

**СИБИРСКИЙ ИНСТИТУТ ФИЗИОЛОГИИ И БИОХИМИИ
РАСТЕНИЙ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА
«ЗАЛАРИНКА» В ИРКУТСКОЙ
ОБЛАСТИ
(РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ОПЫТОВ)**

В.Т. Колесниченко

Москва, 2003

УДК 581.1: 631.4: 631.8

ББК 28.57

К 60

Печатается по решению Ученого совета Сибирского Института
Физиологии и Биохимии Растений СО РАН

Ответственный редактор
д.б.н., профессор В.К. Войников

Рецензенты:

д.б.н., ,
к.б.н. А.А. Пешкова

В.Т. Колесниченко

К60 Озимая пшеница заларинка в Иркутской области (результаты полевых опытов) / (Отв. ред. В.К. Войников); Сибирский Институт Физиологии и Биохимии Растений (СИФИБР). СО РАН. – Москва: «Промэкобезопасность», 2003. - 306 с.

ISBN 5-98000-005-4

В монографии представлены результаты полевых опытов с новым сортом озимой пшеницы Заларинка, который выведен Сибирским институтом физиологии и биохимии растений (СИФИБР) совместно с Институтом цитологии и генетики (ИЦИГ) СО РАН и в 1998 г. включен в реестр государственного сортоиспытания. Сорт Заларинка высокозимостойкий, адаптированный к агроклиматическим условиям Средней Сибири, высокоурожайный, с хорошим качеством зерна. Полевые опыты проводились в 1992-1998 гг. на стационаре СИФИБР в лесостепной зоне Иркутской области на серой лесной суглинистой почве. Установлено, что новый сорт хорошо переносит перезимовку в экстремальных для озимой пшеницы температурных условиях

Благодаря глубоко развитой с осени корневой системе, озимая пшеница в засушливый весенне-раннелетний период меньше чем яровая страдает от недостатка влаги в верхних слоях почвы, так как растения используют запасы влаги, содержащиеся в нижних горизонтах почвы. Представлены данные по характеристике питательного режима почв и растений, эффективности влияния различных видов и доз удобрений на рост и продуктивность растений. Установлены оптимальные дозы удобрений, применение которых обеспечивает получение высоких урожаев и улучшение качества зерна. При внесении рекомендуемых доз удобрений в среднем за годы полевых опытов урожай зерна озимой пшеницы Заларинка составил 38,5-41,4 ц/га, при содержании белка 13,8-13,9%, сырой клейковины 42,0-42,3%. Максимальный урожай зерна получен при внесении повышенной дозы азота в составе полного удобрения - 63,9 ц/га. Разработаны рекомендации по агротехнике, рациональному применению удобрений. Работа может быть полезной для физиологов растений и селекционеров и использоваться агрономами и специалистами сельского хозяйства при введении нового высокоморозостойкого сорта озимой пшеницы в культуру в восточных районах страны.

ISBN 5-98000-005-4

ББК 28.57

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И ПОЧВЫ ЛЕСОСТЕПИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ.....	9
1. ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ...	9
2. ПОЧВЕННОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ	12
ГЛАВА 2. КЛИМАТ И ТЕПЛООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ЗАЛАРИНКА В ИРКУТСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ	18
1. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ И УСЛОВИЯ УВЛАЖНЕНИЯ	18
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ В ПЕРИОД ЗИМОВКИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ	25
ГЛАВА 3. ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД И ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАЗЫ РАЗВИТИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ЗАЛАРИНКА.	44
1. ОСЕННИЙ ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ	48
2. ПЕРИОД ЗИМНЕГО ПОКОЯ РАСТЕНИЙ (ПЕРЕЗИМОВКА).....	65
3. ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ.....	82
ГЛАВА 4. ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ЗАЛАРИНСКОМ СТАЦИОНАРЕ.....	97
1. ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	97
2. МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ СТАЦИОНАРА И СОСТАВ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА.....	101
3. АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ	103
ГЛАВА 5. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ И ВОДНЫЙ РЕЖИМЫ ПОЧВ И ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ.....	106
1. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ	107
2. ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ	113
3. ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ.....	126
ГЛАВА 6. ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ.....	140
1. АЗОТНЫЙ РЕЖИМ.....	141
2. ДИНАМИКА ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА.....	147

ГЛАВА 7. МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ.....	157
1. АЗОТНОЕ ПИТАНИЕ	159
2. ФОСФОРНОЕ ПИТАНИЕ	162
3. КАЛИЙНОЕ ПИТАНИЕ	164
4. СООТНОШЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РАСТЕНИЯХ	166
5. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЗЕРНА И СОЛОМЫ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ЗАЛАРИНКА.....	168
ГЛАВА 8. ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ РАСТЕНИЙ И ЭЛЕМЕНТЫ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ.....	173
1. ОСЕННИЙ ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ	175
2. РОСТ РАСТЕНИЙ В ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД	179
3. ЭЛЕМЕНТЫ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ.....	189
ГЛАВА 9. УДОБРЕНИЕ И УРОЖАЙ.....	205
1. ОПЫТ 1 (1992/93 г.)	206
2. ВЛИЯНИЕ ВЕСЕННЕЙ АЗОТНОЙ ПОДКОРМКИ НА УРОЖАЙ В ОПЫТЕ 1.....	212
3. ОПЫТ 2 (1993/94 г.)	216
4. ОПЫТ 3 (1994/95 г.)	222
5. ОПЫТ 5 (1996/1997 г.)	230
6. ОПЫТ 6 (1997/98 г.)	237
7. СРЕДНИЙ УРОЖАЙ В ПЕРИОД ИССЛЕДОВАНИЙ.....	244
ГЛАВА 10. ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА КАЧЕСТВО УРОЖАЯ....	249
1. СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА И КЛЕЙКОВИНЫ В ЗЕРНЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ЗАЛАРИНКА.....	252
2. СРЕДНИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЗА 5 ЛЕТ	269
ГЛАВА 11. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО АГРОТЕХНИКЕ.....	279
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	292

ВВЕДЕНИЕ

В связи с ограниченными агроклиматическими ресурсами Иркутской области набор возделываемых зерновых культур здесь весьма ограничен и представлен в основном яровой пшеницей, ячменем и овсом. Яровая пшеница - основная продовольственная культура, однако она не обеспечивает потребности области в качественном зерне, так как созревание зерна и уборка урожая проходят при неблагоприятных погодных условиях и при этом ухудшаются продовольственная ценность и хлебопекарные свойства зерна. Одним из путей решения проблемы увеличения производства зерна и улучшения его качества в Иркутской области могла бы послужить замена части посевов яровой пшеницы озимой. Как известно, озимая пшеница превосходит яровую по урожайности на 20-40%, а зерно ее отличается высокими питательными и хлебопекарными качествами. Уборка озимой пшеницы производится в более ранние сроки, что позволяет убрать урожай в благоприятных погодных условиях, снизить напряженность в период уборочных работ, сократить объем работ и сроки проведения сева яровых культур.

Озимая пшеница ранее в Иркутской области не возделывалась, так как отсутствовали сорта, пригодные для выращивания в суровых климатических условиях данного региона. Однако, как свидетельствует история земледелия Иркутской области, попытки введения в культуру озимой пшеницы имеют здесь длительную историю. Еще в начале XX века в период переселения крестьян из Европейской России на свободные земли в Восточную Сибирь отдельные переселенцы привозили с собой семена озимой пшеницы и высевали на новом месте. Но такие попытки всегда заканчивались неудачей.

В 1908 г. на Тулунской опытной ферме, созданной б. Переселенческим управлением для снабжения крестьян улучшенными семенами и оказания агрономической помощи, начали проводить опытные посевы озимой пшеницы семенами, полученными из Европейской России. Испытываемые сорта плохо переносили перезимовку, давали низкие урожаи, а в 1911 г. посевы озимой пшеницы полностью вымерзли, что послужило причиной прекращения опытов.

В 1913-1919 гг. под руководством В.Е.Писарева (1963) на Тулунском опытном поле проводились широкомасштабные испытания различных

сортов озимых пшениц. Было испытано до 300 сортов озимой пшеницы различных мест происхождения, однако эти опыты не дали положительных результатов - ни один из сортов в местных условиях не показал высокой зимостойкости. После перезимовки на опытных участках сохранялись лишь единичные растения озимой пшеницы, и работы эти были прекращены.

В дальнейшем деятельность Тулунской селекционной станции была направлена на выведение новых сортов озимой пшеницы, устойчивых к условиям перезимовки в Иркутской области. Основными методами работы были индивидуальный и массовый отбор, внутрисортовая и межсортовая гибридизация при свободном опылении, с выращиванием исходного материала в различных агротехнических условиях. С 1938 по 1948 г. были испытаны тысячи сортов и гибридных образцов озимой пшеницы, однако из этого количества не было выделено ни одного сорта, пригодного для местных условий (Юдин, 1963).

В 1947 г. на Тулунской селекционной станции были начаты работы по переделке яровых форм пшеницы в озимые. Объектом исследований служили районированные в Иркутской области сорта яровой пшеницы, а также перспективные образцы станции. Эта работа проводилась в течение нескольких лет, но желательных результатов не было получено (Юдин, 1963). В 1955 г. работы с озимой пшеницей были прекращены.

Известно также, что в 1961-1962 гг. в Иркутском сельскохозяйственном институте А.И.Кузнецовой проводились полевые испытания озимой пшеницы Алабасская, которая отличается повышенной зимостойкостью. Однако они не дали положительных результатов (Писарев, 1963).

В 1962 г. на Тулунской селекционной станции вновь были возобновлены работы по селекции и агротехнике озимой пшеницы. В этих работах наряду с перспективными формами озимой пшеницы испытывались также на зимостойкость амфиплоиды В.Е.Писарева, полученные от скрещивания озимой пшеницы с озимой рожью, а также гибриды амфиплоидов с озимой пшеницей. Одновременно с этим в Сибирском институте физиологии и биохимии растений (СИФИБР) СО РАН проводились трехлетние исследования зимостойкости и продуктивности амфиплоидов В.Е.Писарева и гибридов амфиплоидов с озимой пшеницей (Коровин и др., 1964; Родченко, Коровин, Хабардин, 1968). Были изучены физиолого-биохимические процессы, которые

происходят в период перезимовки в узлах кущения растений, степень дифференциации конуса нарастания у форм растений, различающихся по устойчивости. Среди исследуемых образцов выделены перспективные формы для селекционной работы с целью выведения высокоурожайного и зимостойкого сорта озимой пшеницы для условий Иркутской области. Однако эти работы не получили дальнейшего развития.

В 1983 г. в лаборатории физиологической генетики СИФИБР СО РАН под руководством д.б.н. В.К.Войникова были начаты работы по созданию нового сорта озимой пшеницы, обладающего способностью перезимовывать в условиях Иркутской области, давать высокие урожаи зерна с хорошим качеством. (Войников, А.Колесниченко, Пешкова, 1988). Исходным материалом для этих работ служила представленная Институтом цитологии и генетики (ИЦИГ) СО РАН коллекция генотипов линий озимой пшеницы, полученных при помощи химического мутагенеза, успешно зимующих в условиях Западной Сибири (Войников, Пешкова, Дорофеев, Чекуров, 1992).

В процессе многолетних полевых испытаний были выделены генотипы, успешно перезимовывающие в Иркутской области, из которых при повторных пересевах были отобраны наиболее перспективные номера, с которыми проводилась последующая селекционная работа по выведению нового сорта. Большой объем селекционных работ, физиолого-биохимических исследований растений, агротехнических разработок был выполнен д.б.н. В.К. Войниковым, к.б.н. А.А. Пешковой, к.б.н. В.Н. Дорофеевым. В результате этих работ был выведен новый сорт озимой пшеницы Заларинка, который передан на государственные сортоиспытания. Новый сорт успешно перезимовывает в Иркутской области, отличается высокой урожайностью (40-50 ц/га) и хорошим качеством зерна (Дорофеев, Пешкова, Войников, 1994).

Одновременно с селекционными работами на стационаре СИФИБР, расположенном в лесостепной зоне Иркутской области (Заларинский район), сотрудники лаборатории физиологической генетики проводили полевые опыты по изучению онтогенетических особенностей нового сорта озимой пшеницы Заларинка, химического состава растений, их потребностей в тепле и влаге. Установлена эффективность влияния удобрений на рост и развитие растений, урожай зерна и его качество, разработаны приемы агротехники выращивания озимой пшеницы в Иркутской области. В почвенно-агрохимических исследованиях и в

полевых опытах с озимой пшеницей Заларинка принимали участие к.б.н. В.Т.Колесниченко (научный руководитель), к.б.н. Р.В.Холопова, м.н.с. Т.М.Русалева, инженеры-исследователи А.П.Слободчикова, Н.А.Королева.

ГЛАВА 1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И ПОЧВЫ ЛЕСОСТЕПИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

1. ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ

В Иркутской области преобладающая часть территории имеет горный расчлененный рельеф, покрыта таежной растительностью и по климатическим условиям и свойствам почв мало пригодна для развития сельскохозяйственного производства. Сельское хозяйство получило наибольшее распространение в южной части Иркутской области на равнинах, расположенных в предгорных впадинах Восточного Саяна и Предбайкалья, где природные условия и рельеф более благоприятны для сельского хозяйства. По почвенно-климатическим условиям и составу растительного покрова, интенсивности развития сельскохозяйственного производства и его специализации, эти территории относятся к лесостепной зоне (Почвенная карта Иркутской области, 1988).

Иркутская лесостепь, расположенная среди таежно-лесной зоны, относится к типу "островных" лесостепей и залегает в виде двух крупных массивов параллельно горам Восточного Саяна и Приморского хребта. Географические координаты Иркутской лесостепи: 52-55⁰ с. ш. и 100-106⁰ в. д. Общая площадь лесостепной зоны 1,8 млн. га, что составляет 2,3% земельного фонда Иркутской области, сельскохозяйственная освоенность лесостепи высокая и достигает 69%, при этом преобладающая часть освоенных земель (71%) используется под пашню.

Наиболее крупный массив лесостепи в Иркутской области составляет Иркутско-Черемховская равнина, расположенная в пределах Присаянской впадины, которая проходит в виде полосы с северо-запада на юго-восток параллельно горам Восточного Саяна. Рельеф Иркутско-Черемховской равнины полого-волнистый, высота местности изменяется от 450 до 550 м н. у. м. В юго-восточной части равнину пересекает р. Ангара и впадающие в нее притоки. Долина р. Ангары, в которой ранее значительные площади занимали сельскохозяйственные угодья, в настоящее время почти на всем протяжении затоплена Братским водохранилищем. В средней и северо-западной части Иркутско-Черемховскую равнину пересекают долины крупных рек Оки и Ии - притоков Ангары, а также более мелкие реки. Нижние части долин этих рек также затоплены Братским водохранилищем.

Крупный массив лесостепи расположен также в юго-западной части Предбайкальской впадины, которая пересекает междуречье Лены и Ангары и в районе впадения р. Куды в Ангару сливается с Иркутско-Черемховской равниной. В междуречье Лены и Ангары лесостепь занимает Кудино-Муринскую депрессию, ограниченную с северо-запада склонами Лено-Ангарского плато, а с юго-востока - Онотской возвышенностью. В связи с особенностями геологического развития Предбайкальской впадины, в Кудино-Муринской депрессии сформировался гривисто-ложбинный рельеф. Гривы и разделяющие их понижения располагаются с юго-запада на северо-восток в соответствии с общим расположением впадины, высота грив составляет 500-700 м н. у. м., а относительное превышение грив над ложбинами составляет 40-80 м. В понижениях между гривами расположены временные водотоки, пересыхающие в летнее время. Наиболее полноводная речка Куда (с притоком р. Мурин) берет начало на склонах Лено-Ангарского плато, пересекает Кудино-Муринскую депрессию с северо-востока на юго-запад и впадает в р. Ангару несколько ниже г. Иркутска. В Кудино-Муринской депрессии межгривовые долины, ложбины и склоны распаханы и используются под посевы сельскохозяйственных культур, а водораздельные поверхности грив и увалов покрыты сосново-березовыми травяными лесами.

В геологическом строении предгорных впадин принимают участие кембрийские отложения (известняки, доломиты, карбонатные песчаники) перекрытые значительной толщей юрских отложений, которые на большей части территории служат почвообразующими породами. Представлены юрские отложения песчаниками, алевролитами, содержащими прослойки углей, суглинками и супесями. Четвертичные отложения перекрывают коренные породы в пониженной части территории - на ровных участках рельефа, речных террасах, в широких ложбинах и предбалочных понижениях. Представлены четвертичные отложения элювиально-делювиальными лессовидными суглинками, содержащими карбонаты. Грунтовые воды залегают глубоко (за исключением речных долин) и не принимают участия в почвообразовании.

Рассматриваемая территория имеет лесостепной ландшафт, для которого характерно чередование хвойно-мелколиственных лесов, под которыми развиты серые лесные почвы, с участками остепненных лугов и степей с черноземными почвами. Значительная часть территории

распахана. Среди пахотных массивов часто встречаются березовые перелески, колки, которые сохранились на участках, непригодных для распашки - в блюдцеобразных понижениях и в местах выходов коренных пород.

Лесная растительность в лесостепной зоне представлена сосново-лиственничными лесами с примесью березы и сосново-березовыми травяными лесами. Леса преимущественно сохранились на водоразделах, покатых и крутых склонах, которые в связи с расчлененным рельефом, близким к поверхности залеганием коренных пород, низким плодородием почв непригодны для сельскохозяйственного освоения.

Травянистый тип растительности с черноземными почвами имеет сравнительно небольшое распространение и представлен луговыми и настоящими степями. Луговые степи с выщелоченными черноземами в основном распространены на Иркутско-Черемховской равнине, где они встречаются в виде отдельных массивов на нижних ступенях рельефа. Настоящие степи, сохранившиеся в виде отдельных участков, распространены в наиболее засушливой части лесостепи - в Усть-Ордынском и Приангарском остепненном почвенных округах. Участки настоящих степей с обыкновенными и карбонатными черноземами распространены на древних террасах Ангары и ее притоков Унги, Осы, Иды, Куды. К этому времени преобладающая часть луговых и настоящих степей распахана, а природная степная растительность сохранилась в основном на непригодных для распашки участках - покатых склонах с маломощными щебнистыми почвами..

Благоприятные условия рельефа, климата, распространение плодородных серых лесных почв и черноземов способствует широкому земледельческому освоению этой территории. В соответствии с агроклиматическими ресурсами и свойствами почв сельское хозяйство лесостепной зоны специализируется на выращивании яровых зерновых, кормовых культур и картофеля. На сравнительно небольшой площади возделывается озимая рожь. Ведущая продовольственная культура - яровая пшеница. Как показали полевые опыты на серых лесных почвах в Заларинском районе, в лесостепи может также успешно выращиваться новый сорт озимой пшеницы Заларинка, который отличается высокой морозостойкостью.

Почвенный покров лесостепной зоны отличается сложным строением, в его состав наряду с серыми лесными почвами входят и

другие типы почв, которые могут быть использованы при возделывании озимой пшеницы. Поэтому для более полной характеристики почвенных и климатических условий выращивания озимой пшеницы в последующих разделах будут представлены сведения о почвенном покрове лесостепной зоны, распространении и свойствах основных типов почв, почвенном районировании территории, рассмотрены агроклиматические ресурсы и условия теплообеспеченности озимой пшеницы при возделывании в Иркутской лесостепи.

2. ПОЧВЕННОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ

В соответствии с почвенно-географическим районированием СССР лесостепь Иркутской области выделяется в качестве Восточно-Присаянской провинции лесостепной зоны (Почвенно-географическое районирование СССР, 1962). По своему географическому положению Восточно-Присаянская провинция занимает крайнюю восточную оконечность ареала лесостепной зоны на Евразийском материке, вблизи контакта этой зоны с Восточно-Сибирской областью мерзлотно-таежных почв. В связи с особенностями географического положения Восточно-Присаянская провинция отличается от расположенных западнее провинций лесостепной зоны более высокой степенью континентальности климата, очень низкими температурами в зимний период, меньшей глубиной снежного покрова, более коротким вегетационным периодом. Отмеченные климатические изменения оказывают значительное влияние на развитие почвообразовательного процесса, состав природной растительности, что определяет особенности строения почвенного покрова и свойства почв.

В отличие от западных провинций лесостепной зоны, где в составе почвенного покрова из зональных типов почв доминируют оподзоленные и выщелоченные черноземы, а серые лесные почвы встречаются пятнами, в Восточно-Присаянской провинции в почвенном покрове преобладают серые лесные почвы, а выщелоченные черноземы занимают меньшие площади и имеют "островное" распространение.

Почвенный покров Восточно-Присаянской (Иркутской) лесостепи характеризуется сложным строением и значительной пространственной изменчивостью в распространении почв в зависимости от условий рельефа, почвообразующих пород, характера растительности. Следует

отметить, что наряду с характерными для лесостепной зоны типами почв (серые лесные, черноземы) здесь также распространены типы почв, заходящие сюда по водоразделам из окружающих пространств таежно-лесной зоны (дерново-карбонатные, дерновые лесные и дерново-подзолистые почвы). В долинах рек распространены интразональные лугово-черноземные и дерново-луговые почвы.

В пределах лесостепной зоны Иркутской области по преобладающему сочетанию типов почв и почвообразующих пород, характеру рельефа и увлажнению, определяющих местные особенности сельскохозяйственного производства, агротехнические и мелиоративные мероприятия, специализацию земледелия, выделяются следующие почвенные округа умеренно-холодных почв (Почвенная карта Иркутской области, 1988):

1. Иркутско-Черемховский лесостепной - серых лесных, черноземов выщелоченных и дерново-подзолистых почв;

2. Заларинско-Тулунский лесостепной - серых лесных неоподзоленных, черноземов выщелоченных и дерново-подзолистых почв;

3. Усть-Ордынский лесостепной - черноземов выщелоченных и обыкновенных, серых лесных почв, дерново-карбонатных и дерново-лесных почв;

4. Приангарский лесостепной остепненный - черноземов обыкновенных и выщелоченных, черноземов солонцеватых, дерново-карбонатных почв.

В составе сельскохозяйственных угодий Иркутской области наиболее широко распространен **тип серых лесных почв**, которые занимают 32,1% площади. Серые лесные почвы широко развиты в Иркутско-Черемховском и Заларинско-Тулунском почвенных округах, где на их долю приходится 72% от общего фонда серых лесных почв Иркутской области. В Усть-Ордынском и Приангарском почвенных округах серые лесные почвы распространены значительно меньше - их доля составляет 12,7% от общей площади почв этого типа.

Серые лесные почвы развиты под пологом сосново-лиственничных и сосново-березовых травяных лесов, которые покрывают возвышенные элементы рельефа и верхние террасы рек. Однако на ровных поверхностях водоразделов, пологих склонах, где распространены полноразвитые серые лесные почвы, леса в настоящее время не сохранились, почвы освоены под пашню. Почвообразующими породами серых лесных почв служат продукты выветривания юрских отложений - суглинки и глины, а также супеси и пески (при близком залегании к поверхности коренных пород).

В Иркутской лесостепи среди серых лесных почв по содержанию гумуса и мощности перегнойного горизонта выделяются все три их подтипа: темно-серых, серых и светло-серых почв.

Темно-серые лесные почвы широко распространены в составе пахотных угодий, они расположены в нижних частях склонов, в слабых

понижениях рельефа, на верхних террасах крупных рек и по занимаемой площади мало уступают подтипу серых лесных почв. Темно-серые лесные почвы характеризуются высоким природным плодородием: содержание гумуса в пахотном горизонте колеблется от 4,5 до 7%, азота 0,3-0,4%, гумусовый горизонт в среднем имеет мощность 30-40 см. По механическому составу почвы относятся к средним и тяжелым суглинкам. Реакция почвенного раствора слабокислая или нейтральная, степень насыщенности основаниями высокая.

Серые лесные почвы имеют гумусовый горизонт 25-35 см, содержание гумуса колеблется от 2 до 4%, азота - от 0,15 до 0,2%. Реакция почвы слабокислая. По сравнению с темно-серыми лесными почвами они содержат меньше обменных оснований и степень насыщенности основаниями у них ниже. По механическому составу в большинстве случаев эти почвы относятся к средним суглинкам.

Светло-серые лесные почвы имеют небольшое распространение, встречаются на возвышенных участках рельефа, покатых склонах и приурочены к местам с близким к поверхности залеганием коренных пород. Площадь их в составе пашни незначительная. Содержание гумуса в пахотном слое от 2 до 2,5%, количество азота от 0,12 до 0,15%, реакция почвы слабокислая и кислая, насыщенность обменными основаниями низкая. Механический состав почв легкосуглинистый и супесчаный.

Содержание легкодоступных для питания растений минеральных форм азота в пахотных серых лесных почвах под посевами сельскохозяйственных культур очень динамично и зависит от предшественника в севообороте, обработки почвы, применения удобрений, гидротермических условий. По содержанию подвижных форм фосфора и калия все подтипы серых лесных почв характеризуются значительной пространственной изменчивостью, что обусловлено различиями в почвообразующих породах, в механическом составе почв, в условиях использования почв в сельском хозяйстве. В составе пахотных угодий наиболее широко распространены почвы с средним содержанием подвижного фосфора, они занимают 58% площади, а на долю почв с высоким содержанием подвижного фосфора приходится 36% (Система земледелия Иркутской области, 1981). По содержанию обменного калия среди серых лесных почв, освоенных под пашню, преобладают почвы с средним содержанием этого элемента (76% площади), доля высокообеспеченные калием почв сравнительно невелика. Почвы с низким

содержанием доступных для растений форм фосфора и калия встречаются отдельными участками во всех почвенных округах, но более широко в Иркутско-Черемховском и Заларинско-Тулунском.

На серых лесных почвах в Заларинско-Тулунском почвенном округе расположен Заларинский стационар СИФИБР, на котором в 1992-1998 гг. проводились полевые опыты с новым сортом озимой пшеницы Заларинка. Ниже, в главе посвященной организации полевых исследований на стационаре, будет дана характеристика состава и свойств серых лесных почв опытных участков.

Черноземы не имеют широкого распространения в составе почвенного покрова Иркутской области. Однако благодаря высокому природному плодородию эти почвы играют важную роль в сельскохозяйственном производстве. Черноземы занимают в составе сельскохозяйственных угодий области 9,1% и интенсивно используются в земледелии.

Черноземы распространены в виде отдельных участков на надпойменных террасах рек, на плоских участках междуречий, днищах широких ложбин и падей, в нижних частях склонов прилегающих возвышенностей. Это, как правило, лучше обогреваемые участки рельефа, склоны южной экспозиции. В связи с отмеченными особенностями распространения, черноземы в лесостепной зоне Иркутской области не образуют отдельных значительных ареалов, крупных массивов, которые могли быть выделены в качестве "черноземных" территорий. Почвообразующими породами черноземов служат четвертичные отложения, образовавшиеся в результате выветривания и переотложения коренных пород. Представлены они карбонатными лессовидными суглинками, залегающими на коренных породах.

В типе черноземов, развитых в лесостепи Иркутской области, выделяются два подтипа - черноземы: выщелоченные и обыкновенные .

Выщелоченные черноземы наиболее широко распространены в Иркутско-Черемховском и Заларинско-Тулунском почвенных округах и характеризуются глубоким (45-65 см) гумусовым горизонтом с комковато-зернистой структурой. Вскипание от действия соляной кислоты в среднем с глубины 80-100 см. У глубоковскипающих разновидностей черноземов вскипание с глубины 120-140 см, а у бескарбонатных - вскипание обычно не обнаруживается до дна разреза (180-220 см). В пахотном слое выщелоченных черноземов содержится от 6 до 11% гумуса, ниже по профилю количество его снижается постепенно, реакция почвы слабокислая или близкая к нейтральной, поглощающий комплекс почти полностью насыщен кальцием и магнием.

При общих высоких валовых запасах питательных веществ, содержание в черноземе доступных для растений форм питательных элементов, особенно азота, подвержено значительным колебаниям в

зависимости от обработки почвы, предшественника в севообороте, гидротермических условий. Наиболее высокие запасы минерального азота накапливаются в почве при паровой обработке и ранних сроках подъема зяби. В составе пахотных угодий 69% площади занимают черноземы с средним и 25% - с высоким содержанием подвижного фосфора, а по содержанию обменного калия на долю почв с средним и высоким содержанием этого элемента приходится, соответственно, 58 и 35%.

Черноземы обыкновенные наиболее широко распространены в Усть-Ордынском и Приангарском почвенных округах и занимают преимущественно древние террасы Ангары и ее притоков. Почвы имеют перегнойный горизонт мощностью 30-40 см, в котором содержится 6-8% гумуса. В подтипе черноземов обыкновенных выделяются разновидности карбонатных и солонцеватых черноземов. Карбонатные черноземы вскипают от действия соляной кислоты с поверхности и по всему профилю, реакция почвы нейтральная или слабощелочная, степень насыщенности основаниями высокая, содержание подвижных форм фосфора и калия среднее и повышенное. Почвы эти широко освоены в качестве пахотных угодий и характеризуются высокой продуктивностью. У солонцеватых черноземов в почвообразующей породе расположен солевой горизонт, содержащий гипс и легкорастворимые соли (хлориды, сульфаты), что служит показателем гидроморфных условий развития этих почв в прошлом. Солонцеватые черноземы по строению почвенного профиля во многом сходны с карбонатными черноземами. Характерное их отличие - ореховатая структура и очень плотное сложение переходного горизонта, особенно в засушливый период, обусловленное солонцеватостью почвы. Солонцеватые черноземы обладают довольно высоким потенциальным плодородием, однако урожаи на них неустойчивые и зависят от условий атмосферного увлажнения.

Наряду с охарактеризованными зональными типами почв (серые лесные, черноземы) в составе почвенного покрова распространены также **лугово-черноземные почвы**, расположенные в долинах рек и подверженные влиянию неглубоко залегающих грунтовых вод. Эти почвы используются под пашню, сенокосные и пастбищные угодья, на их долю приходится 7,1% общей площади сельскохозяйственных земель. Среди разновидностей лугово-черноземных почв наиболее широко используются под посевы зерновых и кормовых культур лугово-черноземные выщелоченные почвы. Они имеют глубокий темноокрашенный гумусовый

горизонт, содержат повышенное количество гумуса и характеризуются высокими и устойчивыми урожаями.

В поймах рек, по берегам речек, ручьев и озер, на днищах падей с временными водотоками распространены **дерново-луговые аллювиальные и лугово-болотные почвы, солонцы и солончаки**. Эти почвы непригодны для возделывания сельскохозяйственных культур и используются под сенокосы и пастбища.

Как уже указывалось, в лесостепи наряду с зональными типами почв, характеристика которых **была** приведена выше, в составе почвенного покрова распространены также типы почв, характерные для таежно-лесной зоны, занимающей окружающие возвышенные территории. Таежно-лесные почвы, к которым относятся **дерново-подзолистые, дерново-карбонатные и дерновые лесные**, крупными массивами по междуречным возвышенностям заходят в лесостепь со стороны Лено-Ангарского плато, а также со стороны предгорий Восточного Саяна.

Развиты эти почвы под таежными лесами, почвообразующими породами служат кембрийские и юрские отложения различного литологического состава. Таежно-лесные почвы с хорошо развитым дерновым горизонтом и благоприятными физико-химическими свойствами, залагающие на ровных участках междуречий, издавна освоены в сельском хозяйстве и используются под посевы яровых зерновых культур и кормов. Наиболее широко освоены дерново-карбонатные почвы, на долю которых совместно с дерновыми лесными (последние имеют сравнительно небольшое распространение) приходится 29,1% площади сельскохозяйственных угодий Иркутской области. Дерново-подзолистые почвы, как менее пригодные для освоения, используются значительно меньше - они занимают в составе сельскохозяйственных угодий 2,7%, и только небольшая их часть отводится под посевы зерновых культур

Дерново-карбонатные почвы наиболее широко распространены в Усть-Ордынском и Приангарском почвенных округах, где они преобладают в составе сельскохозяйственных угодий. Занимают эти почвы возвышенные участки междуречий и склоны, почвообразующими породами служат богатые карбонатами отложения - известняки, доломиты, известковые песчаники, мергели и аргиллиты. По механическому составу почвы относятся к средним и тяжелым суглинкам. Дерново-карбонатные почвы в Иркутской области наиболее полно изучены О.В.Макеевым (1959) и Б.В.Надеждиным (1961), которые разработали их классификацию. В пределах типа дерново-карбонатных почв выделено несколько подтипов (типичных, выщелоченных, оподзоленных, освоенных), которые по строению профиля и содержанию гумуса не имеют значительных отличий, но различаются главным образом

по глубине залегания карбонатов. В гумусовом горизонте этих почв содержится от 5 до 10% гумуса, 0,3-0,5% азота, 0,2-0,3% фосфора, реакция почвы близкая к нейтральной. Поглощающий комплекс насыщен кальцием и магнием, По содержанию подвижных форм фосфора и калия преобладают почвы с средней обеспеченностью этими элементами.

Как показывает многолетний опыт земледелия в Усть-Ордынском и Приангарском почвенных округах, дерново-карбонатные почвы при благоприятных условиях увлажнения обеспечивают получение высоких урожаев яровых зерновых культур. Однако на дерново-карбонатных почвах до настоящего времени не проводились полевые и производственные опыты по изучению условий возделывания нового сорта озимой пшеницы Заларинка. Между тем, по данным наблюдений метеостанций, расположенных в Усть-Ордынском почвенном округе, на открытых возвышенных участках рельефа, где распространены пахотные дерново-карбонатные почвы, климатические условия для возделывания озимой пшеницы намного хуже, чем в большинстве других почвенных округах (более короткий вегетационный период, меньшая сумма активных температур, маломощный снежный покров, недостаточное количество осадков). Поэтому, при проведении полевых испытаний озимой пшеницы в Усть-Ордынском почвенном округе на дерново-карбонатных почвах опытные посевы следует размещать в наиболее теплых местоположениях рельефа, с лучшими условиями увлажнения.

ГЛАВА 2. КЛИМАТ И ТЕПЛООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ЗАЛАРИНКА В ИРКУТСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

1. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ И УСЛОВИЯ УВЛАЖНЕНИЯ

Элементы климата (свет, тепло и влага) наряду с почвенным покровом - важнейшие природные факторы, определяющие условия роста и развития растений, их продуктивность, ассортимент возделываемых культур, специализацию сельскохозяйственного производства.

Климат Восточно-Присяянской лесостепной провинции (Иркутская лесостепь), которая расположена в центре Евразийского материка на значительном удалении от океанов и морей, отличается высокой степенью

континентальности. Показатели континентальности климата по Н.Н.Иванову (1953) в различных пунктах Восточно-Присаянской лесостепи изменяются от 218 до 247, что позволяет отнести рассматриваемую территорию к числу земледельческих районов бореальной зоны Евразии с наиболее континентальным климатом. Экстремальность климатических условий выступает в числе главных условий, определяющих особенности почвообразования в Восточно-Присаянской лесостепной провинции, свойства почв, специализацию сельскохозяйственного производства.

В табл. 2.1.1 приведены некоторые показатели климата по многолетним наблюдениям метеостанций, расположенных в различных почвенных округах лесостепной зоны: Тулун, Зима, Залари (Заларинско-Тулунский почвенный округ); Черемхово, Половина, Иркутск (Иркутско-Черемховский почвенный округ); Усть-Орда (Усть-Ордынский почвенный округ); Бохан (Приангарский почвенный округ). При составлении этой и последующих таблиц использованы данные "Агроклиматического справочника по Иркутской области" (Л., 1962), "Справочника по климату СССР", выпуск 22, часть II, (Л., 1966) и часть IV (Л., 1968).

Как видно из этих данных, средняя годовая температура воздуха во всех пунктах наблюдений имеет отрицательное значение (от -1° до -3°), что характеризует Восточно-Присаянскую лесостепь в сравнении с расположенными к западу лесостепными территориями как наиболее холодную провинцию лесостепной зоны.

В пределах Восточно-Присаянской лесостепи наиболее низкими показателями термического режима выделяются Усть-Ордынский (Усть-Орда, годовая температура -3° , температура января $-25,1^{\circ}$) и Приангарский (Бохан, -3° и $-25,3^{\circ}$, соответственно) почвенные округа. По данным большинства из указанных метеостанций средний показатель из абсолютных годовых минимумов температуры воздуха имеет значение ниже -45° , что характеризует данную территорию как область с суровой зимой.

Вместе с тем, по показателям температуры наиболее теплого месяца (июль) Восточно-Присаянская лесостепь не имеет значительных отличий от провинций лесостепной зоны, расположенных к западу на такой же широте. Однако, в связи с очень континентальным климатом, коротким периодом с активными температурами, обеспеченность растений суммами температур выше 10° очень низкая и составляет в среднем по всем

рассматриваемым метеостанциям 1595°. Максимальной величины сумма активных температур достигает 1679° (метеостанция Половина), а минимальной - 1520° (Тулун). Эти показатели суммы активных температур значительно ниже, чем в расположенных к западу провинциях лесостепной зоны, что ограничивает возможность культивирования в Восточно-Присаянской лесостепи средне- и позднеспелых сортов сельскохозяйственных культур.

По температуре наиболее теплого месяца и сумме температур выше 10° в соответствии с градацией, разработанной для районов Восточной Сибири (Шашко, 1958), период вегетации на большей части территории Восточно-Присаянской лесостепи характеризуется как умеренно теплый, обеспечивающий потребности в тепле среднеранних сельскохозяйственных культур умеренного пояса (пшеница яровая и озимая, овес, ячмень, зернобобовые, кукуруза на силос, кормовые корнеплоды, однолетние и многолетние травы).

Однако в двух пунктах рассматриваемой территории (Тулун, Иркутск), в которых температура июля ниже 17,5°, подтип теплового состояния периода вегетации следует рассматривать как умеренно прохладный, что необходимо учитывать при внедрении новых сортов сельскохозяйственных культур, отличающихся повышенной требовательностью к теплу.

Безморозный период, как это видно из табл. 2.1.1, очень короткий, в большинстве пунктов короче периода с температурой выше 10°, и в различных почвенных округах лесостепи изменяется от 73 до 115 дней. Весенние и летние заморозки - бич местного земледелия, они оказывают неблагоприятное влияние на рост и продуктивность растений, значительно ухудшают качество урожая.

Атмосферные осадки являются основным источником влаги для растений, а их количество и режим выпадения служат показателем увлажнения территории, обуславливают тип водного режима почв. В табл. 2.1.2 представлены данные о количестве атмосферных осадков в различных почвенных округах Восточно-Присаянской лесостепи и условиях увлажнения этой территории.

Таблица 2.1.1

Климатические показатели лесостепной зоны Иркутской области *

Показатели	Метеостанции								Сред- нее по зоне	
	Тулун	Зима	Зала- ри	Черем хово	Поло- вина	Ир- кутск	Усть- Орда	Бохан		
Средняя многолетняя температура воздуха, °С										
Год	-2,2	-2,2	-2,8	-1,0	-1,2	-2,4	-3,0	-3,0	-2,2	
Наиболее холодный месяц (январь)	-22,3	-23,6	-25,2	-20,4	-21,5	-23,5	-25,1	-25,3	-23,4	
Средний из абсолютных минимумов	-47	-46	-46	-39	-40	-47	-46	-46	-45	
Наиболее теплый месяц (июль)	17,2	17,8	17,7	17,8	18,2	17,2	17,7	17,9	17,7	
Сумма температур выше 10°	1520	1618	1580	1634	1679	1618	1588	1526	1595	
Продолжительность периодов, дни										
Безморозный период	75	93	86	115	114	73	88	94	92	
С температурой выше 0°	181	184	184	187	188	185	181	183	184	
	выше 5°	143	145	143	147	151	146	139	141	144
	выше 10°	102	105	103	106	107	100	103	102	104

Справочник по климату СССР, вып. 22, часть II. Л., 1966

Годовое количество осадков составляет в среднем 350 мм, (с колебаниями по различным пунктам от 271 до 386 мм), что не обеспечивает достаточное и устойчивое увлажнение сельскохозяйственных растений. Сумма осадков в Восточно-Присянской лесостепи значительно меньше, чем в лесостепных районах Западной Сибири и Европейской части России, а распределение осадков по сезонам года отличается крайней неравномерностью, что обусловлено очень высокой степенью континентальности климата. Максимальное количество осадков (83-90% от годовой суммы) выпадает в теплый сезон, осадки теплого сезона в шесть раз превышают осадки холодного сезона.

Наибольшие месячные суммы осадков приходятся на июль и август, когда и происходит основная влагозарядка почв.

При относительно небольшой годовой сумме осадков, отмеченные особенности в их распределении в течение года (максимум осадков в летний период) способствуют лучшему обеспечению растений влагой в период интенсивного роста и водопотребления. Однако, в связи с незначительным количеством осадков в холодный сезон, зима отличается малоснежностью, что ухудшает условия перезимовки озимых культур, создает большую опасность повреждения растений в суровые морозы. Весна и начало лета часто бывают засушливыми, что крайне неблагоприятно влияет на рост и развитие растений, особенно яровых зерновых культур, всходы которых нередко погибают от засухи.

По годовому показателю увлажнения (табл. 2.1.2) Восточно-Присаянская лесостепь в соответствии с агроклиматическим районированием (Шашко, 1962) относится к области недостаточного увлажнения, а преобладающая часть территории по показателям увлажнения входит в полувлажную зону. Наиболее неблагоприятные условия увлажнения в Приангарском и Усть-Ордынском почвенных округах, где выпадает наименьшее количество осадков и показатель увлажнения самый низкий.. По величине этого показателя условия увлажнения в Усть-Ордынском округе соответствуют полузасушливой зоне.

В табл. 2.1.2 представлены также показатели гидротермического коэффициента (ГТК), который позволяет оценить условия увлажнения в летние месяцы (июнь-август), когда складывается наиболее благоприятный режим температуры для роста и развития растений и выпадает максимальное количество осадков. Расчет ГТК выполнен по средним многолетним данным за указанные месяцы в соответствии с методом Г. Т. Селянинова (1955). Как видно из этих данных, в большинстве почвенных округов ГТК в летний период изменяется в пределах от 1,3 до 1,6, что по условиям увлажнения позволяет отнести эту территорию к незначительно засушливой подзоне лесостепи (Сапожникова, 1958). Однако Усть-Ордынский почвенный округ, в котором ГТК имеет более низкий показатель (Усть-Орда, 1,2), выделяется в качестве засушливой подзоны лесостепи Средней Сибири. Как было показано выше, и по годовому показателю увлажнения Д. И. Шашко (1958) этот почвенный округ выделяется как более засушливый.

Таблица 2.1.2

Годовая сумма осадков и условия увлажнения в Иркутской
лесостепи

Показатели	Метеостанции								Сред- нее по зоне
	Тулун	Зима	Зала- ри	Черем -хово	Поло- вина	Ир- кутск	Усть- Орда	Бохан	
Годовая сумма осадков, мм	386	355	360	346	371	372	271	335	350
Осадки теплого периода в % от годовой суммы	84	83	84	86	87	86	90	86	86
Показатель увлажнения по Шашко (1958) за год	0,47	0,41	0,44	-	0,40	0,44	0,32	0,38	0,41
ГТК по Селянинову (1955) в летние месяцы	1,4	1,4	1,3	1,4	1,4	1,6	1,2	1,3	1,4

Представленные выше данные (показатель увлажнения и ГТК) характеризуют годовой тип увлажнения территории и влагообеспеченность растений по многолетним наблюдениям в летний период. Однако, в связи с тем, что ход метеорологических элементов (осадки, температура) отличается большой изменчивостью как внутри каждого сезона, так и от года к году, значительные колебания наблюдаются также и в условиях увлажнения. Так, в период наших 6-летних полевых наблюдений на Заларинском стационаре (1992-1998 гг.) июнь был засушливый в 1993, 1995 и 1998 гг. (ГТК, соответственно, 0,7, 0,6 и 0,9), а июль - в 1993, 1995 и 1997 гг. (ГТК 0,2, 0,8 и 0,6). Особенно сильной и продолжительной была засуха в 1993 г., когда в Заларинском и других районах лесостепной зоны на площади 400 тыс. га были сильно повреждены посевы яровых хлебов, и кормовых культур, а на площади 80 тыс. га растения полностью погибли от засухи. Следует отметить, что по нашим наблюдениям условия увлажнения в августе во все годы отличались стабильностью, ГТК изменялся в пределах от 1,1 до 1,5, а в 1994 г. ГТК повышался до 1,7 в связи с обильными августовскими осадками, значительно превысившими климатическую норму.

Агроклиматические условия по сезонам года характеризуются следующими особенностями. Зима в лесостепи Иркутской области продолжительная (более шести месяцев), по показателям температуры наиболее холодного месяца (января) умеренно суровая, а по высоте снежного покрова в период его максимального накопления - умеренно снежная (Шашко, 1962). Вследствие малой мощности снежного покрова (25-35 см) почвы промерзают на значительную глубину (до 2-2,5 м) и очень медленно оттаивают весной и в начале лета. При недостаточном укрытии снегом посевов озимых в суровые морозы происходит сильное охлаждение верхнего слоя почвы, в котором расположен узел кущения, что может привести к повреждению и гибели зимующих растений от вымерзания. Как показали наши полевые опыты, вымерзание - основная причина гибели озимой пшеницы в лесостепи Иркутской области в период перезимовки. Более подробная характеристика условий перезимовки озимой пшеницы Заларинка в годы полевых опытов на стационаре будет дана в следующем разделе.

Весна короткая, засушливая, с неустойчивой погодой, частыми возвратами холодов. Последние заморозки в среднем приходятся на конец мая - начало июня. Весенний период для сельскохозяйственных культур является наиболее засушливым. Вследствие того, что оттаивание почв на пашне происходит после схода снежного покрова, талые воды в лесостепной зоне принимают слабое участие в весеннем увлажнении почв, стекая по поверхности мерзлой почвы в понижения рельефа. Судьба урожая здесь во многом зависит от величины осенней влагозарядки почв.

Летний период непродолжительный (около трех месяцев), теплый, средняя июльская температура в различных пунктах рассматриваемой территории составляет от 17,2° до 18,2°. По температурным показателям наиболее теплого месяца Иркутская лесостепь не имеет значительных отличий от лесостепных территорий, расположенных западнее на той же широте. Однако, в связи с очень континентальным климатом, коротким летним периодом, обеспеченность растений суммами активных температур (выше 10°) здесь значительно ниже и составляет в среднем 1595°, с колебаниями в различных почвенных округах от 1520-до 1679°.

В соответствии с классификацией Д.И.Шашко (1958), по температуре наиболее теплого месяца и сумме температур выше 10° период вегетации на большей части территории лесостепи характеризуется как умеренно теплый, обеспечивающий потребности в

тепле среднеранних культур умеренного пояса (пшеница яровая и озимая, овес, ячмень, зернобобовые, кукуруза на силос, кормовые корнеплоды). Как видно из табл. 2.1.1, обеспеченность растений теплом наиболее низкая в двух пунктах лесостепи - в Тулуне и Бохане, а по температуре наиболее теплого месяца следует выделить Тулун и Иркутск, в которых тепловое состояние периода вегетации относится к умеренно прохладному подтипу.

Безморозный период в Иркутской лесостепи очень короткий, в среднем 91 день, с колебаниями от 73 до 115 дней, продолжительность этого периода намного меньше, чем в других регионах лесостепной зоны, лежащих к западу на той же широте.

Осень короткая (около 1,5 месяца), с неустойчивой погодой, быстрым снижением средних суточных температур, неравномерным выпадением осадков. При вторжениях с севера холодных воздушных масс происходят кратковременные похолодания, с выпадением осадков в виде дождя и снега. Во второй половине сентября на поверхности почвы в ночное время регулярно отмечаются заморозки, а в середине октября средняя суточная температура воздуха устойчиво переходит через 0° в сторону понижения.

Как показали многолетние полевые опыты в лесостепи Иркутской области, при посеве озимой пшеницы Заларинка в оптимальные сроки сумма эффективных температур в осенний период и условия увлажнения обеспечивают благоприятные условия роста и развития растений. Озимая пшеница к началу перезимовки находится в фазе кущения, а особенности температурного режима в этот период (понижения температур до слабых положительных значений и заморозков) способствуют закалке растений, повышению их устойчивости к низким зимним температурам.

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ В ПЕРИОД ЗИМОВКИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

В суровых климатических условиях Восточно-Присяянской лесостепи зимовка озимой пшеницы является критическим периодом в жизненном цикле этой культуры. Во время зимовки растения подвергаются воздействию целого ряда неблагоприятных для жизнедеятельности метеорологических факторов и среди них наиболее существенное значение имеет низкая отрицательная температура, которая

при недостаточном укрытии посевов снежным покровом может вызвать повреждение узла кущения и гибель растений от вымерзания. Сильные морозы, маломощный снежный покров, слабо защищающий растения от вымерзания - важнейшие факторы, ограничивающие возможность широкого распространения этой культуры в восточных районах Сибири.

Новый сорт озимой пшеницы Заларинка обладает высокой устойчивостью к суровым морозам и, как показали многолетние полевые опыты, при правильной агротехнике обеспечивает получение высоких урожаев. Неудачные попытки производственных испытаний озимой пшеницы Заларинка, которые предпринимались в некоторых хозяйствах Заларинского района, во многом объясняются отсутствием у практических работников сельского хозяйства опыта возделывания этой культуры и допущенными ошибками при размещении ее по полям и, особенно, недостаточным учетом свойств почв и условий микроклимата. В частности, в отдельных случаях посев проводился на малоплодородных почвах - пыхунах, не учитывались также особенности микроклимата полей, под озимую пшеницу отводили открытые возвышенные участки, не защищенные в зимний период от выдувания снега ветром.

Ниже будут рассмотрены климатические условия зимнего периода в Восточно-Присяянской провинции лесостепи и для сравнения - в северной части Средне-Русской провинции лесостепной зоны, где озимая пшеница издавна возделывается. Знание однородности и различий климатических условий возделывания этой культуры в различных провинциях лесостепной зоны позволит более правильно подойти к использованию земледельческого опыта старых озимосеющих районов при разработке технологии возделывания озимой пшеницы в восточных районах страны.

В табл. 2.2.1 представлены климатические показатели зимнего периода по данным метеостанций, расположенных во всех почвенных округах Восточно-Присяянской лесостепи. В связи с сильно континентальным климатом, короткой осенью, зимний период начинается в очень ранние сроки - во второй декаде октября. при переходе средней суточной температуры через 0° и установлении морозной погоды.

Для сравнения отметим, что в северной части Средне-Русской лесостепи, расположенной на $53-55^{\circ}$ с. ш. (на такой же широте находится лесостепь Иркутской области), начало зимнего периода наступает в более поздние сроки: - в первой, или в начале второй декады ноября. Продолжительность зимнего периода в районе наших исследований

Таблица 2.2.1

Климатические условия периода зимовки озимой пшеницы в Иркутской лесостепи

(Справочник по климату СССР, вып. 22, часть II, Л., 1966; часть IV, Л., 1968)

Показатели	Метеостанции								Среднее
	Тулун	Зима	Залари	Черем- хово	Полови- на	Иркутск	Усть- Орда	Бохан	
Дата перехода температуры через 0° (начало зимы)	14.X	14.X	14.X	16.X	16.X	15.X	12.X	14.X	14.X
Дата окончания зимнего периода (переход через 0°)	15.IV	12.IV	12.IV	11.IV	10.IV	12.IV	13.IV	13.IV	12.IV
Продолжительность зимнего периода, дни	184	181	181	178	177	180	184	182	181
Средняя минимальная температура января, °С	-29,0	-30,1	-31,3	-28,6	-25,9	-31,0	-31,7	-31,2	-29,8
Сумма отрицательных температур за год, °С	2668	2786	2986	2396	2505	2804	3037	3038	2778
Дата образования снежного покрова	31.X	4.XI	6.XI	4.XI	5.XI	2.XI	10.XI	5.XI	4.XI
Дата разрушения снежного покрова	12.IV	5.IV	3.IV	28.III	2.IV	31.III	4.IV	8.IV	3.IV
Число дней со снежным покровом	172	161	157	159	159	160	154	162	160
Наибольшая за зиму высота снежного покрова, см	34	30	27	32	25	26	18	31	28

составляет 181-188 дней, а в Средне-Русской лесостепи этот период значительно короче - 140-150 дней.

В соответствии с существующей классификацией (Шашко,1962) по показателям средней месячной температуры января (см. табл. 2.1.1) зима на большей части территории Иркутской лесостепи очень холодная, а в двух почвенных округах (Усть-Ордынском и Приангарском), где средняя температура января опускается ниже -25° , зима умеренно суровая.. Сумма отрицательных температур воздуха за зимний период на территории лесостепи в среднем составляет -2778° , с колебаниями в различных почвенных округах от -2396° до -3038° (табл. 2.2.1). В Средне-Русской лесостепи термические условия для перезимовки сельскохозяйственных растений более благоприятные - зима умеренно мягкая, средняя температура наиболее холодного месяца января от -10° до -15° , а сумма отрицательных температур в зимний период от -960° до -1235° .

В Восточно-Присяянской лесостепи наиболее суровым испытаниям подвергаются зимующие растения в ноябре-феврале, когда над Средней Сибирью господствует антициклон и устанавливается очень морозная погода с большим количеством дней с средней суточной температурой - 20° , -30° и ниже. В годы наших полевых опытов на Заларинском стационаре (1992-1998) в зимний период число дней с очень морозной погодой в среднем составляло 54, с колебаниями по годам от 25 до 86. Наиболее суровыми были зимы в 1994/95, 1995/96 и 1997/98 годах, когда сильные морозы удерживались более двух месяцев и при недостаточном укрытии растений снегом на части полей отмечалась гибель озимой пшеницы от вымерзания (зимой 1995/96 г. все посева погибли).

В связи с очень низкими температурами воздуха в зимнее время, важнейшую роль в защите растений от вымерзания играет снежный покров, его высота и сроки образования. Данные о средних сроках образования снежного покрова, его глубине, датах разрушения в различных почвенных округах представлены в табл.2.2.1. В Иркутской лесостепи устойчивый снежный покров образуется в более ранние сроки, чем в Среде-Русской лесостепи, и сходит также раньше. Однако по продолжительности залегания устойчивого снежного покрова между этими регионами значительных различий нет. Наиболее существенные различия проявляются в высоте снежного покрова. В Средне-Русской лесостепи зима достаточно снежная (Шашко, 1962), в холодный период

выпадает около трети годовой суммы осадков и образуется снежный покров высотой в среднем от 40 до 60 см, что обеспечивает защиту зимующих растений от вымерзания даже в самые сильные морозы.

В Восточно-Присаянской лесостепи вследствие континентальности климата осадков в зимнее время выпадает значительно меньше. Так, если в Средне-Русской лесостепи сумма зимних осадков составляет 20-30% от годовой (Сапожникова, 1958), то на рассматриваемой территории в зимний период в среднем выпадает 14% от годового количества осадков, а в Усть-Ордынском почвенном округе 10%. В связи с этим, образующийся снежный покров здесь имеет меньшую мощность, а высота его значительно изменяется по годам. В табл. 2.2.1 представлены средние данные о наибольшей декадной высоте снежного покрова по результатам наблюдений указанных метеостанций (Справочник по климату СССР, вып. 22, ч. IV. Л., 1968). Как видно из этих данных, в основном высота снежного покрова изменяется в пределах от 25 до 34 см (средняя высота 28 см), что соответствует показателям умеренно снежной зимы (Шашко, 1962). В Усть-Ордынском почвенном округе, где выпадает наименьшее количество осадков (как в целом за год, так и в зимний период), а образующийся снежный покров имеет высоту менее 20 см, зима в соответствии с принятой классификацией (Шашко, 1962) характеризуется как малоснежная, что указывает на крайне неблагоприятные условия для зимовки озимых культур.

Как показывают полевые опыты в Иркутско-Черемховском и Заларинско-Тулунском почвенных округах, новый высокоморозостойкий сорт озимой пшеницы Заларинка в средние по снежности зимы при равномерном укрытии полей снегом успешно переносит сильные морозы. Однако в малоснежные зимы, когда высота снежного покрова менее 15-20 см, что недостаточно для защиты растений от сильных морозов, в полевых опытах отмечается гибель растений от вымерзания на слабо укрытых снегом полях или на их отдельных участках.

Следует также отметить, что в разные периоды перезимовки защитная роль снежного покрова проявляется неодинаково, так как нарастание мощности снега происходит постепенно и максимальной высоты (25-30 см) снежный покров достигает в январе-феврале. В первую половину зимы, когда снежный покров маломощный, растения бывают недостаточно защищены от повреждающего действия сильных морозов.

Особенности изменения высоты снежного покрова в разное время зимнего периода по многолетним данным метеостанции Залари и в годы полевых опытов на Заларинском стационаре представлены на рис. 2.2.1.

Как видно из этих данных, в период проведения полевых опытов большинство зим по высоте снежного покрова были умеренно снежные, а динамика накопления снега близко соответствовала средним многолетним показателям. Повышенной снежностью отличалась зима 1996/97 г., которую по высоте снежного покрова в феврале (42 см) можно характеризовать как многоснежную, или достаточно снежную, по Шашко (1962). Снег высотой 20-30 см и более, при равномерном его залегании на поле, служит достаточной защитой озимой пшеницы Заларинка от вымерзания в сильные морозы.

Как видно из рис. 2.2.1, зимы в 1995/96 и 1997/98 годах были малоснежные, устойчивый снежный покров образовался в поздние сроки, высота его в ноябре и декабре была в 1,5-2,7 раза ниже нормы. В большинстве последующих зимних месяцев высота снега также была ниже нормы и недостаточна для защиты зимующих растений от сильных морозов.

Особенно неблагоприятно складывались условия перезимовки для озимой пшеницы в зимний период 1995/96 г. - в декабре снежный покров в среднем имел высоту 7 см, в январе 14 см, в феврале 17 см, что составляет, соответственно, 41, 64 и 68% от нормы. Следует отметить, что в зимний период продолжительное время (62 дня) удерживались сильные морозы с средней суточной температурой ниже -20 , -25° . Но особенно низкие температуры отмечались во второй декаде декабря, когда средняя суточная температура понижалась до -35 , -37° , а высота снежного покрова составляла 7 см. Маломощный снежный покров не обеспечил защиту посевов от очень сильных морозов и зимой 1995/96 г. впервые за годы наших полевых опытов на Заларинском стационаре (1992-1998) на опытных участках произошла гибель озимой пшеницы сорта Заларинка от вымерзания.

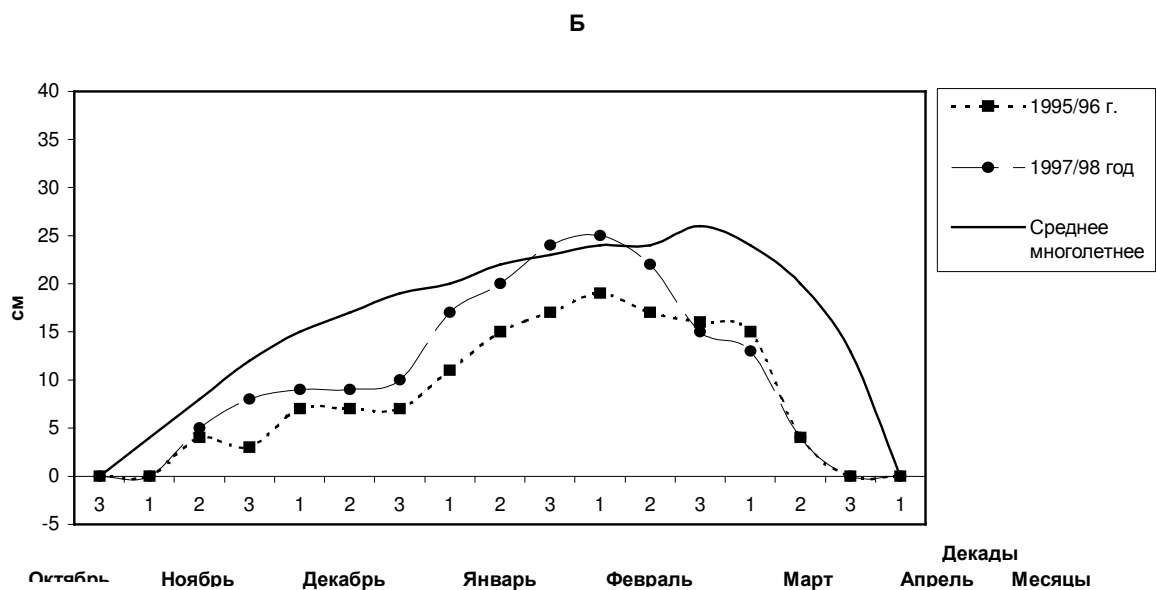
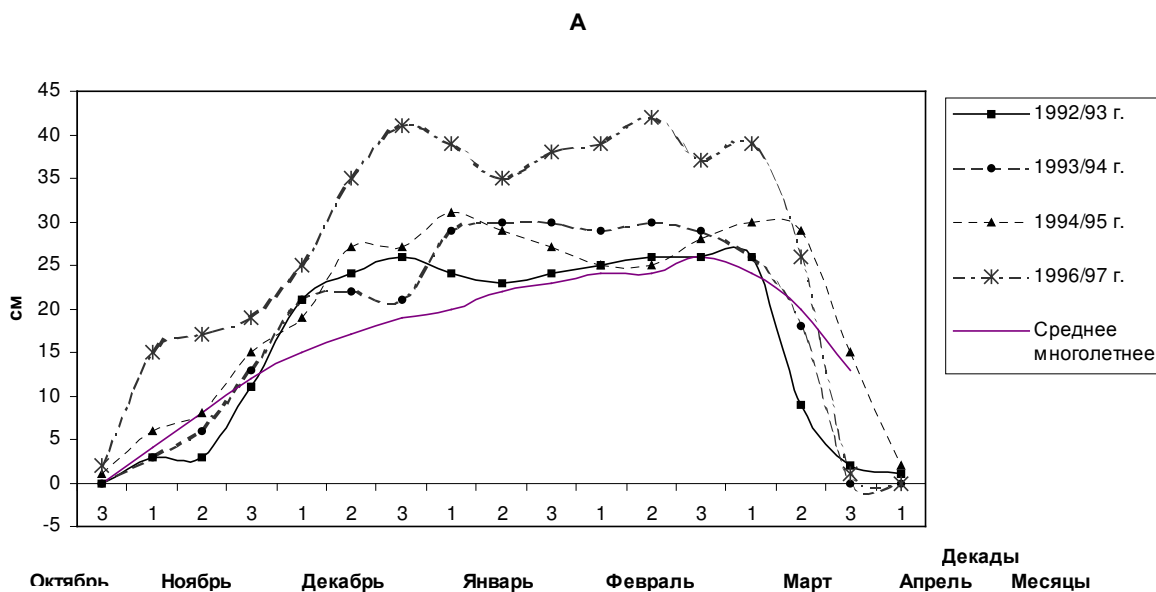


Рис. 2.2.1. Динамика снежного покрова в различные по снежности зимы в опытах на Заларинском стационаре (1992-1998 гг.)

А. Средне- и многоснежные зимы: 1- 1992/93 г., 2- 1993/94 г., 3- 1994/95 г., 4- 1996/97 г., 5- средние многолетние данные.

Б. Малоснежные зимы: 1- 1995/96 г., 2- 1997/98 г., 3- средние многолетние данные.

В 1994/95 и 1997/98 гг. в период перезимовки наиболее опасные условия для озимой пшеницы складывались в первой половине зимнего периода (ноябрь-декабрь), когда высота снежного покрова была небольшая и почти в течение всего декабря удерживалась средняя суточная температура ниже -20 , -25° , снижаясь в отдельные дни до -33° . Указанная высота снежного покрова оказалась недостаточной для предохранения зимующих растений от повреждения сильными морозами. Как показали наблюдения за состоянием посевов при выходе из зимовки, потери от вымерзания растений в этих опытах были наибольшие, выпадения наблюдались в виде отдельных пятен, приуроченных к микроповышениям, бугоркам, где высота снега была минимальной.

Для успешной перезимовки посевов важное значение имеет не только высота снежного покрова и время его образования, но и равномерность залегания снега на поле. Как показывают наблюдения, в результате влияния микрорельефа, сноса ветром снега с одних участков и переноса на другие, на поле образуется неоднородный по высоте снежный покров, что создает неодинаковые условия для перезимовки растений на разных участках поля. По данным многолетних исследований А.М.Шульгина в Западной Сибири (1955), в результате перераспределения снега ветром даже на относительно ровных полях образуется крайне неоднородный по высоте снежный покров, состоящий из участков различной высоты, которые на поле имеют мозаичное расположение. Неравномерность в высоте снежного покрова создает неоднородность в температурном режиме почвы различных участков поля, что ухудшает условия перезимовки растений, приводит к повреждению и гибели растений от вымерзания, особенно в местах оголенных от снега или имеющих незначительный снежный покров. Особенно усиливается морозоопасность для зимующих растений вследствие неравномерного залегания снега на поле при малой мощности снежного покрова.

С целью определения характера залегания снежного покрова на полях в основных земледельческих районах Иркутской области Г.А.Гулигой были обработаны материалы более 10 тысяч снегомерных съемок и произведен расчет вероятности распределения снега на полях при различной средней высоте снежного покрова по снегосъемке (Мерский, 1970).

Установлено, что при средней высоте снежного покрова 5 см вследствие неравномерного его залегания в лесостепной зоне около 10% площади полей остаются без снега, а в отдельных районах (Залари, Иркутск) не покрытые снегом площади еще выше (до 19%).

При средней высоте снежного покрова 10 см на 4% площади поля снег отсутствует, а еще на 13% залегает незначительный слой снега (1-6 см); на 46% площади высота снега достигает 7-10 см, а на 37% - снежный покров более 10-15 см. Таким образом, в малоснежные периоды зимы, когда снежный покров имеет высоту 10 см, посеы озимой пшеницы на 17% площади бывают совсем не защищены снегом от повреждения сильными морозами. Более благоприятные условия перезимовки имеются только на одной третьей части посева (37%), где залегает слой снега 10-15 см и более, который уменьшает возможность повреждения зимующих растений при кратковременных сильных похолоданиях.

На полях, имеющих снежный покров высотой 15 см, вследствие его неравномерного залегания около 4% площади совсем без снега, или с незначительным покрытием (1-3 см), а еще 3% площади очень слабо прикрыты снегом (4-6 см); недостаточно также защищены растения от умеренных и сильных морозов на 12% площади поля, где высота снега 7-10 см. На преобладающей части поля залегает более глубокий снежный покров: на 41% площади высота снега от 11 до 15 см, а 40% покрыты снежным покровом 16-20 см и более. Как видно из этих данных, снежный покров при средней высоте по снегомерной съемке 15 см значительно улучшает условия перезимовки, но не обеспечивает на всей площади поля защиту растений от вымерзания во время сильных морозов. Особенно слабо защищены от вымерзания растения на 19% площади, покрытой маломощным снежным покровом, высота которого менее 10 см.

При покрытии поля снегом 20-30 см, что соответствует средней максимальной высоте снежного покрова в пределах рассматриваемой территории, данные снегомерной съемки показывают, что снежный покров залегает более равномерно: около 72% площади покрыто снегом высотой 21-30 см и более, а на 20% площади высота снега составляет 16-20 см. Оголенные и слабо прикрытые снегом места на поле отсутствуют, а менее защищенные снегом участки (высота снега 11-15 см) составляют всего 8%. Таким образом, при высоте снежного покрова 20 см и более

посевы озимой пшеницы в зимние месяцы хорошо защищены от повреждения даже в самые сильные морозы.

Как показывают представленные данные по характеристике климатических показателей в зимний период и сравнительно небольшой практический опыт выращивания озимой пшеницы на Заларинском стационаре, условия перезимовки этой культуры в данном регионе определяются главным образом высотой снежного покрова, предохраняющего растения от вымерзания, а также суровостью зимы, особенно в первую ее половину

В средние по снежности зимы, а особенно в многоснежные, когда посевы с начала зимовки прикрыты глубоким снежным покровом (25 см и более), а неоднородности в залегании снега на полях невелики, зимовка озимой пшеницы Заларинка проходит нормально, и даже суровые морозы -35 , -40° , сохраняющиеся длительное время, не сказываются отрицательно на состоянии зимующих растений. В обычные зимы изреживание посевов в период перезимовки бывает небольшим и не превышает естественных потерь.

Однако глубокий снежный покров в ранние сроки образуется только в редкие зимы. Обычно нарастание снежного покрова происходит в течение всего начального этапа перезимовки (см. рис. 2.2.1), а наибольшей высоты (25 см и более) снег достигает в середине зимы (январь-февраль). Именно начальный этап перезимовки (ноябрь, частично декабрь), когда устанавливаются значительные морозы (-15 , -20°), а высота снежного покрова не превышает 10-15 см, представляет наибольшую морозоопасность для зимующих растений.

В связи с неоднородным по высоте залеганием снежного покрова, особенно когда средняя его высота не превышает 15-20 см, на полях встречается значительное число небольших по размерам участков, пятен, полос, на которых снег залегает высотой до 7-10 см или еще меньшим слоем. Общая площадь таких пятен, слабо прикрытых снегом, на поле может достигать 20% и более. В период сильных и продолжительных похолоданий, когда средняя суточная температура понижается до -30 , -35° , на незащищенных снегом участках происходит вымерзание растений. Весной после возобновления вегетации озимой пшеницы почти ежегодно

на полях наблюдаются выпадения растений в виде отдельных пятен, общая площадь которых может достигать 10-20%.

Известную опасность повреждения морозом зимующих растений представляют два бесснежных периода - один в начале перезимовки, а второй в конце ее, когда в условиях морозной погоды посевы не защищены снежным покровом. По нашим расчетам на основании средних многолетних данных (Агроклиматический справочник..., 1962) общая продолжительность бесснежных периодов составляет 37 дней. В самом начале перезимовки (третья декада октября - первая декада ноября), когда средняя суточная температура переходит через 0° , всходы озимой пшеницы какое-то время бывают не покрыты снегом, или выпавший снег имеет незначительную высоту (1-6 см). В этот период преобладают слабые и умеренные морозы (до -10 , -15°), которые не представляют значительной опасности для растений, получивших хорошую закалку к низким температурам. Однако при очень поздних сроках образования снежного покрова и более значительных понижениях температуры все же в осенний бесснежный период возникает угроза повреждения растений морозами.

Более морозоопасным для зимующих растений служит бесснежный период, который наблюдается в завершающий период перезимовки, когда поля освободились от снега, а средняя суточная температура еще удерживается ниже 0° . Для этого периода характерны большие суточные амплитуды колебания температуры, а в отдельные годы возможны кратковременные возвраты холодов (до -7 , -15°) при которых ослабленные к концу перезимовки растения и частично утратившие морозоустойчивость могут быть сильно повреждены морозом и погибнуть.

Губительными для перезимовки озимой пшеницы в Иркутской лесостепи являются малоснежные зимы, когда на открытых ровных полях высота снежного покрова в зимние месяцы 10-15 см. Как уже указывалось, в годы наших полевых работ на Заларинском стационаре (1992-1998) массовая гибель от вымерзания озимой пшеницы сорта Заларинка произошла на опытных и производственных посевах в малоснежную зиму 1995/96 г. Снежный покров образовался в поздний срок, высота его в большинстве зимних месяцев составляла от 7 до 14 см, что не обеспечило защиту растений от вымерзания.

Важными показателями условий перезимовки, защищенности озимой пшеницы снежным покровом в лесостепи Иркутской области служит повторяемость зим с различной наибольшей высотой снежного покрова (Справочник по климату СССР, вып.22, ч.IV, Л. 1968). В Иркутско-Черемховском (метеостанции Половина, Черемхово) и в Заларинско-Тулунском (Залари, Зима) почвенных округах 42% всех зим среднеснежные (высота снежного покрова 21-30 см), а 32% зим - с повышенной мощностью снежного покрова и многоснежные (высота снега 31-50 см). Таким образом, повторяемость зим с средней и повышенной снежностью, когда растения надежно защищены от вымерзания, достаточно высокая и составляет 74%. Однако немало бывает здесь и малоснежных зим (повторяемость 26%) с высотой снежного покрова 11-20 см, когда существует опасность вымерзания озимой пшеницы на менее защищенных снегом полях, как это имело место на наших полевых опытах в зимовку 1995/96 г.

На части Заларинско-Тулунского почвенного округа по данным метеостанций Залари и Зима крайне редко (повторяемость 3%) бывают очень малоснежные зимы, (с высотой снежного покрова менее 10 см), поэтому в такие зимы на полях, которые лишь незначительно прикрыты снегом, неизбежна гибель озимых от вымерзания.

Вместе с тем, в северо-западной части Заларинско-Тулунского почвенного округа, где по данным метеостанции Тулун образуется более мощный снежный покров, условия перезимовки озимой пшеницы наиболее благоприятные. Здесь значительную повторяемость имеют многоснежные зимы (74%), когда высота снега достигает 31-50 см, а еще 23% зим бывает среднеснежными, с высотой снежного покрова 21-30 см. Повторяемость малоснежных зим (снег высотой 10-20 см) незначительная - 3%. В таких условиях перезимовка озимой пшеницы во все годы будет проходить нормально, так как посевы надежно защищены глубоким снежным покровом.

В пределах лесостепной зоны Иркутской области наименее благоприятные условия для перезимовки озимых культур складываются на открытых возвышенных полях Усть-Ордынского почвенного округа. Зимний период по данным метеостанции Усть-Орда характеризуется здесь наибольшей суровостью, а зима отличается малоснежностью (см. табл.2.1.1 и 2.2.1). В Справочнике по климату СССР (1968) на территории

этого почвенного округа сведения о повторяемости зим с различной высотой снежного покрова приводятся только для района метеостанции Баяндай, которая расположена к северо-востоку от метеостанции Усть-Орда.. Согласно этим данным 49% зим малоснежные, с высотой снежного покрова 11-20 см, когда очень велика опасность повреждения растений в сильные морозы и гибели озимых от вымерзания на больших площадях. В половине зим (51%) образуется снежный покров средней высоты (21-30 см). Однако учитывая открытость полей, неоднородность в залегании снежного покрова, наличие на полях большого количества участков и пятен, которые недостаточно защищены снегом, на части посевов и в средние по снежности зимы здесь возможно повреждение и гибель растений от вымерзания.

Завершая рассмотрение материалов по характеристике условий перезимовки озимых в зависимости от соотношения между высотой снежного покрова и температурой наиболее холодного месяца, следует сопоставить их с имеющейся в литературе (Шашко 1967) шкалой снежности зимы, в которой указаны также градации температуры наиболее холодного месяца, в пределах которых обеспечивается успешная зимовка растений. Показано, что в умеренно снежные зимы (при высоте снежного покрова 20-40 см) нормальная зимовка проходит при температуре наиболее холодного месяца от -14 до -22° . При более низких показателях температуры наиболее холодного месяца (-22° и ниже) успешная зимовка озимых возможна лишь в достаточно снежные зимы, при высоте снежного покрова 40-60 см.

В годы наших полевых опытов с озимой пшеницей в Иркутской лесостепи (1992-1998) соотношение между высотой снежного покрова и температурой наиболее холодного месяца характеризовалось следующими особенностями. Во все зимы (за исключением одной более многоснежной, когда толщина снега достигла 40 см) максимальная высота снежного покрова за декаду составляла от 19 до 31 см. В среднем за шесть зимних периодов, когда проводились опыты, высота снежного покрова составила 28 см, что соответствует климатической норме. В эти же годы средняя температура наиболее холодного месяца составила $-23,1^{\circ}$, понижаясь в отдельные зимы до $-24,1$, $-26,2^{\circ}$. Как видно из этих данных, на территории лесостепи, где проводились наши опыты, высота снежного покрова меньше, а температура наиболее холодного месяца ниже соответствующих

показателей (Шашко, 1967), при которых обеспечивается перезимовка озимых. Тем не менее, перезимовка озимой пшеницы Заларинка в период наших опытов из шести зим в пяти из них проходила вполне благоприятно. И только в малоснежную зиму 1995/96 г., когда высота снежного покрова 19 см оказалась недостаточной для защиты растений, при температуре января $-21,6^{\circ}$ посевы полностью погибли от вымерзания. Результаты полевых опытов свидетельствуют о высокой морозостойкости нового сорта озимой пшеницы Заларинка, его адаптированности к климатическим условиям Иркутской лесостепи.

Важным способом улучшения условий перезимовки озимых культур в районах с маломощным и неустойчивым снежным покровом служит снегозадержание. В некоторых озимосеющих районах, где снег с полей сносится ветром, высокой эффективностью отличается снегозадержание с помощью кулисных растений. Высокослые кулисные растения, размещаемые в посевах озимых, способствуют накоплению снега на полях, его более равномерному залеганию, что улучшает температурные условия перезимовки растений и защищает зимующие растения от вымерзания (Шульгин, 1962, 1967; Губанов, Иванов, 1988).

Полевые опыты на Заларинском стационаре, заложенные в разные годы Н.В.Дорофеевым и А.А.Пешковой, показали, что при возделывании озимой пшеницы в данном регионе кулисное снегозадержание является эффективным приемом. На участках с ранним летним посевом кулис из масличной редьки намного увеличивается высота снежного покрова и однородность покрытия почвы снегом по сравнению с участками поля с естественным залеганием снежного покрова. Особенно возрастает эффективность снегозадержания в малоснежные зимы. Так, в малоснежную зиму 1995/96 г., когда как указывалось выше, опытные и производственные посевы озимой пшеницы погибли от вымерзания, на экспериментальном участке с посевом кулис из масличной редьки, расположенном среди производственных посевов, озимая пшеница полностью сохранилась. На экспериментальном участке с посевом кулис в течение зимнего периода высота снежного покрова составляла 30-50 см, в то время как на прилегающем поле поверхность почвы была слабо прикрыта снегом.

Снегозадержание как прием, способствующий улучшению условий перезимовки и защите растений от вымерзания, повышающий

устойчивость культуры озимой пшеницы, что было показано в опытах на Заларинском стационаре, должен войти в систему агротехнических мероприятий выращивания этой культуры в лесостепи Иркутской области, особенно при размещении посевов озимой пшеницы на полях, слабо защищенных от сильных ветров в зимнее время.

Отмеченные климатические особенности зимнего периода, определяющие условия перезимовки озимой пшеницы в различных почвенных округах лесостепной зоны, должны учитываться при планировании размещения этой культуры, принимая также во внимание положение поля по рельефу, экспозицию склона, микроклиматические условия, выровненность поверхности поля, защищенность его лесонасаждениями от сноса снега ветром во время перезимовки.

3. ТЕПЛООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ

Иркутская область не входит в число регионов в которых возделывают озимую пшеницу, так как этому не благоприятствуют климатические условия - ограниченные ресурсы тепла, суровые морозы, часто повторяющаяся малоснежность зим. Полевые испытания экотипов озимой пшеницы, районированных в Европейской части России и обладающих повышенной зимостойкостью, проводившиеся ранее в Иркутской области, не давали положительных результатов и обычно оканчивались гибелью растений от вымерзания (Писарев, 1963; Юдин, 1963).

Новый сорт озимой пшеницы Заларинка, созданный совместными работами СИФИБР и ИЦИГ СО РАН, обладает высокой морозостойкостью, хорошо переносит условия перезимовки, отличается высокой урожайностью и является перспективным для введения в культуру в Иркутской области. Однако для оценки возможностей устойчивого возделывания нового сорта озимой пшеницы в этом регионе необходимо было установить потребности Заларинки в тепле и сопоставить их с климатическими ресурсами данной территории. В этих целях нами были выполнены расчеты, позволяющие определить теплообеспеченность озимой пшеницы Заларинка в условиях лесостепи Иркутской области; установить потребности этой культуры в сумме

биологических температур в период вегетации; рассчитать биоклиматические суммы температур, необходимые для обеспечения ежегодного (или достаточно частого) созревания зерна.

Основным климатическим показателем, определяющим теплообеспеченность и возможность возделывания различных видов и сортов сельскохозяйственных растений, их районирование, служит сумма активных температур, определяемая как сумма средних суточных температур за период с температурой выше 10° (климатическая сумма активных температур). В агроклиматологии принято оценивать возможность возделывания сельскохозяйственных растений по наличию необходимого минимума суммы активных температур, обеспечивающих ежегодное (или достаточно частое) созревание растений (Сапожникова, 1958). Для зерновых культур показателем созревания зерна служит восковая спелость, когда зерно приобретает необходимые физиологические и технологические качества и возможно скашивание растительной массы в валки с последующим их обмолачиванием.

Для определения теплообеспеченности озимой пшеницы Заларинка в соответствии с методом, разработанным Д.И.Шашко (1958, 1962, 1967), произведены расчеты следующих показателей: 1) термических ресурсов территории в районе наших полевых опытов (климатической суммы активных температур), 2) биологической суммы температур, соответствующей потребностям озимой пшеницы Заларинка в тепле в период вегетации, 3) биоклиматической суммы температур, обеспечивающей ежегодное или достаточно частое созревание зерна.

В качестве исходных данных для расчетов теплообеспеченности озимой пшеницы в лесостепи Иркутской области использованы средние многолетние суммы температур выше 5 и 10° (климатические нормы), представленные в "Агроклиматическом справочнике по Иркутской области" (1962), и "Справочнике по климату СССР", вып. 22 (1966), а также материалы наблюдений метеостанции Залари в годы наших работ, и результаты полевых опытов, проводившихся на Заларинском стационаре с озимой пшеницей.

По данным справочной литературы средняя многолетняя сумма температур выше 10° (или климатическая сумма активных температур), которая служит показателем термических ресурсов полевых культур, по

наблюдениям метеостанции Залари составляет 1580° . Отметим, что сведения о термических ресурсах в различных пунктах лесостепной зоны приводились нами ранее в табл. 2.1.1. В среднем по лесостепной зоне сумма температур выше 10° составляет 1595° , с колебаниями по почвенным округам от 1520 до 1679° . Эти колебания в известной мере обусловлены некоторыми различиями в гипсометрическом положении метеостанций и в условиях рельефа, что и отражается на изменениях в сумме температур.

Расчет суммы биологических температур проводился за период вегетации озимой пшеницы. При этом за начало вегетационного периода был принят оптимальный срок посева озимой пшеницы (20.VIII), установленный в опытах В.Н.Дорофеевым (1995) на Заларинском стационаре, Конец осенней вегетации определяли по средней многолетней дате перехода температуры через 5° в сторону понижения, которая приходится на 23.IX. В весенний период возобновление активной вегетации озимой пшеницы по средним многолетним данным происходит 2.V, когда температура переходит через 5° в сторону повышения, а восковая спелость зерна, условно принимаемая за окончание периода вегетации, по наблюдениям в полевых опытах наступает в среднем 3.VIII.

При подсчете биологической суммы температур учитывалась сумма тепла в пределах температур (выше 5°), лимитирующих рост и развития озимой пшеницы в осенний и весенне-летний периоды вегетации. Общая сумма биологических ("лимитных") температур от посева до восковой спелости зерна для озимой пшеницы Заларинка в лесостепи Иркутской области составила 1607° . Эта величина выше биологической суммы температур, рассчитанной Д.И.Шашко (1958) для сортов озимой пшеницы Лютесценс 329 и Алабасская, выращиваемых в Европейской части России.

При расчетах биоклиматической суммы температур, которую следует представлять в виде суммы температур выше 10° , к биологической сумме температур должна вводиться поправка (так называемая климатическая разность) со знаком минус, которая равна разности между суммой "лимитных" температур (выше 5°) и суммой температур выше 10° . Климатическая разность для пшеницы по расчетам (Шашко, 1967) в Европейской части России составляет -150° . В лесостепи Иркутской области при более низкой сумме температур выше 10° , что характерно для регионов с континентальным климатом, озимая пшеница Заларинка

потребность в тепле обеспечивает за счет более продолжительного использования "лимитных" температур (от 5 до 10⁰). В связи с этим поправка "климатическая разность" по нашим подсчетам здесь намного возрастает, достигая -318⁰.

При дальнейшем расчете суммы биоклиматических температур необходимо ввести поправку на географическую широту местности, где проводились полевые опыты. На один градус широты поправка составляет 10⁰. Исходной при расчетах для озимой пшеницы принята широта 50⁰ (Шашко, 1967), к северу от этой широты поправка должна вводиться со знаком минус. Заларинский стационар, где проводились наши работы, расположен на широте 53⁰, разность широт 3⁰, поэтому поправка на широту составляет -30⁰.

На завершающем этапе расчета биоклиматической суммы температур в восточных районах страны вводится поправка со знаком минус на континентальность климата, уменьшающая сумму биоклиматических температур. Величина этой поправки зависит от степени континентальности климата и продолжительности вегетационного периода сельскохозяйственных культур. В лесостепи Иркутской области в связи с очень континентальным климатом и большой продолжительностью вегетационного периода у озимой пшеницы принята поправка -200⁰.

В агроклиматологии для гарантии наступления нужных фаз развития растений (или спелости урожая) при расчетах суммы тепла увеличиваются на определенное число. Так, для достижения обеспеченности восковой спелости зерна в 90 % лет необходимо увеличить сумму биоклиматических температур на 250⁰.

Таким образом, вводя все указанные поправки (-318⁰, -200⁰, -30⁰, +250⁰) в биологическую сумму температур, в результате расчетов получаем биоклиматическую сумму температур, которая равна 1309⁰ для периода посев - восковая спелость озимой пшеницы Заларинка. Отклонение расчетной суммы биоклиматических температур 1309⁰ от суммы активных температур 1580⁰ составляет -271⁰ (1309⁰ минус 1580⁰). Этому отклонению по графику обеспеченности сумм температур (Шашко, 1958) соответствует вероятность достижения спелости зерна в 90 % лет.

Таким образом, анализ теплообеспеченности озимой пшеницы Заларинка показывает, что в районе Залари, где проводились полевые опыты, ресурсы тепла достаточны для обеспечения в 90 % лет созревания зерна. Сопоставляя показатели биоклиматической суммы температур, необходимой для созревания зерна нового сорта озимой пшеницы в 90 % лет, с суммами активных температур выше 10° в различных пунктах лесостепи (см. табл. 2.1.1) видно, что помимо Залари созревание в 90 % лет обеспечено также в Зиме, Иркутске и Усть-Орде. Еще выше уровень обеспеченности созревания зерна (95-98 % лет) в Черемхово и Половине. Однако в Тулуне и Бохане, где сумма активных температур несколько ниже (соответственно 1520 и 1526°), созревание зерна озимой пшеницы обеспечивается в 87 % лет. Поэтому в районах Тулуна и Бохана под посевы озимой пшеницы должны отводиться поля, занимающие наиболее теплые элементы рельефа.

Завершая оценку теплообеспеченности озимой пшеницы Заларинка в лесостепной зоне Иркутской области и отмечая достаточно высокий уровень обеспеченности созревания урожая в большинстве почвенных округов (от 90 до 98 %), необходимо отметить, что в агроклиматологии принято считать сумму биоклиматических температур, обеспечивающую созревание урожая в 90 % лет в качестве климатической границы целесообразного возделывания культур (Шашко, 1958). В связи с отсутствием надежных резервов тепла для озимой пшеницы в лесостепи Иркутской области, при размещении этой культуры на полях необходимо учитывать не только защищенность посевов от сноса снега ветром в период перезимовки (для предохранения от вымерзания), но и микроклиматические особенности полей, отводя под посевы наиболее теплые местоположения.

Анализ термических условий в период работ на Заларинском стационаре показал, что в годы полевых опытов температурный режим был выше нормы. В среднем за 6 лет (1992-1997 гг.) годовая температура воздуха по данным метеостанции Залари составила $-0,6^{\circ}$, что на $2,2^{\circ}$ выше климатической нормы. Значительное повышение температуры обусловлено потеплением климата в Северном полушарии, которое наблюдается в последние 20-30 лет. В связи с этим и суммы активных температур во все годы опытов были выше (от 1757 до 1880°) и намного превышали норму. Это повышение термических ресурсов еще более

увеличило отклонение суммы биоклиматических температур от суммы активных температур выше 10° (до -448 , -571°), что соответственно увеличило обеспеченность созревания урожаев до 100 % лет. Во все годы полевых опытов уборка урожая производилась в фазу полной спелости зерна.

В заключение следует отметить, что в связи с ограниченными ресурсами тепла в лесостепной зоне Иркутской области при введении в культуру озимой пшеницы Заларинка особое внимание должно быть обращено на правильность размещения посевов озимой пшеницы по элементам рельефа. Посевы этой культуры должны располагаться на наиболее теплых местоположениях - на ровных участках водоразделов, верхних и средних частях пологих склонов южной экспозиции. Не рекомендуется посевы озимой пшеницы размещать на северных склонах, в глубоких депрессиях рельефа, на днищах узких долин и падей - в холодных местоположениях, где растения будут недостаточно обеспечены теплом для созревания зерна.

ГЛАВА 3. ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД И ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАЗЫ РАЗВИТИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ЗАЛАРИНКА

В период проведения полевых опытов с озимой пшеницей на Заларинском стационаре в 1992-1998 гг. наряду с изучением почв, их режимов и плодородия, влияния удобрений на минеральное питание растений и урожай, систематически проводились фенологические наблюдения за ростом и развитием опытных растений, формированием вегетативных и генеративных органов, сроками созревания зерна. Фенологические наблюдения выполнялись в соответствии с методикой принятой в Гидрометеослужбе (Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 11, 1973) и разработками Ф.М.Куперман (1953, 1977), А.А.Шиголева (1957), И.Н.Бейдемман (1974), Г.Э.Шульца (1981).

Фенологические наблюдения проводились по вариантам опытов в основные фазы роста и развития озимой пшеницы: всходы, кущение, весеннее возобновление вегетации, выход в трубку, колошение, восковая и

полная спелость зерна. Программа фенологических наблюдений наряду с определением дат фенологических фаз включала также описание состояния посевов, учет густоты стояния растений, измерение высоты растений, определение прироста сырого и сухого вещества, анализ структуры урожая

Фенологические исследования позволили лучше познать особенности роста и развития нового сорта озимой пшеницы Заларинка в лесостепи Иркутской области - новом географическом районе возделывания озимой пшеницы на востоке Сибири, изучить требования этой культуры к факторам внешней среды в различные фазы вегетации, что необходимо для разработки системы агротехники с учетом региональных условий.

Озимая пшеница в пределах Европейской части России имеет широкий ареал распространения - от предгорий Кавказа на юге до северных районов Нечерноземной полосы. Основными районами ее возделывания служат Северный Кавказ, Центрально-Черноземные области и Поволжье, где распространены высокоплодородные черноземные почвы, а климатические условия благоприятствуют формированию высоких урожаев.

В послевоенные годы, когда были выведены новые высокопродуктивные сорта, обладающие повышенной зимостойкостью, посевы озимой пшеницы стали все более продвигаться на север и в настоящее время они занимают большой удельный вес в посевах зерновых культур в Нечерноземной полосе. Но наибольшие площади посевов озимой пшеницы расположены в южных районах Нечерноземья - в Центральном и Волго-Вятском, где в составе почвенного покрова развиты лесостепные почвы (серые лесные, черноземы оподзоленные и выщелоченные), а климатические условия более благоприятны для выращивания зерновых культур.

В лесостепной зоне Западной и Средней Сибири озимая пшеница не получила значительного распространения в связи с отсутствием до последнего времени высокоурожайных сортов, адаптированных к местным условиям произрастания. Однако в связи с созданием в Институте цитологии и генетики СО РАН новых сортов озимой пшеницы, перспективных для возделывания в почвенно-климатических условиях

лесостепи Западной Сибири, с середины 80-х годов в научно-исследовательских сельскохозяйственных учреждениях и опытных станциях этого региона начала проводится работа по испытанию этих сортов и внедрению их в производство. С начала 90-х годов, когда совместными работами СИФИБР и ИЦИГ СО РАН был выведен новый сорт озимой пшеницы Заларинка, перспективный для почвенно-климатических условий Средней Сибири, начались опытные и производственные испытания этого нового сорта в Иркутской области.

Исследованиям биологии озимой пшеницы, характеристике морфологии, систематики и описаниям сортов этой культуры посвящена обширная литература. Характеристика фенологических фаз развития озимой пшеницы, этапов органогенеза, влияния условий внешней среды на рост и продуктивность растений, вопросы агротехники этой культуры наиболее полно освещены в работах А.И.Носатовского (1965), Ф.М.Куперман (1953, 1969, 1977), А.А.Шиголева (1957), Е.С.Улановой (1975), М.Ф.Стихина, П.В.Денисова (1977), К.Н.Кеферова (1982), Я.В.Губанова, Н.Н.Иванова (1988), в коллективной монографии "Физиология пшеницы" (1969) и др.

Следует отметить, что большинство указанных работ выполнено в основных районах возделывания озимой пшеницы, расположенных в Центрально-Черноземной области, южных районах России и на Украине, почвенно-климатические условия которых существенно отличаются от условий Средней Сибири, где проводились наши опыты. Это вызывает значительные трудности при сравнении полученных в наших опытах результатов исследований с литературными данными.

По почвенным условиям и широтному расположению (52-55⁰ с.ш.) район наших исследований (Восточно-Присаянская провинция лесостепной зоны) наиболее сопоставим с южной частью Центрального и Волго-Вятского районов Нечерноземной полосы (54-56⁰ с.ш.), которые входят в состав Средне-Русской провинции зоны серых лесных почв (Почвенно-географическое районирование СССР, 1962). Однако в связи с значительными различиями в расположении этих регионов по долготе (Средне-Русская провинция серых лесных почв расположена на западе континента Евразии, а Восточно-Присаянская почвенная провинция - в восточной его части) климатические условия рассматриваемых территорий имеют значительные различия.

Климат районов Нечерноземья с лесостепными почвами характеризуется как умеренно и средне континентальный, с умеренно теплым летом и умеренно холодной и достаточно снежной зимой (высота снежного покрова 40-60 см). Продолжительность основного периода вегетации 130-155 дней, сумма активных температур 2000-2400⁰, сумма осадков за год 400-600 мм (Монов, Аверин, Погожев, 1978). Характеристика климата Восточно-Присаянской провинции лесостепной зоны была приведена выше, в главе 2, отметим лишь некоторые наиболее существенные его отличия: очень высокая степень континентальности, отрицательная среднегодовая температура воздуха, продолжительная умеренно суровая зима, небольшая глубина снежного покрова (20-40 см), значительно меньшая сумма активных температур (1500-1700⁰), более короткая продолжительность основного периода вегетации (100-110 дней), меньшая годовая сумма осадков (270-370 мм).

В летний период климатические различия между рассматриваемыми территориями менее значительны. Меньшая сумма активных температур в Восточно-Присаянской лесостепи не является лимитирующим фактором для возделывания озимой пшеницы в этом регионе, так как в условиях сильно континентального климата (к востоку от Енисея) потребность сельскохозяйственных растений в сумме биоклиматических температур снижается и период их вегетации сокращается (Шашко, 1962, 1967; Мищенко, 1962; Гайдамака, Розов, Шашко, 1983). По количеству осадков Восточно-Присаянская лесостепь характеризуется недостаточным обеспечением сельскохозяйственных растений влагой в весенний и раннелетний периоды. Однако озимая пшеница в весенний и летний периоды при дефиците влаги в верхних слоях почвы благодаря хорошо развитой корневой системе использует для водоснабжения запасы влаги из более глубоких горизонтов почвы, в которых после оттаивания сезонно-мерзлотного слоя длительное время сохраняется повышенная влажность. Отмеченные особенности климата оказывают влияние на рост и развитие озимой пшеницы, определяя характерные для местных условий сроки наступления фенологических фаз, продолжительность межфазных периодов, сроки созревания урожая.

В соответствии с биологическими особенностями озимой пшеницы, имеющей длительный вегетационный период, различными требованиями, предъявляемыми растениями к условиям внешней среды на разных фазах

роста, полный цикл развития этой культуры от посева семян осенью и до созревания урожая летом следующего года разделяется на три основных этапа: 1) осенний период (начало вегетации); 2) зимний период покоя (перезимовка); 3) весенне-летний период роста и формирования урожая.

1. ОСЕННИЙ ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ

В осенний период рост и развитие озимой пшеницы, формирование вегетативных органов (листья, стебли, корни), образование побегов кущения, создание необходимых запасов питательных и защитных веществ для успешной перезимовки растений, в наибольшей степени зависит от обеспеченности растений по фазам развития потребным количеством тепла и влаги.

Осенний период в лесостепи Иркутской области короткий, с неустойчивой погодой, резкими колебаниями средней суточной температуры, частыми заморозками в ночное время. По многолетним данным в районе наших полевых опытов (Залари) переход температуры воздуха через 10° в сторону понижения (начало осени) происходит 4.IX, а устойчивое ее понижение до 0° (конец осени) - 13.X, продолжительность осеннего периода в среднем 39 дней. (Агроклиматический справочник..., 1962). В других районах лесостепи продолжительность этого периода изменяется незначительно (35-39 дней). Для сравнения отметим, что в районах Нечерноземья, где выращивают озимую пшеницу, осенний период с температурой от 10° до 0° более продолжительный и составляет от 47 до 52 дней (Носатовский, 1965).

В лесостепи Иркутской области осень сравнительно сухая, за сентябрь и первую декаду октября в различных пунктах этой территории осадков выпадает от 39 до 48 мм, что составляет 12-14 % годовой суммы. Однако благодаря обильным дождям в конце лета, в пахотном и более глубоких слоях почвы к началу сева озимой пшеницы образуются высокие запасы продуктивной влаги, обеспечивающие благоприятные условия увлажнения в осенний период вегетации.

У озимой пшеницы в осенний период вегетации отмечаются следующие фенологические фазы: посев (прораствание семян), всходы,

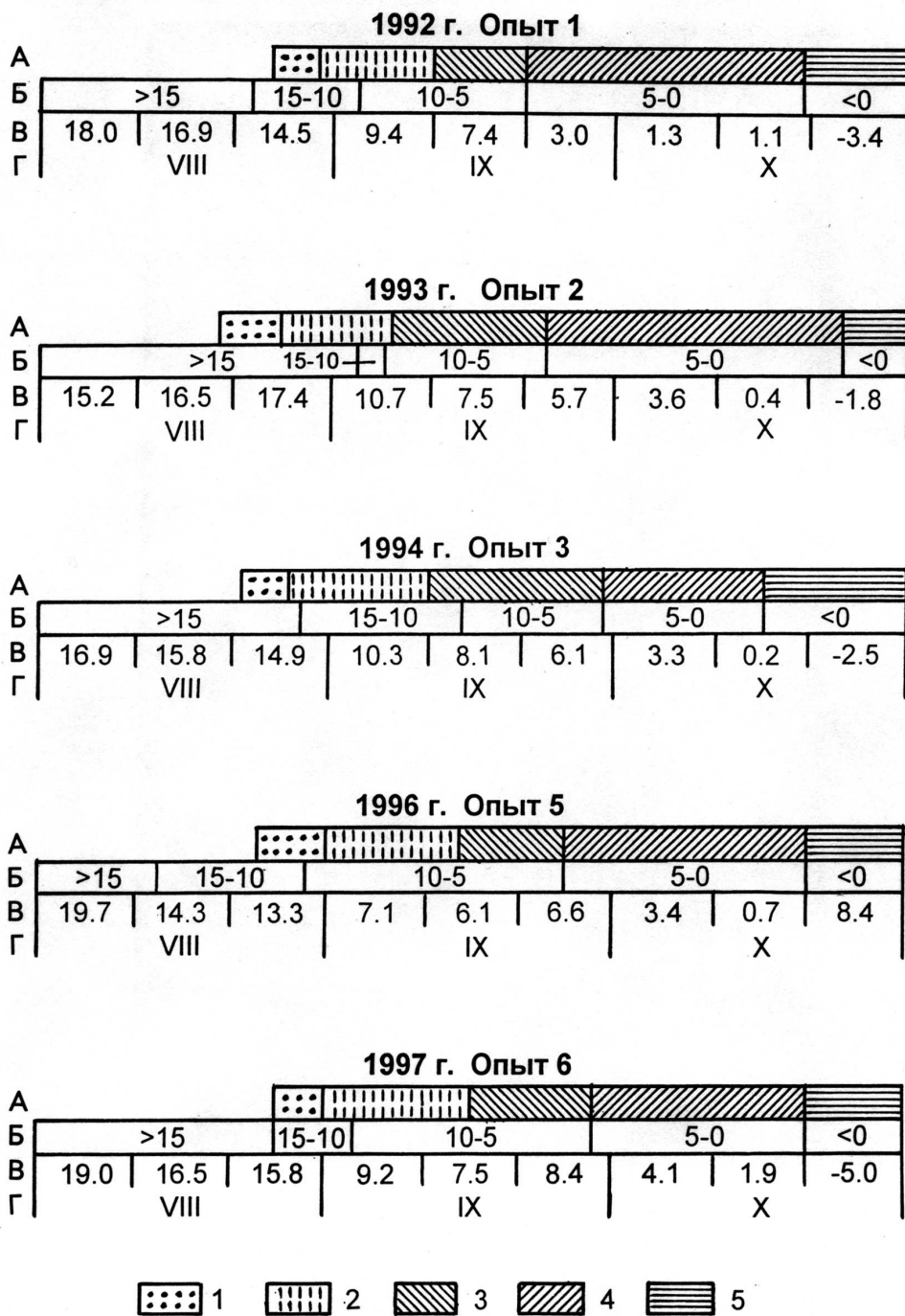


Рис. 3.1.1. Фенологические фазы озимой пшеницы Заларинка и температура воздуха в осенний период вегетации
 . А. Фенологические фазы: 1 – посев - всходы, 2 – первый-третий лист, 3 – кущение, 4 – снижение активной вегетации, 5 – начало зимнего покоя растений.
 Б. Градиент температуры ($^{\circ}\text{C}$). В. Среднедекадная температура ($^{\circ}\text{C}$). Г. Месяцы

начальный рост растений (всходы-3-й лист), осеннее кущение, завершение осеннего периода вегетации. На рис. 3.1.1 представлены результаты ежегодных наблюдений в полевых опытах с озимой пшеницей календарных дат начала и окончания фенологических фаз, их продолжительности в осенний период вегетации (фенологический календарь). Приведены также показатели температурного режима воздуха как ведущего фактора среды в осенний период вегетации озимой пшеницы в данном регионе, так как почва от посева и до завершения растениями осеннего цикла развития содержит высокие запасы продуктивной влаги и влажность почвы не является фактором, лимитирующим развитие растений.

Посев - всходы

Термический режим в период прорастания семян во многом зависит от срока посева, и даже небольшая разница в сроках посева (3-5 дней) заметно отражается на теплообеспеченности растений. Как установлено Н.В.Дорофеевым в полевых опытах на Заларинском стационаре лучшим сроком посева озимой пшеницы является период с 20 по 25 августа, При посеве в указанный срок средняя суточная температура воздуха в период прорастания зерна составляет около 15⁰, что способствует быстрому появлению всходов. Посеянные в оптимальные сроки растения в осенний период хорошо развиваются и характеризуются наибольшей устойчивостью к неблагоприятным условиям в зимний период (Дорофеев, 1995, 1997).

В табл. 3.1.1 представлены средние данные о календарных сроках посева озимой пшеницы, начала и окончания фенологических фаз развития и продолжительности межфазных периодов в осенний период вегетации в годы полевых опытов на Заларинском стационаре (1992-1998). В этой и последующих таблицах средние данные представлены за 5 лет, а 1995/96 г., когда произошла гибель опытных посевов от вымерзания, исключен из подсчетов. Дата всходов принята по началу наступления фазы - появлению всходов, когда в посевах обозначаются рядки растений. Начало кущения - у растений 3 листа, разворачивается 4-й лист и появляются боковые побеги. За окончание кущения и прекращение активной вегетации принимается устойчивый переход средней суточной

температуры через 5⁰ в сторону понижения. Конец осенней вегетации и переход растений к зимнему покою (перезимовке) устанавливается по переходу температуры через 0⁰.

Таблица 3.1.1

Фазы развития озимой пшеницы Заларинка и их продолжительность в осенний период вегетации (среднее за 5 лет)

Фаза развития, межфазный период	Начало, окончание фазы		Продолжительность (дни)	
	среднее	Колебания от - до	среднее	колебания от - до
Посев	22.VIII	19.VIII-25.VIII		
Всходы	28.VIII	25.VIII-31.VIII	6	5-7
Начало кущения	11.IX	6.IX-15.IX	14	12-15
Конец кущения	25.IX	20.IX-29.IX	14	10-19
Прекращение вегетации	19.X	15.X-23.X	23	15-29
Посев-конец кущения			34	27-39
Посев-прекращение вегетации			57	54-64
Всходы-конец кущения			28	22-34

Как видно из табл. 3.1.1, при посеве в оптимальные сроки (начало третьей декады августа) отмечается высокая энергия прорастания семян и появление всходов на 5-7-й день. Быстрому появлению всходов благоприятствуют температурные условия и высокое содержание влаги в пахотном слое.

Сравнение результатов наблюдений на Заларинском стационаре с температурными показателями в период прорастания семян в южной части Нечерноземной полосы (Стихин, Денисов, 1977) показывает, что в

лесостепи Иркутской области прорастание семян проходит при более высокой температуре воздуха и это способствует быстрому появлению всходов (табл. 3.1.2). Однако, в связи с коротким периодом прорастания семян, сумма средних суточных температур воздуха за период посева-всходы здесь меньше, чем в районах Нечерноземья (соответственно 84 и 144⁰). Для сравнения отметим также, что в южных районах Европейской части России, где прорастание семян озимой пшеницы проходит при повышенных температурах (15-20⁰), в период от посева до появления ростков над поверхностью почвы по наблюдениям Ф.М.Куперман (1969) сумма средних суточных температур составляет около 60⁰. По обобщенным данным А.И.Носатовского (1965) для получения полных всходов семян озимой пшеницы требуется сумма температур 120⁰.

Таблица 3.1.2

Температура воздуха (°С) и сумма осадков (мм) в осенний период вегетации озимой пшеницы Заларинка (среднее за 5 лет)

Фазы, межфазные периоды	Число дней	Средняя температура	Сумма температур		Осадки,
			средних суточных	эффективных	
Посев-всходы	6	14,5	84	55	4
Всходы-начало кущения	14	10,3	141	74	32
Кущение (начало-окончание)	14	8,0	116	45	21
Окончание кущения-конец вегетации	23	2,6	59	0	14
Всходы-конец вегетации	51	6,0	316	-	67

Наряду с суммой средних суточных температур для характеристики условий теплообеспеченности растений в разные периоды вегетации в качестве важного показателя служит сумма эффективных температур

(выше 5°) за соответствующий период. Как видно из табл. 3.1.2, в наших опытах сумма эффективных температур в период посев-всходы в среднем составляет 55° . При сравнении с литературными данными эта величина несколько ниже суммы эффективных температур в период посев-всходы (67°), установленной А.А.Шиголевым (1957) для районов массового возделывания озимой пшеницы в Европейской части России.

Существенным фактором, оказывающим влияние на условия прорастания семян и скорость появления всходов, наряду с температурой служит влажность почвы. В засушливых районах Поволжья, юго-востока Европейской части России, южной части Украины при недостатке влаги в почве в осенний период происходит задержка в появлении всходов озимых, появляются изреженные всходы, а при длительной засухе - гибель посевов. В лесостепи Иркутской области к началу посева озимой пшеницы в верхних слоях почвы обычно накапливаются высокие запасы продуктивной влаги. В годы наших полевых опытов (за исключением 1994 г.) перед посевом озимой пшеницы в пахотном слое 0-20 см содержалось от 24 до 33 мм продуктивной влаги, что характеризует условия увлажнения в период прорастания семян как оптимальные (Вериги, Разумова, 1973). В августе 1994 г. выпадали ливневые дожди, которые плохо увлажнили верхние слои почвы: в пахотном слое перед посевом содержалось недостаточное количество продуктивной влаги (13 мм). Однако во время прорастания семян и появления всходов прошли обильные осадки, которые в 2,2 раза превысили норму. Осадки хорошо увлажнили верхние слои почвы, в фазу осеннего кушения в слое 0-20 см запас продуктивной влаги составил 26 мм.

Приведенные в табл. 3.1.1 показатели продолжительности появления всходов озимой пшеницы в наших полевых опытах хорошо согласуются с имеющимися в литературе данными о продолжительности прорастания семян этой культуры в различных районах ее возделывания при благоприятных условиях температуры и увлажнения. Так, по обобщенным данным Е.С.Улановой (1975) в центральных районах России и на Украине при средней температуре воздуха $14-16^{\circ}$ и запасах продуктивной влаги в пахотном слое 30 мм и выше продолжительность периода посев-всходы у озимой пшеницы составляет 5-7 дней. Данные о продолжительности периода посев-всходы в наших опытах хорошо также совпадают с результатами расчета этого периода по формуле

А.И.Носатовского (1965), учитывающей среднюю суточную температуру и потребные суммы тепла для прорастания семени и появления ростков, а также с расчетами по формуле Н.Н.Яковлева (1966), основанной на обобщении результатов многолетних наблюдений Госсортсети.

Всходы-3-й лист

В межфазный период всходы - 3-й лист происходит начальный рост растений, формирование листьев, стебля, развитие первичной корневой системы. В этот период происходит также формирование узла кущения, закладка его в почве на определенной глубине в зависимости от условий произрастания. С появлением листьев начинается фотосинтез и накопление органического вещества. Фаза 3-го листа, когда в посевах у части растений (10-20 % и более) формируется 4-й лист и в пазухе первого листа развивается боковой побег, принимается за начало кущения. Наиболее благоприятная температура для образования первых листьев и развития корневой системы 13-15⁰ (Носатовский, 1965).

По пятилетним наблюдениям в полевых опытах на Заларинском стационаре средняя продолжительность периода всходы - 3-й лист (до начала кущения) составляет 14 дней с колебаниями по годам от 12 до 15 дней (см. рис. 3.1.1 и табл. 3.1.1). Для сравнения отметим, что у наиболее распространенных сортов озимой пшеницы, выращиваемых в послевоенные годы в черноземных областях России, средняя продолжительность периода всходы-кущение составляет 14 дней, а в условиях Ленинградской области от 12 до 15 дней (Носатовский, 1965). По обобщенным данным Я.В.Губанова и Н.Н.Иванова (1988) при нормальных сроках сева в условиях достаточного количества продуктивной влаги и благоприятного температурного режима продолжительность периода всходы-кущение в разных районах изменяется от 15 до 25 дней. Сравнение полученных в наших опытах результатов с литературными данными (Стихин, Денисов, 1977) показывает, что при некотором отличии в датах начала кущения, продолжительность периода всходы-начало кущения озимой пшеницы в Нечерноземной полосе и в лесостепи Иркутской области не имеет заметных различий (соответственно 15 и 14 дней).

В лесостепи Иркутской области период от всходов до кущения календарно включает последние дни августа и первую (частично-вторую)

декаду сентября и характеризуется неустойчивой погодой, быстрым понижением температуры воздуха и переходом ее среднесуточных значений через 10° в сторону понижения (4.IX). По нашим наблюдениям средняя температура воздуха в период всходы-начало кущения ниже чем в период прорастания семян и составляет в среднем за время наблюдений $10,3^{\circ}$. Однако по годам в зависимости от начала осеннего похолодания и его интенсивности средняя температура в рассматриваемый период значительно колеблется, изменяясь от $6,8$ до $15,2^{\circ}$. Наиболее низкая средняя температура ($6,8^{\circ}$) в период всходы-начало кущения отмечалась в 1996 г. в связи с очень ранним переходом температуры через 10° и дальнейшим похолоданием, что ухудшило условия роста и развития растений в начальный период вегетации (рис. 3.1.1). Наиболее высокая средняя температура в рассматриваемый период ($15,2^{\circ}$) наблюдалась в 1993 г., когда посев был проведен в более ранние сроки (19.VIII). Благодаря раннему появлению всходов рост растений проходил при повышенном температурном режиме более длительное время, чем обычно, а переход температуры через 10° отмечался в средние сроки.

По данным А.И.Носатовского (1965) у озимых пшениц, как и у яровых, сумма средних суточных температур от всходов до начала кущения составляет $200-220^{\circ}$. Однако, если этот период протекает при пониженных температурах (ниже 8°), указанная сумма температур снижается до 150° . В наших полевых опытах (см. табл. 3.1.2) развитие растений проходит при несколько пониженных температурах и сумма средних суточных температур за период всходы-начало кущения в среднем составляет 141° , с колебаниями по годам (исключая 1996 г.) от 124 до 182° . В опыте 1996 г., как отмечалось выше, в связи с сильным похолоданием и ранним сроком перехода температуры через 10° , сумма средних суточных температур воздуха в период всходы-кущение составила 95° . Следует отметить, что в этом опыте раннее похолодание в последующем сменилось значительным потеплением, когда средняя декадная температура превышала норму, что улучшило условия роста и развития растений.

А.А.Шиголевым (1957) установлено, что при благоприятных условиях увлажнения кущение озимой пшеницы начинается при накоплении от фазы всходов суммы эффективных температур равной 67° . Как показывают наши наблюдения, в лесостепи Иркутской области

средняя сумма эффективных температур в период всходы-начало кущения составляет 74⁰ и характеризуется значительными колебаниями по годам (см. табл. 2.1.2). Как указывалось выше, колебания в суммах температур в период всходы-начало кущения обусловлены погодными условиями (раннее похолодание в 1996 г.) и агротехническими факторами (изменение срока сева в 1993 г.).

Осеннее кущение

Период осеннего кущения имеет особое значение для формирования урожая озимой пшеницы, так как осенью закладываются боковые побеги (побеги кущения), количество которых, а в последующем их колосоносность и степень озерненности, играют главную роль в создании урожая. Интенсивность кустистости озимой пшеницы определяется факторами внешней среды, главными из которых являются температура и влажность, а также особенностями сорта, агротехникой и условиями минерального питания растений.

В фазу кущения, когда нарастает листовая масса и образуются боковые побеги, при понижении температуры воздуха происходит закалка озимой пшеницы, повышение зимостойкости растений. По исследованиям А.И.Носатовского (1965) наибольшей зимостойкостью обладает озимая пшеница у которой образовалось 2-4 побега. В южных районах возделывания озимой пшеницы (Северный Кавказ, Поволжье, юг Украины) растения осенью формируют по 3-6 побегов в кусте. Переросшие растения (более 6 побегов), а также нераскутившиеся, у которых недостаточно развита корневая система и содержится малый запас питательных и защитных веществ, обладают пониженной зимостойкостью.

В Иркутской лесостепи опыты по изучению кущения и морозостойкости озимой пшеницы Заларинка при различных сроках посева на Заларинском стационаре проводились Н.В.Дорофеевым (1997). Установлено, что при посеве в ранний срок (15.VIII) озимая пшеница в период кущения образует 3-4 стебля, формирует наибольшую биомассу и развивает глубокую корневую систему, но отличается слабой устойчивостью к низким зимним температурам и подвержена наибольшим повреждениям и гибели в период перезимовки. Растения посеянные

25.VIII формируют 1-2 побега кущения, имеют меньшую биомассу, но по глубине проникновения в почву корневой системы не уступают растениям раннего срока посева, а по зимостойкости превосходят их. При более позднем сроке посева (15.IX) в связи с сокращением продолжительности вегетации и недостатком тепла растения развиваются слабо, завершают осеннюю вегетацию в фазе третьего листа и отличаются пониженной зимостойкостью. Исходя из полученных данных, Н.В.Дорофеев в лесостепной зоне Иркутской области оптимальным сроком для посева озимой пшеницы считает период с 20 по 25 августа.

В наших полевых опытах при посеве в оптимальные сроки начало кущения озимой пшеницы Заларинка отмечалось в основном во второй декаде сентября, в среднем через 14 дней после всходов. (см. рис.3.1.1, табл. 3.1.1). В начальный период кущения посевы имеют хорошо развитые три листа, у значительной части растений (10-25 %) отмечается рост четвертого листа, образование узловых корней, а в пазухах листьев главного побега появляются кончики листьев боковых побегов. При благоприятных условиях увлажнения и минерального питания растений интенсивность кущения и его продолжительность зависят в наибольшей степени от температуры.

По исследованиям А.И.Носатовского (1965) наиболее благоприятная температура воздуха для начала кущения $11-12^{\circ}$, а приостанавливается кущение, когда температура понижается до $2-3^{\circ}$. По данным Ф.М.Куперман (1973) оптимальная температура для кущения $9-12^{\circ}$. В средней полосе России и в южных районах, где осень отличается большой продолжительностью, озимые пшеницы имеют длинный период кущения. Как указывает Е.С.Уланова (1975) обычно кущение длится 30-40 дней при температуре воздуха от $10-12^{\circ}$ в начале и до $3-5^{\circ}$ в конце периода. Однако Н.Н.Яковлев (1966), анализируя случаи гибели озимой пшеницы, пришел к выводу, что наиболее благоприятные условия для перезимовки растений создаются при продолжительности осеннего кущения от 10 до 30 дней. Так, самые высокие урожаи озимой пшеницы Безостая 1 (36-42 ц/га) на госсортоучастках были получены при продолжительности осеннего кущения 10-30 дней (Пруцкова, Уханова, 1972). Как установлено А.И.Носатовским (1965), для образования озимой пшеницей трех побегов кущения необходима сумма средних суточных температур воздуха 240° от начала кущения.

В лесостепи Иркутской области, отличающейся очень континентальным климатом, осень непродолжительная, с неустойчивой прохладной погодой, большими скачкообразными колебаниями средних суточных температур и резким их снижением к концу сезона. При посеве в оптимальные сроки начало кушения озимой пшеницы Заларинка приходится в среднем на начало второй декады сентября (см. табл. 3.1.1) и развивается вначале при средних суточных температурах воздуха $8-11^{\circ}$. В последующий период кушения преобладает средняя суточная температура воздуха $6-8^{\circ}$, с повышением в отдельные дни до $10-12^{\circ}$ и понижением до $4-5^{\circ}$. В целом за период кушения средняя суточная температура воздуха составляет 8° , с колебаниями по годам от $7,3$ до $9,1^{\circ}$ (см. табл. 3.1.2), что несколько ниже соответствующих показателей для средней полосы России. Как показывают исследования на опытных делянках, в условиях пониженного и часто изменяющегося температурного режима процессы роста и кушения протекают с невысокой интенсивностью, а при значительных скачкообразных понижениях температуры (до $1-2^{\circ}$) ростовые процессы резко замедляются и приостанавливаются.

По нашим наблюдениям в период массового кушения количество раскустившихся растений в опытных посевах составляет в среднем $70-80\%$, у большинства из них образуется $1-2$ побега, а у части растений - до 3 -х побегов. В отдельные годы, когда температурные условия наиболее благоприятны для кушения, у значительной части растений в осенний период образуется до 4 -х побегов. Но наряду с раскустившимися растениями в посевах имеются и ослабленные, отстающие в развитии растения, у которых формируются $2-3$ листа и боковые побеги не образуются.

За время прекращения активной вегетации озимой пшеницы (и окончание кушения) осенью обычно принимается устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 5° (Уланова, 1975). Однако в южных районах возделывания озимой пшеницы, где переход от осени к зиме происходит постепенно, а период когда температура снижается от 5° до 3° продолжительный, за окончания кушения принят переход температуры через 3° .

В лесостепи Иркутской области в большинстве наших опытов наблюдалось прекращение кушения озимой пшеницы при переходе

температуры через 5° , так как при этом происходило скачкообразное изменение температурного режима - понижение температуры до $1-3^{\circ}$, а в отдельные годы и до слабоотрицательных значений. Поэтому за дату прекращения осеннего кушения озимой пшеницы принят устойчивый переход температуры через 5° .

Как видно из табл. 3.1.1, средняя дата прекращения кушения в наших опытах 25.IX, с колебаниями за пятилетний период в пределах от 20.IX до 29.IX. Период кушения в лесостепи Иркутской области очень короткий, его продолжительность в среднем 14 дней (с колебаниями от 10 до 19 дней), что почти в два раза короче его нормальной продолжительности в центральных и южных районах Европейской части России (Губанов, Иванов, 1988).

Температурные условия в годы полевых опытов в период кушения характеризуются следующими показателями: сумма средних суточных температур воздуха составляет в среднем 116° , с колебаниями по годам от 74 до 145° , а сумма эффективных температур 45° , с колебаниями от 25 до 60° (см. табл. 3.1.2) Средняя температура воздуха в период кушения 8° (с колебаниями от $7,3$ до $9,1^{\circ}$), что ниже оптимальной температуры, характерной для районов массового возделывания озимой пшеницы (Губанов, Иванов, 1988).

Завершающая фаза осеннего периода вегетации

Период от прекращения кушения до перехода растений в состояние зимнего покоя отличается большой продолжительностью и проходит при низких температурах и неустойчивом температурном режиме. Как указывалось выше, активная вегетация и процессы кушения у озимой пшеницы приостанавливаются при переходе средней суточной температуры через 5° , а при температуре 3° прекращаются. В лесостепи Иркутской области отсутствует период постепенного понижения температуры от 5 до 3° , характерный для лесостепных и степных районов Европейской части России, когда при пониженной интенсивности процессов продолжается рост и кушение озимой пшеницы. По данным метеостанции Залари осенью после перехода температуры через 5° происходит быстрое ее понижение с частыми скачкообразными

изменениями от положительных до отрицательных значений, и активная вегетация озимой пшеницы прекращается.

По многолетним данным (Агроклиматический справочник..., 1962) в районе наших исследований (метеостанция Залари) переход температуры воздуха через 5° происходит 23.IX, а переход через 0° - 13.X.. Продолжительность этого периода, когда у озимой пшеницы понижается активность жизненных процессов и растения переходят в состояние зимнего покоя, в среднем составляет 20 дней. По данным указанного Агроклиматического справочника температурный режим в завершающий период осенней вегетации озимой пшеницы характеризуется следующими показателями: средняя температура третьей декады сентября $4,7^{\circ}$, первой декады октября $2,1^{\circ}$, второй декады октября $-0,4^{\circ}$. В среднем в рассматриваемый период температура воздуха составляет $2,9^{\circ}$, что ниже того минимума, при котором происходит замедление процессов кущения и полная их приостановка.

В табл. 3.1.1 и 3.1.2 представлены средние за 5 лет данные о продолжительности и температурных условиях завершающей фазы развития озимой пшеницы в осенний период вегетации. От перехода температуры через 5° до перехода через 0° продолжительность периода составляет 23 дня, сумма средних суточных температур 59° , а средняя суточная температура воздуха $2,6^{\circ}$.

В завершение характеристики термических условий осеннего периода вегетации озимой пшеницы Заларинка рассмотрим имеющиеся в литературе обобщенные данные о суммах средних суточных температур и продолжительности периода активной вегетации (посев-кущение) озимой пшеницы в различных регионах возделывания этой культуры и в новом для нее районе - лесостепи Иркутской области.

По обобщенным данным А.И.Носатовского, которые приведены в работе Я.В.Губанова и Н.Н.Иванова (1988), для выращивания растений озимой пшеницы, имеющих в фазу кущения 2-4 стебля и отличающихся повышенной зимостойкостью, потребная сумма средних суточных температур от посева до прекращения кущения составляет $500-550^{\circ}$, а продолжительность этого периода 50-60 дней. Средняя температура за период активной вегетации (посев-кущение) $9-10^{\circ}$.

По данным Н.Н.Яковлева (1966) оптимальная продолжительность периода осенней вегетации для роста и развития озимых в районах их массового распространения составляет около 50 дней при средней сумме положительных температур за этот период $500-550^{\circ}$.

В.М.Личикаки (1964) считает, что в условиях Украины для озимой пшеницы оптимальный период осенней вегетации в среднем равен 45-60 дням, а сумма активных температур $400-600^{\circ}$.

В Нечерноземной полосе по данным М.Ф.Стихина и П.В.Денисова (1977) при такой же продолжительности осеннего периода активной вегетации (в среднем 56 дней) сумма средних суточных температур, необходимых озимой пшенице для роста и развития, несколько меньше - в среднем 495° и, соответственно, ниже средняя температура этого периода ($8,8^{\circ}$).

В лесостепи Иркутской области период активной вегетации озимой пшеницы в осеннее время (посев-кущение) наиболее короткий - в среднем 34 дня (с колебаниями в годы полевых опытов от 27 до 39 дней), что обусловлено ранними сроками прекращения кущения в связи с наступлением холодов. Сумма средних суточных температур за период посев-кущение здесь также самая низкая 341° , с колебаниями по годам от 270 до 422° . Однако средняя температура за этот период в лесостепи Иркутской области превышает показатели Нечерноземной полосы (соответственно 10,1 и $8,8^{\circ}$), что характеризует благоприятный температурный режим в короткий период осенней вегетации озимой пшеницы в данном регионе.

В агроклиматологии при оценке теплообеспеченности растений важное значение придается суммам эффективных температур (выше 5°), которые характеризуют потребности культур в тепле в различные фазы вегетационного периода. А.А.Шиголев (1957) на основании анализа многолетних данных установил, что при достаточном увлажнении почвы в период от посева до образования 6 побегов кустистости озимой пшеницы необходимо накопление суммы эффективных температур равной 300° , для образования 3 побегов - 200° и для начала кущения - 134° . Эти показатели прошли большую производственную проверку и Гидрометеослужбой приняты в качестве основы при расчете оптимальных сроков сева озимой пшеницы в различных районах страны.

Сравнение указанных выше потребных сумм эффективных температур в осенний период активной вегетации озимой пшеницы с ресурсами эффективных температур в лесостепи Иркутской области представляет большой интерес. Как видно из табл. 3.1.2, сумма эффективных температур в период от посева до начала кущения в этом регионе составляет 129° и лишь незначительно отличается от соответствующего показателя (134°) в Европейской части России. Как уже указывалось, в опытах на Заларинском стационаре установлено, что наиболее высокой зимостойкостью обладают растения озимой пшеницы Заларинка, имеющие 1-2 (максимально 3) побега., для образования которых потребная сумма эффективных температур по нашим расчетам составляет 174° . Эта величина несколько меньше суммы эффективных температур, потребных по А.А.Шиголеву для образования 3 побегов (200°). Однако учитывая, что потребности растений в тепле для образования 2 побегов несколько меньше, можно полагать, что установленная нами сумма эффективных температур соответствует потребностям озимой пшеницы Заларинка в период посев-кущение в лесостепи Иркутской области.

Таким образом, в лесостепи Иркутской области в условиях короткого осеннего периода с неустойчивой погодой и пониженным термическим режимом, что проявляется в меньших суммах активных температур, озимая пшеница фактически получает такие же суммы эффективных температур от посева до образования 2-3-х побегов, какими она обеспечивается в районах Европейской части России. Достаточные суммы эффективных температур и хорошие условия влажноснабжения растений обеспечивают благоприятные условия роста и развития озимой пшеницы Заларинка в осенний период вегетации и при успешной перезимовке получение высоких урожаев зерна с хорошим качеством.

На основании изучения фенологических фаз и температурных условий в осенний период вегетации озимой пшеницы Заларинка в лесостепной зоне Иркутской области и сравнения этих результатов с соответствующими литературными данными, полученными в различных географических районах возделывания озимой пшеницы, можно сделать следующие выводы.

1. По срокам наступления фенологических фаз в осенний период развития озимой пшеницы, их продолжительности и суммам температур лесостепь Иркутской области наиболее близко соответствует показателям лесостепных районов Нечерноземной полосы.

2. Оптимальные сроки посева озимой пшеницы, обеспечивающие наилучшие условия развития в осенний период и формирование повышенной устойчивости к неблагоприятным условиям перезимовки, в этих двух регионах одинаковые (25.VIII). В Центрально-Черноземной области и южных районах России, где осень более теплая и продолжительная, лучшие сроки посева озимой пшеницы 1-я и 2-я декады сентября.

3. В фазу прорастания семян в связи с более высокой температурой период посев-всходы в Иркутской области намного короче, чем в Нечерноземье. Однако в связи с быстрым прорастанием семян в лесостепи Иркутской области сумма активных и эффективных температур в период посев-всходы меньше, чем в Нечерноземье.

4. Средняя продолжительность фазы всходов (период от всходов до начала кущения) в этих двух регионах не имеет существенных различий (соответственно 14 и 15 дней) и развитие растений в эту фазу проходит при сходных температурных условиях. Однако в связи с растянутым периодом прорастания семян в Нечерноземной полосе начало фазы всходов и переход растений к кущению проходят в более поздние сроки.

5. Фаза кущения в лесостепи Иркутской области по продолжительности и режиму температуры имеет существенные региональные отличия. Кущение озимой пшеницы проходит в условиях неустойчивой погоды при быстром падении температуры и значительных ее колебаниях. Основной период кущения заканчивается в третьей декаде сентября, когда происходит переход температуры через 5° и дальнейшее быстрое ее снижение до $1-3^{\circ}$. Однако в первой декаде октября в отдельные теплые дни или короткие периоды (до 3-5 дней) при повышении температуры выше критического уровня (3°) возможно кратковременное возобновление кущения. Средняя продолжительность основного периода кущения 14 дней, а сумма среднесуточных температур 116° .

Для сравнения отметим, что в Нечерноземье фаза кущения озимой пшеницы имеет продолжительность 30 дней и заканчивается в начале

третьей декады октября, когда в лесостепи Иркутской области уже в течение 7 дней устанавливается зимний режим погоды. В фазу кущения в Нечерноземье сумма средних суточных температур намного выше и составляет 207° .

6. В лесостепи Иркутской области после перехода температуры через 5° , когда заканчивается основной период кущения озимой пшеницы (третья декада сентября), и до перехода температуры через 0° (вторая декада октября) выделяется продолжительный период с чередующимися низкими положительными ($1-3^{\circ}$) и отрицательными ($-1, -3^{\circ}$) среднесуточными температурами, когда у озимой пшеницы прекращается заметный рост и образование новых побегов. Минимальная температура на поверхности почвы отрицательная и понижается в отдельные ночи до $-6, -10^{\circ}$. Средняя продолжительность этого периода 23 дня, сумма средних суточных температур 59° , средняя температура $2,6^{\circ}$. У растений снижается интенсивность фотосинтеза, прекращается прирост сухого вещества, уменьшается активность метаболических процессов, происходит закалка к низким температурам, подготовка к периоду зимнего покоя.

7. Период от замедления и приостановки ростовых процессов до начала перезимовки имеет важное значение в жизненном цикле озимой пшеницы, так как в это время растения проходят первую фазу закаливания организма и приобретают устойчивость к низким зимним температурам. При задержке ростовых процессов под влиянием низких температур (около 0°) в узлах кущения озимой пшеницы происходит накопление пластических веществ, которые в холодное время используются растениями в качестве защитных соединений. Следует отметить, что в Европейской части России в конце осени нередко отмечаются продолжительные потепления, когда у озимой пшеницы усиливается интенсивность ростовых процессов, что приводит к снижению и утрате растениями закалки. В лесостепи Иркутской области условия для закалки растений лучше, так как поздней осенью не происходит продолжительных потеплений, которые могли бы способствовать возобновлению интенсивного роста, что исключает опасность снижения и утраты растениями закалки.

8. В лесостепи Иркутской области при посеве озимой пшеницы Заларинка в лучшие сроки (20-25.VIII) для формирования растений с

высокой морозостойкостью, имеющих 1-2 стебля перед уходом в зиму, требуется очень короткий период активной вегетации - в среднем 34 дня. По сравнению с Нечерноземьем разница в продолжительности этого периода составляет 22 дня.. По суммам средних суточных температур за период посев-кущение различия между этими регионами достаточно значительные (в среднем на 154°), однако в связи с более короткой продолжительностью этого периода в лесостепи Иркутской области средняя температура в период посев-всходы здесь несколько выше ($10,1^{\circ}$), чем в Нечерноземье ($8,8^{\circ}$). По обеспеченности суммой эффективных температур в период посев-всходы, необходимой для формирования растений озимой пшеницы с двумя (тремя) побегами, отличающихся высокой морозостойкостью, лесостепь Иркутской области не имеет существенных отличий от южных районов Нечерноземья.

2. ПЕРИОД ЗИМНЕГО ПОКОЯ РАСТЕНИЙ (ПЕРЕЗИМОВКА)

В лесостепной зоне Иркутской области в связи с особенностями многолетнего хода метеорологических элементов, определяющих условия перезимовки озимой пшеницы (режим температуры, сроки образования и схода снежного покрова, изменения его высоты), и учитывая принятые в фенологии выделения в зимний сезон субсезонов (Шульц, 1981), зимний период может быть разделен на три этапа перезимовки: 1) начальный, в основном соответствующий фенологическому субсезону "первозимье"; 2) основной этап ("среднезимье") и 3) завершающий этап перезимовки ("предвесенье").

Начальный этап перезимовки

Озимая пшеница в лесостепи Иркутской области вступает в перезимовку в очень ранние сроки - в начале второй декады октября, когда по многолетним данным средняя суточная температура воздуха устойчиво переходит через 0° и устанавливается морозная погода. Завершается начальный этап перезимовки в конце ноября, когда образуется достаточно глубокий снежный покров, защищающий зимующие растения от повреждения сильными морозами. Общая продолжительность начального

этапа перезимовки около двух месяцев и он в соответствии с сезонами года приходится на вторую половину осени (октябрь-ноябрь).

В начальный этап перезимовки погодные условия характеризуются неустойчивостью. В связи с уменьшением поступления солнечной радиации происходит постепенное снижение средней суточной температуры воздуха и усиление морозов, а при вторжениях холодного арктического воздуха - скачкообразные понижения температуры. По годам отмечаются изменения в сроках установления снежного покрова, режиме его накопления и высоты снежного покрова, что существенно влияет на условия перезимовки растений.

При переходе среднесуточной температуры воздуха через 0° и постепенном понижении до -7 , -10° растения вступают во вторую фазу закаливания и морозостойкость их повышается. С установлением отрицательных температур часть воды, содержащейся в растительной клетке, благодаря проницаемости для воды плазмы и клеточных стенок, выходит в межклетники и там замерзает. В связи с обезвоживанием клетки снижается опасность образования внутри клетки кристаллов льда, вызывающих повреждение тканей и гибель клетки, что придает растениям устойчивость к низким температурам. В условиях отрицательной температуры прекращается фотосинтез, активность жизненных процессов у растений снижается и они переходят в состояние зимнего покоя.

В табл. 3.2.1 представлены средние многолетние данные метеостанции Залари по характеристике метеорологических условий в начальный этап перезимовки озимой пшеницы - от перехода температуры воздуха через 0° до образования снежного покрова 10 см и выше. Для характеристики наиболее значительных отклонений метеорологических показателей, которые наблюдались в годы наших полевых опытов, в этой же таблице приведены сведения о двух зимних периодах, один из которых (1996/97 г.) был многоснежный, а другой (1997/98 г.) - малоснежный.

По многолетним данным в лесостепи Иркутской области после перехода температуры через 0° еще длительное время (в среднем 24 дня) не образуется устойчивый снежный покров. Однако в отдельные годы в это время наблюдается временное укрытие посевов снегом небольшой толщины (2-8 см), который вскоре сходит. В зависимости от складывающихся погодных условий продолжительность бесснежного

периода значительно изменяется по годам. За 5 лет полевых опытов средняя продолжительность бесснежного периода составила 14 дней, с колебаниями от 6 до 22 дней. В бесснежный период (вторая и третья декады октября) обычно не бывает сильных морозов, средняя декадная температура составляет соответственно -0,4 и -4,7⁰. Но в отдельные годы при вторжении арктического воздуха возможны кратковременные понижения температуры воздуха до -13, -15⁰, которые, однако, не вызывают значительных повреждений узла кущения растений, обладающих хорошей закалкой.

Таблица 3.2.1

Метеорологические условия в начальный этап перезимовки озимой пшеницы на Заларинском стационаре (октябрь-ноябрь)

Показатели	Среднее многолетнее	Многоснежный 1996/97 г.	Малоснежный 1997/98 г.
Без снежного покрова			
Переход температуры через 0 ⁰	13.X	21.X	20.X
Число дней без снега	24	6	22
Средняя температура, °С	-4,2	-5,6	-4,5
Минимальная температура, °С	-18*	-10,6	-12,4
Снежный покров до 10 см			
Начало образования	6.XI	27.X	11.XI
Число дней	20	6	20
Средняя температура, °С	-13,6	-10,5	-16,8
Минимальная температура, °С	-34*	-16,3	-33,7
Снежный покров 10 см и выше			
Начало образования	26.XI	2.XI	нет
Число дней	4	28	-
Средняя температура, °С	-18,2	-16,8	-
Минимальная температура, °С	-	-32,8	-

* Средний из абсолютных минимумов температуры

Устойчивый снежный покров высотой до 10 см по многолетним данным образуется в середине первой декады ноября, когда все более усиливаются морозы. Средняя температура второй и третьей декад ноября понижается, соответственно, до -13,5 и -16,5⁰. Но наиболее опасны для

зимующих растений резкие понижения температуры в отдельные периоды, с усилением морозов до -30 , -35° , когда при недостаточном укрытии снегом может происходить вымерзание посевов.

Среди факторов внешней среды для растений, находящихся в состоянии зимнего покоя, важнейшее значение имеют температура воздуха и высота снежного покрова, так как их соотношение определяет температуру почвы на глубине узла кущения (3 см) - прямого показателя условий перезимовки растений. Установлено, что устойчивость озимой пшеницы к низким температурам в зимний период зависит от состояния (развития) растений, степени их закаливания в осенний период, особенностей сорта и условий минерального питания (Туманов, 1970; Куперман, 1969; Шульгин, 1967). По исследованиям И.М.Петунина (Шульгин, 1967) при хорошей закалке непереросшие растения в фазе кущения в самом начале зимы могут выдержать до -15° на глубине узла кущения, а в середине зимы до -20° (иногда и ниже). Во второй половине зимы устойчивость озимых к морозам падает, постепенно приближаясь к начальной (осенней) устойчивости. Как показали исследования А.И.Шульгина (1955) в Алтайском крае (Барнаул) критическая температура почвы на глубине узла кущения для озимой пшеницы составляет -16 , -18° . При понижении температуры почвы до критической и ниже происходит повреждение узла кущения и гибель растений от вымерзания. Нормальная перезимовка озимой пшеницы протекает при понижении температуры почвы на глубине залегания узла кущения до -16° . При температуре ниже -16° создаются неблагоприятные условия для перезимовки, а при дальнейшем понижении температуры почвы происходит повреждение узла кущения и гибель озимой пшеницы вследствие вымерзания.

На Заларинском стационаре в годы наших опытов с озимой пшеницей непосредственных наблюдений в зимний период за температурой почвы на глубине узла кущения не проводилось. Поэтому для оценки температурных условий на глубине залегания узла кущения использован график показаний минимальной температуры почвы на глубине 3 см в зависимости от температуры воздуха и высоты снежного покрова, разработанный А.М.Шульгиным (1962) для условий Западной Сибири (Барнаул). Графики зависимости температуры почвы на глубине узла кущения от температуры воздуха и высоты снежного покрова

составлены также для Омской области и Европейской территории Союза (Шашко, 1962), для Украины (Личикаки, 1962), Нечерноземной полосы (Стихин, Денисов, 1977).

Таким образом, согласно средним многолетним данным в первой половине начального этапа перезимовки (октябрь), когда растения еще не защищены снежным покровом, или высота его незначительная (до 10 см), опасности повреждения озимой пшеницы нет, так как в это время не бывает сильных морозов и почва на глубине узла кущения не охлаждается до критической температуры. Однако в ноябре, когда посеы прикрыты маломощным снежным покровом (8-15 см), при сильных похолоданиях (минимальная температура воздуха -34° возможна в любой год), температура почвы на глубине узла кущения может понизиться до критической, что представляет большую опасность для зимующих растений.

Как видно из табл. 3.2.1, в начальный этап перезимовки 1996/97 г. бесснежный период был очень короткий и в это время не происходило значительных похолоданий. Очень короткий был также период со снежным покровом до 10 см, средняя температура воздуха за этот период составила $-10,5^{\circ}$, а минимальная температура опускалась до $-16,3^{\circ}$. При таком относительно небольшом и кратковременном понижении температуры воздуха, когда высота снежного покрова составляет 4-6 см, на глубине залегания узла кущения не происходит значительного охлаждения почвы, которое могло бы составлять опасность для зимующих растений. В первой декаде ноября 1996 г. выпали обильные осадки и в очень ранний срок образовался глубокий снежный покров (17-20 см), который защитил зимующие растения от вымерзания в очень сильные морозы во второй и третьей декадах ноября, когда температура понижалась до -27 , -33° . Таким образом, температурные условия и степень защиты снежным покровом в начальный этап перезимовки 1996/97 г. были благоприятны для озимой пшеницы на опытном участке.

В 1997/98 г. начальный этап перезимовки отличался следующими особенностями (табл. 3.2.1) В бесснежный период, который продолжался 22 дня, не было сильных морозов, которые могли бы повредить растения. Устойчивый снежный покров образовался в поздний срок и высота его была незначительной (8-9 см) Маломощный снежный покров сохранялся до конца ноября - в течение всей оставшейся части начального этапа

перезимовки. Сильное похолодание произошло в третьей декаде ноября: в течение восьми дней средняя суточная температура воздуха изменялась в пределах от $-21,1$ до $-33,7^{\circ}$, что оказало неблагоприятное влияние на перезимовку озимой пшеницы.

В соответствии с графиком зависимости минимальной температуры почвы на глубине узла кущения от температуры воздуха и высоты снежного покрова (Шульгин, 1962) при понижении температуры воздуха до -30 , -35° и маломощном снежном покрове (до 10 см) температура почвы на глубине узла кущения понижается до критической для озимой пшеницы (-16 , -18°), что приводит к повреждению узла кущения и гибели растений. Как уже указывалось, специальных систематических наблюдений на опытном участке за жизнеспособностью озимой пшеницы в период перезимовки не проводилось. И это не позволило точно установить время и степень повреждения растений морозами различной интенсивности с учетом высоты снежного покрова, уточнить применительно к новому сорту озимой пшеницы Заларинка показатели критической температуры на глубине узла кущения. При обследовании состояния опытных посевов в период весеннего отрастания озимой пшеницы в мае 1998 г. отмечена гибель растений от вымерзания на отдельных пятнах, небольших участках поля, приуроченных главным образом к микробугоркам, небольшим повышениям, которые слабее прикрываются снегом. Как показывают представленные данные, в 1997 г. во вторую половину начального этапа перезимовки, когда средняя высота снежного покрова на поле была ниже нормы и составляла 8-9 см, в период очень сильных морозов условия перезимовки озимой пшеницы были неблагоприятные и произошло вымерзание растений на отдельных участках поля.

Основной этап перезимовки

Основной этап перезимовки озимой пшеницы проходит в наиболее холодные зимние месяцы - декабрь (средняя месячная температура воздуха $-22,6^{\circ}$), январь ($-25,3^{\circ}$) и февраль ($-22,2^{\circ}$). По показателю средней температуры января зима в лесостепи Иркутской области характеризуется как умеренно суровая (Шашко, 1967). Средний из абсолютных минимумов температуры воздуха в январе достигает -44° (Справочник по климату

СССР, вып. 22, часть II, 1966). В годы полевых опытов на Заларинском стационаре отмечена наиболее низкая средняя суточная температура воздуха в декабре $-32,9^{\circ}$, в январе $-33,9^{\circ}$, в феврале $-26,3^{\circ}$.

Как показывает анализ режима температуры воздуха в период зимовки растений, в 1992-1998 гг. средняя температура зимних месяцев была выше климатической нормы. Так, в разные годы средняя температура декабря превышала норму на $0,9 \dots 5,1^{\circ}$ (в среднем на $2,9^{\circ}$). Исключение составляет 1994 г., когда средняя температура декабря была ниже нормы на $0,5^{\circ}$. В январе в большинстве лет средняя температура была выше нормы на $1,2 \dots 7,5^{\circ}$ (в среднем на $3,9^{\circ}$) и только в 1998 г. - ниже нормы на $0,9^{\circ}$. Февраль во все годы опытов был теплее нормы на $0,9 \dots 6,8^{\circ}$ (в среднем на $4,6^{\circ}$). Таким образом, в годы полевых опытов температурные условия в основной этап перезимовки отличались меньшей суровостью.

В основной период перезимовки, когда в течение длительного времени устанавливаются сильные морозы, особенно большое значение имеет характер укрытия посевов снегом, высота снежного покрова, играющего основную роль в защите узла кущения растений от вымерзания. В лесостепи Иркутской области в основной этап перезимовки посевы озимой пшеницы покрыты устойчивым снежным покровом. По многолетним данным средняя из максимальных декадных высот снежного покрова на Заларинском стационаре (данные метеостанции Залари) составляет 27 см, что по классификации Д.И.Шашко (1962) соответствует умеренно-снежной зиме (20-40 см). Однако высота снежного покрова в период перезимовки не остается постоянной, а по годам значительно изменяется.

В годы полевых опытов (1992-1998) большинство зим были умеренно-снежные, максимальная высота снежного покрова в основной этап перезимовки составляла 20-30 см, а в зимний период 1996/97 г. достигала 40-42 см. Как показывают наши опыты, в умеренно-снежные зимы покрытие опытных посевов снежным покровом 20-30 см и более при равномерном залегании снега на поле служит достаточной защитой озимой пшеницы Заларинка от вымерзания в сильные морозы.

Однако в 1995/96 г. зима была малоснежной и суровой - в декабре максимальная декадная высота снега составляла 7 см, в январе - 17 см, в

феврале - 19 см. При понижении средней суточной температуры воздуха в декабре до -25 , -27° , в январе до -34 , -38° и в феврале до -27 , -29° маломощный снежный покров не обеспечил защиту почвы на глубине узла кущения от охлаждения до критической температуры. Посевы озимой пшеницы на опытных участках и на значительной части производственных площадей стационара погибли вследствие вымерзания. Зимой 1997/98 г. высота снежного покрова была также несколько ниже нормы и на слабо защищенных снегом участках отмечалось вымерзание озимой пшеницы.

В табл. 3.2.2 представлены средние многолетние данные о метеорологических условиях в основной этап перезимовки озимой пшеницы на Заларинском стационаре и для сравнения приведены соответствующие показатели, характеризующие условия перезимовки в многоснежный (1996/97.) и малоснежный (1997/98.) годы. По средним многолетним данным в основной этап перезимовки устойчивый снежный покров, имеет высоту в декабре 15-19 см, в январе и феврале 20-26 см, а температура воздуха в среднем за весь этот этап составляет $-23,4^{\circ}$. Показатели температуры воздуха и высоты снежного покрова характеризуют исключительно суровые условия, в которых протекает перезимовка озимой пшеницы в лесостепи Иркутской области. Д.И.Шашко (1967), определяя условия, при которых обеспечивается перезимовка озимых указывал, что при температуре наиболее холодного месяца -22° и ниже только снежный покров высотой 40-60 см может защитить растения от вымерзания. Способность озимой пшеницы Заларинка переносить более суровые морозы (температура наиболее холодного месяца -25°) при меньшем укрытии снегом (25-30 см) служит показателем очень высокой морозоустойчивости нового сорта и хорошей его адаптированности к зимним условиям восточных районов Сибири.

В 1996/97 г. в основной этап перезимовки все зимние месяцы были умеренно холодные и многоснежные. В начале декабря высота снежного покрова составляла 20 см, но после обильных осадков к концу этого месяца увеличилась до 40 см и мало изменялась в январе и феврале. Во все зимние месяцы высота снежного покрова превышала многолетние показатели в 1,5 - 2 раза. Сильные морозы отмечались в конце декабря - начале января, когда средняя суточная температура воздуха понижалась до

-33, -38⁰. В последующем, в январе и феврале наиболее низкие температуры воздуха составляли -25, -28⁰.

Характеризуя температурные условия зимнего периода 1996/97 г. в целом следует отметить, что во все зимние месяцы средние декадные температуры были выше многолетних показателей. Как видно из табл. 3.2.2, средняя температура воздуха в основной этап перезимовки составила -19,1⁰, что выше средней многолетней. Благодаря повышенной мощности снежного покрова (30-40 см) даже в самые суровые морозы (-35, -38⁰) температура почвы на глубине узла кущения не понижалась ниже -10, -12⁰, что выше критической температуры для озимой пшеницы, при которой происходит повреждение узла кущения и гибель растений вследствие вымерзания. Таким образом, в основной этап перезимовки в 1996/97 г. метеорологические условия были благоприятны для озимой пшеницы.

В 1997/98 г. зима была малоснежная, очень холодная, и метеорологические условия, определяющие состояние зимующих растений, по разному складывались в различное время основного этапа перезимовки. Особенно неблагоприятные условия для зимующих растений были в декабре 1997 г., когда выпало очень мало осадков (46 % от нормы) и растения в течение 23 дней были покрыты маломощным снежным покровом (8-9 см). В первой и второй декаде декабря установились сильные морозы, средняя суточная температура понижалась до -25, -28⁰, В третьей декаде декабря выпали слабые осадки, но они существенно не изменили критическую обстановку в связи с недостаточной защитой растений от вымерзания, так как высота снежного покрова увеличилась всего на 1-2 см, Однако в третьей декаде декабря произошло дальнейшее понижение температуры и морозы достигли -31, -33⁰.

При маломощном снежном покрове (8-11 см) в период сильных декабрьских морозов (-28, -33⁰) согласно графику Шульгина температура почвы на глубине узла кущения (3 см) понижается до -15, -17⁰, что соответствует верхнему уровню критической температуры для озимой пшеницы. Однако на отдельных участках посевов, на которых высота снега обычно меньше (микробугорки, повышения), в период сильных морозов температура почвы на глубине узла кущения опускалась ниже критической, при которой происходит вымерзание растений.

Таблица 3.2.2

Метеорологические условия в основной этап перезимовки озимой пшеницы на Заларинском стационаре (декабрь, январь, февраль)

Показатели	Среднее многолетнее	Многоснежный 1996/97 г	Малоснежный 1997/98 г
Снежный покров до 10 см			
Число дней	нет	нет	23
Средняя температура, °С	-	-	-19,9
Минимальная температура, °С	-	-	-28,7
Снежный покров 10 см и выше			
Начало образования	-	-	24.XII
Число дней	90	90	67
из них снежный покров высотой 20 см и более	59	90	50
Средняя температура, °С	-23,4	-19,1	-21,7
Минимальная температура, °С	-46*	-38,6	-39,2

* Средний из абсолютных минимумов температуры воздуха

В январе 1998 г. морозы усилились, особенно холодной была вторая декада, средняя температура которой составила $-32,9^{\circ}$, что на $7,2^{\circ}$ ниже средней многолетней. Наиболее низкие температуры достигали -38 , -39° . Средняя температура января 1998 г. была $-26,2^{\circ}$, что ниже климатической нормы ($-25,3^{\circ}$). Однако массового вымерзания посевов не произошло, так как в начале января выпали обильные осадки, количество которых в 3,6 раза превысило норму, и высота снежного покрова возросла до 20-27 см. Увеличение мощности снежного покрова значительно повысило его теплозащитные свойства, предоохранило озимую пшеницу от вымерзания даже в самые суровые морозы. В соответствии с графиком Шульгина, под защитой снежного покрова высотой 20-25 см в наиболее сильные январские морозы температура почвы на глубине узла кущения не

понижается ниже 13-15⁰, что превышает критическую температуру для озимой пшеницы и не угрожает ее жизнеспособности. Рассмотренные выше данные показывают, что в основной этап перезимовки 1997/98 г. наиболее неблагоприятные условия для зимующих растений складывались в декабре, когда при небольшой высоте снежного покрова на возвышенных участках микрорельефа, слабо прикрытых снегом, в очень сильные морозы произошло вымерзание посевов. Весной после возобновления вегетации на опытных посевах наблюдалось мозаичное распределение пятен с погибшими или поврежденными растениями.

Завершающий этап перезимовки

Завершающий этап перезимовки имеет сравнительно небольшую продолжительность и включает календарные весенние месяцы март и, частично, апрель. Окончанием зимнего периода служит устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 0⁰ в сторону положительных значений, который по средним многолетним данным приходится на 16.IV.

В завершающий этап перезимовки значительно возрастает интенсивность и продолжительность солнечной радиации, нарастает приток тепла, особенно в дневные часы, происходит разрушение снежного покрова и освобождение полей от снега, повышается активность жизненных процессов у зимующих растений. Однако в этот период в зависимости от особенностей развития синоптических процессов наблюдаются также возвраты холодов, снегопады различной интенсивности, резкие скачкообразные понижения температуры, которые могут наносить повреждения растениям, не защищенным снежным покровом, у которых значительно снижается морозостойкость к концу перезимовки.

Температурные условия и динамика снежного покрова в завершающий этап перезимовки по средним многолетним данным характеризуются следующими особенностями. В первой декаде марта, когда нарастает приток солнечной радиации, но еще устойчиво удерживается отрицательная средняя суточная температура воздуха, в дневные часы температура повышается до 0⁰, или даже принимает положительный знак, и начинает интенсивно развиваться процесс

испарения (сублимации) снега. В результате сублимации снега и его оседания высота снежного покрова начинает уменьшаться, что и отмечается как начало разрушения (схода) снега. По многолетним данным в районе Заларинского стационара самая ранняя дата начала разрушения снежного покрова 11.III. Однако выпадающие в это время осадки, или усиление морозов, замедляют процесс схода снега или могут даже привести к некоторому увеличению его высоты.

А.К.Дюнин (1961), исследуя сублимацию снега в условиях лабораторных экспериментов и полевых опытов в Западной Сибири, установил, что процесс испарения снега происходит как при положительной, так и при отрицательной температуре воздуха. Но особенно усиливается сублимация снега при повышении солнечной инсоляции, увеличении притока тепла к поверхности снега, возрастании дефицита влажности воздуха, в ветреную погоду, при метельном переносе снега.

Как показывают многолетние данные (Агроклиматический справочник..., 1962), во второй декаде марта происходит дальнейшее повышение температурного режима, однако в связи со значительными понижениями температуры в ночное время сохраняется отрицательный фон средних суточных температур. В дневные часы, особенно в солнечные дни, которых в марте бывает много, температура воздуха в полуденное время повышается до +5, +10⁰. По наблюдениям метеостанции Залари в дневные часы максимальная температура на поверхности снега повышается до +1, +3⁰ и происходит таяние снега. При снеготаянии изменяется структура снега, происходит его оседание, уплотнение, быстро уменьшается высота снежного покрова, значительно ухудшается его теплоизолирующий эффект.

В третьей декаде марта в связи с дальнейшим увеличением притока тепла интенсивность снеготаяния возрастает, в снежном покрове образуются многочисленные проталины. На участках поля, освободившихся от снега, начинается оттаивание поверхностного слоя почвы. Однако в ночное время, когда еще удерживаются отрицательные температуры, поверхностный слой почвы вновь промерзает.

В табл. 3.2.3 приведены средние многолетние данные о температурном режиме и динамике схода снежного покрова в

завершающий этап перезимовки озимой пшеницы на Заларинском стационаре, а также показатели, характеризующие метеорологические условия при выходе опытных растений из зимовки в многоснежный (1996/97) и малоснежный (1997/98) годы.

По многолетним данным средняя дата схода снежного покрова 2.IV. Однако в зависимости от температурных условий марта и высоты снежного покрова продолжительность периода снеготаяния, сроки его начала и окончания могут значительно изменяться. В период наших опытов (1992-1998 гг.) снеготаяние в большинстве лет заканчивалось раньше среднего срока - в третьей декаде марта, и только в 1995 г - 3.IV, в срок, соответствующий средней многолетней дате.

Характерная особенность завершающего этапа перезимовки озимой пшеницы в лесостепи Иркутской области - сход снежного покрова до перехода средней суточной температуры через 0° (то есть до окончания зимнего периода). Средняя продолжительность бесснежного периода в конце перезимовки, когда посевы не защищены снежным покровом от повреждения отрицательными температурами, составляет 13 дней. По многолетним данным средняя температура в бесснежный период $-2,5^{\circ}$, что не представляет большой опасности для озимой пшеницы в конце перезимовки. Однако во время возврата холодов, которые нередко наблюдаются в апреле и обусловлены вторжением холодного арктического воздуха, при похолоданиях до -10 , -15° ослабленные после перезимовки растения могут получить значительные повреждения. Нельзя также исключить в отдельные годы и очень сильных похолоданий (абсолютный минимум температуры в апреле в Залари составляет -18°), которые могут привести к гибели растений от вымерзания.

В многоснежную зиму 1996/97 г. завершающий этап перезимовки (март-апрель) по метеорологическим условиям был очень благоприятный для озимой пшеницы. По температурному режиму март 1997 г. был значительно теплее нормы: средняя месячная температура составила $-6,2^{\circ}$, что на 7° выше нормы. Очень теплые дни со средней суточной температурой лишь немного ниже 0° (-2 , -3°) отмечались в первой и второй декадах марта, а в отдельные дни третьей декады средняя суточная температура повышалась до $+1,6$, $+2,2^{\circ}$. В дневные часы во многие дни марта на поверхности снега была положительная температура, в третьей

декаде марта, когда наиболее интенсивно проходило снеготаяние, средняя температура воздуха за декаду составила $-2,7^{\circ}$ (табл.3.2.3).

Таблица 3.2.3

Метеорологические условия в завершающий этап перезимовки озимой пшеницы на Заларинском стационаре (март, апрель)

Показатели	Среднее многолетнее	Многоснежный 1996/97 г	Малоснежный 1997/98 г
Число дней со снежным покровом	31	26	22
из них			
высотой 10 см и более	31	26	22
высотой 20 см и более	31	23	9
Дата схода снежного покрова	2.IV	26.III	22.III
Средняя температура в период схода снега (3-я декада марта) $^{\circ}\text{C}$	-9,4	-2,7	-6,0
Дата перехода температуры через 0°	16.IV	2.IV	2.IV
Число дней без снежного покрова	13	6	10
Средняя температура в бесснежный период	-2,5	-2,3	-4,7
Минимальная температура в бесснежный период, $^{\circ}\text{C}$	-18*	-6,8	-10,2

* Средний из абсолютных минимумов температуры в апреле

Количество осадков в марте 1997 г. в два раза превысило норму. Выпавшие в первой декаде марта обильные осадки не только восполнили расход снега, который происходил в результате сублимации и таяния, но даже несколько увеличили высоту снежного покрова. В среднем в первой декаде марта высота снежного покрова составила 42 см, что в 1,8 раза превышает многолетний показатель. Однако уже к концу второй декады марта в результате интенсивного снеготаяния и сублимации снега высота снежного покрова уменьшилась вдвое, а к середине третьей декады (26.III) снег с полей сошел полностью.

В многоснежную зиму 1996/97 г. к началу снеготаяния в снежном покрове содержались очень высокие запасы воды - около 100 мм, что почти вдвое превышает их среднюю многолетнюю величину. Однако в связи с тем, что снеготаяние в лесостепи Иркутской области проходит в период, когда почва находится в мерзлом состоянии, образующиеся талые воды не впитываются в почву, а стекают по уклону поверхности в понижения рельефа. При стоке талых вод по поверхностному слою, оттаявшему до глубины 3-5 см, ниже которого залегает мерзлота, развивается эрозия в виде плоскостного смыва и струйчатых размывов почвы. В марте 1997 г. эрозия почвы при стоке большого количества талых вод нанесла значительный ущерб опытным посевам озимой пшеницы, которые располагались на склоне. В местах струйчатых размывов у растений обнажался узел кущения, была смыта почва, покрывающая узловые корни, что и привело к гибели растений. Участки опытных и производственных посевов, наиболее сильно пострадавшие от размыва почвы талыми водами на склоне, в последующем были распаханы. Как показали наблюдения на полях Заларинского стационара, расположенных на ровной водораздельной поверхности увала, обильные талые воды весной 1997 г. здесь заметного ущерба посевам озимой пшеницы не нанесли.

После полного схода снежного покрова и до перехода температуры через 0° бесснежный период в 1997 г. был очень непродолжительный и без резких и значительных понижений температуры (табл. 3.2.3).. Таким образом, метеорологические условия в завершающий этап перезимовки в 1997 г. были благоприятны для озимой пшеницы.

В малоснежную и суровую зиму 1997/98 г. завершающий этап перезимовки характеризовался следующими особенностями. Сильные зимние морозы в последней декаде февраля сменились резким потеплением, которое продолжалось и в первой декаде марта. Средняя температура в этой декаде составила $-8,9^{\circ}$, что на 8° выше нормы. По температурному режиму первая декада марта 1998 г. была самая теплая за все годы полевых опытов на Заларинском стационаре: слабые ночные морозы в дневное время сменялись положительными температурами воздуха (до $+5$, $+7^{\circ}$). Происходило быстрое разрушение снежного покрова и к концу декады высота снежного покрова снизилась с 16 до 8 см.

В середине второй декады марта в связи с вторжением холодного арктического воздуха произошло похолодание, выпал небольшой снег и темпы снеготаяния замедлились. В период наиболее сильного похолодания морозы достигали -16 , -22° , но они были кратковременные, а растения находились под покровом небольшого снежного покрова, что и обеспечило их защиту от повреждения.

В третьей декаде марта похолодание сменилось потеплением, при средних суточных температурах -3 , -8° ночные температуры не опускались ниже -5 , -10° , а в дневное время воздух прогревался до $+8$, $+12^{\circ}$. Полный сход снежного покрова произошел в ранние сроки - 22.III. В связи с малыми запасами воды в снеге в начале схода снежного покрова (40 мм), интенсивной сублимацией и замедленными темпами снеготаяния, значительного стока талых вод на полях стационара не происходило.

В 1998 г. в заключительный этап перезимовки бесснежный период имел продолжительность 10 дней (табл. 3.2.3). В этот период не происходило резких изменений температурного режима, средние суточные температуры колебались в пределах от $-2,4$ до $-8,8^{\circ}$ и только в один из дней (29.III) отмечено понижение температуры до $-10,2^{\circ}$, что не представляет большой опасности для озимой пшеницы во время выхода из перезимовки. Средняя температура воздуха в бесснежный период составила $-4,7^{\circ}$. Как видно из представленных данных, метеорологические условия в завершающий этап перезимовки в 1998 г. были благоприятные для озимой пшеницы.

В заключение отметим агроклиматические особенности, которые определяют условия перезимовки озимой пшеницы в Иркутской лесостепи.

1. В связи с холодной продолжительной зимой у озимой пшеницы в Иркутской области период перезимовки, который проходит при температуре ниже 0° , очень длительный и составляет в среднем 181 день (Справочник по климату СССР, вып. 22, ч. II, 1968), что намного превышает соответствующий показатель у озимой пшеницы в центральных и южных районах Нечерноземья (150-160 дней). Из длительной перезимовки в Иркутской лесостепи растения озимой пшеницы выходят сильно ослабленными, утратившими значительную часть листовой массы.

2. В Иркутской лесостепи в период перезимовки озимой пшеницы продолжительность укрытия растений снежным покровом составляет в среднем 160 дней, с колебаниями по почвенным округам от 154 до 172 дней. Растения бывают не защищены снегом в начальный этап перезимовки, когда поздно образуется снежный покров, а также в конце перезимовки, при раннем сходе снега. Общая продолжительность бесснежного периода во время перезимовки озимой пшеницы составляет в среднем 25-35 дней и по годам может значительно изменяться.

3. В начальный этап перезимовки (октябрь-ноябрь) бесснежный период менее опасен для зимующих растений, так как в это время обычно не бывает сильных морозов, а растения имеют хорошую закалку к низким температурам. В конечный этап перезимовки (март-апрель) для незащищенных снегом растений большую опасность представляет возврат сильных холодов, которые бывают при вторжениях арктического воздуха. Сильные морозы могут нанести повреждения растениям, которые к этому времени уже в значительной степени утрачивают закалку, а в некоторых случаях даже служить и причиной их гибели.

4. Перезимовка озимой пшеницы Заларинка проходит при очень низких температурах воздуха в зимние месяцы (среднесуточные температуры понижаются до -35 , -39°) и средней глубине покрывающего растения снежного покрова (25-35 см), что свидетельствует об очень высокой морозоустойчивости нового сорта озимой пшеницы.

5. Наибольшую опасность для озимой пшеницы в Иркутской лесостепи имеют зимы с маломощным снежным покровом, не обеспечивающим защиту растений от вымерзания. В период наших полевых опытов зимой 1994/95 г. снега выпало намного меньше нормы: в декабре высота снежного покрова составляла 7 см, в январе - 17 см. При среднемесячной температуре января $-21,3^{\circ}$ и морозах в отдельные дни, достигавших -31 , -38° , произошла гибель посевов озимой пшеницы от вымерзания.

6. Показателем региональных условий перезимовки озимой пшеницы служит повторяемость зим с различной высотой снежного покрова. Согласно данным справочника по климату СССР (вып. 22, ч. IV, 1968) в центральных районах Иркутской лесостепи бывает 26% малоснежных зим, когда высота снежного покрова составляет 11-20 см,

что не обеспечивает на всей площади посева надежную защиту озимой пшеницы от вымерзания. Вместе с тем следует отметить, что в Заларинско-Тулунском почвенном округе крайне редко (повторяемость 3%), но бывают также очень малоснежные зимы (высота снежного покрова менее 10 см), в которых неизбежна гибель зимующих растений озимой пшеницы от вымерзания.

7. В целях создания глубокого снежного покрова, надежно защищающего озимую пшеницу от вымерзания в период перезимовки, хорошие результаты дает прием задержания снега с помощью кулисных растений. На Заларинском стационаре СИФИБР В.Н.Дорофеевым и А.А.Пешковой разработана высокоэффективная технология создания в посевах озимой пшеницы кулис из редьки масличной. Опытная проверка показала, что в малоснежную зиму 1995/96 г., когда на Заларинском стационаре посева озимой пшеницы погибли от вымерзания, на участке поля, где были кулисы из редьки масличной, благодаря образованию глубокого снежного покрова (30-50 см) посева озимой пшеницы полностью сохранились.

8. В связи с постоянством зимнего режима погоды, устойчивым снежным покровом, который ложится на замерзшую почву, в Иркутской лесостепи озимая пшеница во время перезимовки не подвергается воздействию таких неблагоприятных факторов внешней среды как вымокание посевов, выпревание, губительное воздействие ледяных корок, выпирание узла кущения и корневой системы у растений, что наносит большой вред зимующим растениям озимой пшеницы в Нечерноземье.

3. ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ

С переходом температуры через 0° завершается период перезимовки озимой пшеницы, активизируются жизненные процессы и начинается пробуждение растений после зимнего покоя, возобновляется вегетация, происходит рост и развитие вегетативных и генеративных органов. По многолетним данным метеостанции Залари переход средней суточной температуры через 0° происходит 16.IV. Средняя температура второй декады апреля близка к нулю ($-0,1^{\circ}$), третьей декады - $+2,9^{\circ}$. И только в

первой декаде мая средняя температура повышается до $5,6^{\circ}$, достигая уровня эффективных температур. Переход температуры через 5° , когда создаются благоприятные условия для активной вегетации растений, по средним многолетним данным приходится на 2.V.

В весенне-летний период у озимой пшеницы возобновляется рост вегетативных органов (корней, стебля, листьев), продолжается процесс кущения, происходит формирование генеративных органов (колоса, цветков, зерновок). Завершается жизненный цикл (онтогенез) созревaniem зерна и уборкой урожая. В весенне-летний период вегетации у озимой пшеницы выделяются следующие фенологические фазы: весеннее возобновление вегетации; кущение; выход в трубку; колошение; созревание зерна. Результаты фенологических наблюдений в опытах с озимой пшеницей Заларинка в весенне-летний период вегетации представлены на рис. 3.3.1 (календарь фенологических фаз).

В период вегетации на разных этапах развития растения предъявляют различные требования к условиям внешней среды и от степени обеспечения этих требований зависит время наступления фаз, их продолжительность и интенсивность прохождения. Ниже, для характеристики влияния факторов внешней среды на рост и развитие озимой пшеницы в весенне-летний период, при описании фенологических фаз приводятся также сведения о суммах тепла, средних температурах и количестве осадков в рассматриваемые периоды.

Весеннее возобновление вегетации - выход в трубку

Как известно, в агроклиматологии дата устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 5° в весеннее время принимается за начало активной вегетации озимых культур. От этой даты производится отсчет суммы эффективных температур, которая служит показателем обеспеченности растений теплом и характеризует условия их развития. Как указывалось выше, по многолетним данным метеостанции Залари средняя дата перехода температуры через 5° приходится на 2.V. Однако наши наблюдения в годы полевых опытов на Заларинском стационаре показали, что в большинстве лет возобновление вегетации опытных растений происходило в более ранние сроки - в третьей декаде

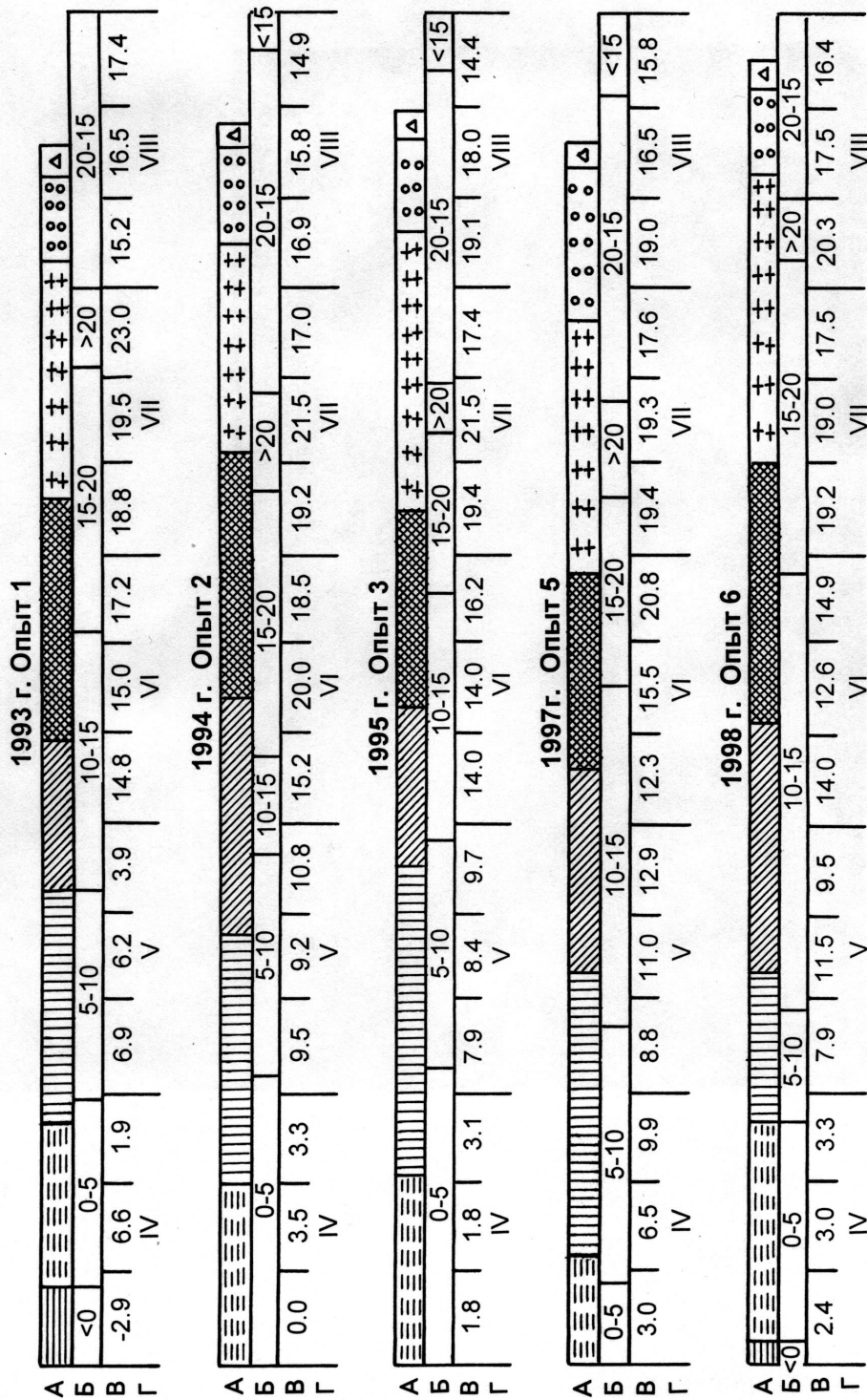


Рис.3.3.1. Фенологические фазы озимой пшеницы Заларка и температура воздуха в весенне-летний период вегетации
 А. Фенологические фазы: 1 – зимний покой, 2 – пробуждение почек, 3 – возобновление вегетации, 4 – кушение, 5 – трубкование, 6 – колошение, 7 – восковая спелость, 8 – уборка
 Б. Градиент температуры ($^{\circ}\text{C}$). В. Среднедекадная температура ($^{\circ}\text{C}$). Г. Месяцы

апреля, а в 1997 г. (опыт 5) в начале второй декады апреля в связи с очень ранним наступлением весны (рис. 3.3.1).

В табл. 3.3.1 приведены календарные даты наступления фенологических фаз у озимой пшеницы Заларинка в весенне-летнее время во все годы полевых опытов на стационаре (1992-1998), сведения о длительности межфазных периодов и продолжительности весенне-летнего периода вегетации. Следует отметить, что в эту таблицу (и во все последующие) не включен 1996 г. (опыт 4), в котором в период перезимовки при недостаточной защите растений маломощным снежным покровом произошла полная гибель опытных растений от вымерзания и деланки весной 1996 г. были распаханы.

Таблица 3.3.1

Фенологические фазы развития озимой пшеницы Заларинка в
весенне-летний период вегетации

Фазы развития	Год, № опыта					Среднее
	1993 1	1994 2	1995 3	1997 5	1998 6	
Дата наступления фазы						
Возобновление вегетации	27.IV	20.IV	22.IV	11.IV	27.IV	21.IV
Выход в трубку	8.VI	14.VI	13.VI	7.VI	11.VI	11.VI
Колошение	6.VII	11.VII	4.VII	29.VI	10.VII	6.VII
Восковая спелость	2.VIII	4.VIII	6.VIII	26.VII	13.VIII	4.VIII
Длительность межфазных периодов, дни						
Возобновление вегетации- выход в трубку	42	55	52	57	45	50
Выход в трубку-колошение	28	27	21	22	29	25
Колошение-восковая спелость	27	24	33	27	34	29
Длительность весенне-летнего периода вегетации, дни						
Возобновление вегетации- восковая спелость	97	106	106	106	108	105

Начальный период возобновления вегетации характеризуется неустойчивой погодой, значительными колебаниями температуры. В третьей декаде апреля, когда начинается отрастание озимой пшеницы, средняя температура в годы полевых опытов составила $4,4^{\circ}$. Как видно на рис. 3.3.1, более высокая температура наблюдалась в 1997 г. во второй декаде апреля ($6,5^{\circ}$), когда в связи с ранним потеплением началась активная вегетация озимой пшеницы, и в третьей декаде апреля ($9,9^{\circ}$). Во всех опытах в мае отмечается быстрый рост температуры и условия вегетации растений значительно улучшаются. В среднем за 5 лет температура в первой декаде мая составила $8,2^{\circ}$, а во второй $9,3^{\circ}$. Однако в первой половине мая нередко похолодания, при которых происходит понижение средней суточной температуры воздуха до $2...4^{\circ}$, на поверхности почвы часто наблюдаются заморозки силой до $-7, -10^{\circ}$, что снижает темпы роста и развития растений, вызывает удлинение периода возобновления вегетации - выход в трубку.

Как показывают обследования состояния посевов озимой пшеницы, в период возобновления вегетации растения из перезимовки выходят ослабленные, наблюдаются выпадения растений, что приводит к изреживанию посевов. В зимний период у большинства растений, даже хорошо защищенных снежным покровом, листья повреждаются сильными морозами и после схода снега приобретают бурый цвет и засыхают. Однако у таких растений сохраняется неповрежденный узел кущения и они начинают отрастать, дают молодые зеленые листья. Сохранившиеся старые листья, а также еще не развернувшиеся осенью листочки, в начале вегетации выпрямляются, начинают удлиняться и в нижней их части появляется свежая зелень.

У сильно поврежденных и погибших от вымерзания растений после схода снега и оттаивания поверхностного слоя почвы ткани подземной части стебля и узел кущения вялые, имеют желто-бурый цвет и вскоре чернеют и полностью отмирают. После малоснежных зим сильно поврежденные и погибшие растения выделяются на фоне зеленеющих посевов в виде темных пятен на тех участках поля, где зимой происходил снос снега ветром и растения были недостаточно защищены от сильных морозов. Как показали наблюдения, на таких пятнах поврежденные в зимовку растения слабее отрастают весной и отстают в росте и развитии в последующее время. Наблюдается также некоторая изреженность посевов

в рядках - погибают слабо развитые с осени растения, которые особенно чувствительны к сильным морозам. Как показывает учет густоты посева на опытных участках в период весеннего возобновления вегетации, потери в зимний период от вымерзания составляют в среднем 14-16% от числа растений, насчитывавшихся на делянках перед уходом в зиму. Наибольшие потери в посевах - 24% - отмечались весной 1995 г. после малоснежной зимы.

В мае в связи с улучшением температурных условий темпы нарастания вегетативной массы увеличиваются, и во второй-третьей декадах мая и в первой декаде июня происходит весеннее кущение озимой пшеницы (см. рис. 3.3.1). Как показывают наблюдения, во второй декаде мая высота растений достигает 10-15 см, у них отрастает 4-5 листьев. В весенний период происходит рост и дифференциация конуса нарастания, который находится непосредственно над узлом кущения каждого побега, образуются сегменты колосового стержня, а впоследствии - и колосков, что соответствует III фазе органогенеза (Куперман, 1973). При длительном прохождении растением III фазы органогенеза закладывается больше колосков - элементов структуры колоса, определяющих потенциальную продуктивность растения.

В результате образования новых боковых побегов кустистость озимой пшеницы увеличивается. Так, если перед уходом в перезимовку растения обычно имеют 1-2 (3) стебля, то к началу выхода в трубку у растений содержится 3-4 стебля, и даже 5 стеблей, как это наблюдалось в опыте 1. Однако поздно образовавшиеся весной побеги кущения в последующий период вегетации заметно отстают в своем развитии от основных побегов, некоторые из них не образуют полноценных колосьев, а часть побегов редуцируется (отмирает).

Как видно из табл. 3.3.1, межфазный период возобновление вегетации - выход в трубку отличается большой длительностью (в среднем 50 дней) и значительными колебаниями по годам в связи с изменениями гидротермических условий. По сравнению с южными районами Нечерноземной полосы период от возобновления вегетации до начала трубкования у озимой пшеницы в лесостепи Иркутской области имеет большую продолжительность. Это обусловлено тем, что растениям, не сохранившим после перезимовки листья, в весенний период требуется больше времени для восстановления вегетативной сферы, отрастания

новых 4-5 листьев, необходимых для перехода растений в фазу трубкования

Таблица 3.3.2

Температурные условия в весенне - летний период вегетации
озимой пшеницы Заларинка

Межфазный период развития	Год, № опыта					Среднее
	1993 1	1994 2	1995 3	1997 5	1998 6	
Сумма средних суточных температур воздуха, °С						
Возобновление вегетации - выход в трубку	406	554	469	585	470	497
Выход в трубку - колошение	445	518	342	378	448	426
Колошение - восковая спелость	578	452	646	506	638	564
Возобновление вегетации- восковая спелость	1429	1524	1457	1469	1556	1487
Средняя суточная температура воздуха, °С						
Возобновление вегетации - выход в трубку	9,7	10,1	9,0	10,3	10,4	9,7
Выход в трубку - колошение	15,9	19,2	16,3	17,2	15,4	17,0
Колошение - восковая спелость	21,4	18,8	19,6	18,7	18,8	19,4
Возобновление вегетации- восковая спелость	14,7	14,4	13,7	13,9	14,4	14,3

Данные о суммах средних суточных температур воздуха в межфазные периоды развития опытных растений озимой пшеницы в весенне-летний период вегетации и показатели средних температур представлены в табл. 3.3.2. Сумма температур за период от начала вегетации до выхода растений в трубку в среднем за 5 лет составляет 497⁰ и по годам характеризуется значительными колебаниями. Наиболее высокие суммы температур наблюдаются в годы с повышенным в мае температурным режимом и более длительным весенним периодом вегетации (1994 и 1997 гг.). Средняя за 5 лет температура в

рассматриваемый период 9,7⁰. Следует отметить, что если представленные выше показатели суммы температур за период возобновление вегетации-выход в трубку и длительность этого периода значительно (в 1,4 раза) превышают соответствующие показатели в Нечерноземной полосе, содержащиеся в работе М.Ф.Стихина и П.В.Денисова (1977), то средняя температура за этот период в лесостепи Иркутской области и в Нечерноземье различается мало (соответственно, 9,7 и 9,4⁰).

Данные о количестве осадков в весенне-летний период вегетации озимой пшеницы на Заларинском стационаре представлены в табл. 3.3.3. В лесостепи Иркутской области в связи с континентальным климатом весной выпадает небольшое количество осадков. По многолетним наблюдениям метеостанции Залари сумма осадков за апрель, май и первую декаду июня, что примерно соответствует периоду от возобновления вегетации до выхода растений в трубку, составляет 52 мм, или 16 % от годовой суммы. Как видно из табл. 3.3.3, в наших опытах в среднем за 5 лет сумма осадков в этот период соответствует многолетней норме. Однако по годам осадки

Таблица 3.3.3

Сумма осадков (мм) по фазам развития озимой пшеницы

Заларинка в весенне-летний период вегетации

Межфазный период развития	Год, № опыта					Среднее
	1993 1	1994 2	1995 3	1997 5	1998 6	
Возобновление вегетации - выход в трубку	16	60	103	53	34	53
Выход в трубку - колошение	45	103	15	22	73	52
Колошение - восковая спелость	2	41	48	32	74	39
Возобновление вегетации- восковая спелость	63	204	166	107	181	144

выпадали очень неравномерно: в 1993 и 1998 годах начальный период вегетации был засушливый - осадков выпало значительно меньше нормы (30 и 64 % соответственно), а в 1995 г. этот период отличался повышенным увлажнением (количество осадков в 2 раза превышало норму). При недостаточном количестве осадков снижается влажность

пахотного слоя почвы, ухудшаются условия роста в начальный период вегетации, задерживается развитие растений. Однако озимая пшеница меньше чем яровая страдает от недостатка влаги в пахотном слое в весенний период, так как у нее корневая система начинает развиваться осенью, корни глубоко проникают в почву и весной при недостаточных влагозапасах в пахотном слое снабжение растения влагой происходит за счет влаги, содержащейся в более глубоких слоях почвы.

Выход в трубку-колошение

В фазу выхода в трубку у озимой пшеницы начинается рост стебля, происходит удлинение нижнего междоузлия соломины, расположенного в почве над узлом кущения, Показателем вступления растения в фазу выхода в трубку служит появление над поверхностью почвы нижнего узла соломины. Почти одновременно с ростом подземного междоузлия начинается рост первого надземного междоузлия, после его приостановки происходит рост второго междоузлия, а в последующем и расположенных выше междоузлий стебля. Вместе с ростом стебля происходит интенсивный рост листьев разных ярусов, коррелятивно связанный с ростом одноименных междоузлий.

При переходе от кущения к фазе выхода в трубку наряду с ростом вегетативной массы начинается формирование органов плодоношения - растение переходит от вегетативного к генеративному развитию (IV этап органогенеза). На этом этапе на сегментах конуса нарастания происходит закладка колосковых бугорков. На последующих этапах органогенеза (V-VII), которые растение проходит в период своего развития от начала трубкования до колошения, происходит формирование и развитие элементов генеративной сферы - цветков в колосках, пыльников и пестика, половых клеток, происходит также рост в длину члеников колосового стержня и покровных органов цветка. К концу VII этапа в основном завершается формирование органов плодоношения.

Длительность периода трубкование - колошение по данным полевых опытов за 5 лет в среднем составляет 25 дней (см. табл. 3.3.1), колебания по годам небольшие и в основном обусловлены изменениями температуры. Календарно период от выхода в трубку до начала колошения приходится на вторую-третью декаду июня и на первую декаду июля,

когда происходит повышение температурного режима (см. рис. 3.3.1). Сумма температур за рассматриваемый период в среднем составляет 426° , а средняя температура 17° (см. табл. 3.3.2). Сравнение этих показателей, полученных в лесостепи Иркутской области, с имеющимися в литературе соответствующими данными по Нечерноземью (Стихин, Денисов, 1977) показывает, что значительных различий в длительности рассматриваемого межфазного периода и в суммах температур между этими регионами нет (длительность периода, соответственно, 25 и 29 дней, сумма температур 426 и 419°). Однако эти сравнительно небольшие различия все же отражаются на средней температуре межфазного периода - она выше в лесостепи Иркутской области на 2° и составляет 17° .

Таблица 3.3.4

Гидротермический коэффициент в летний период вегетации
озимой пшеницы на Заларинском стационаре

Год	Месяц		
	VI	VII	VIII
1993	0,7	0,2	1,5
1994	1,2	1,5	1,7
1995	0,6	0,8	1,5
1997	1,1	0,6	1,3
1998	0,9	1,5	1,1
Среднее многолетнее (климатическая норма)	1,3	1,4	1,4

В период трубкования - колошения, когда происходит интенсивный рост надземной массы, образование и развитие генеративных органов, растения проявляют высокую потребность в бесперебойном снабжении влагой и по отношению к недостатку влаги этот период у растений является критическим (Сказкин, 1971). Как видно из табл. 3.3.3, на опытном участке в среднем за 5 лет сумма осадков в рассматриваемый период составила 52 мм, что несколько ниже многолетней нормы (66 мм). Сравнение данных о сумме осадков в лесостепи Иркутской области в

период трубкования-колошения с имеющимися в литературе соответствующими сведениями по Нечерноземью (Стихин, Денисов, 1977) показывает, что по количеству осадков в указанный период значительных различий между этими регионами нет.

Как видно из табл. 3.3.3, по годам отмечается большая изменчивость в выпадении осадков в период трубкование-колошение: в 1993, 1995 и 1997 годах количество осадков было меньше средней их суммы, а в 1994 и 1998 годах - превышало этот показатель в 1,5-2 раза. При недостаточном и нерегулярном выпадении осадков происходит снижение запасов продуктивной влаги в почве, ухудшаются условия влагоснабжения растений в критический период, что оказывает неблагоприятное влияние на рост вегетативных и генеративных органов, снижает продуктивность растений.

Однако, влажность почвы и условия увлажнения растений в различные периоды вегетации зависят не только от количества выпадающих осадков, но также и от температурного режима. Показателем, характеризующим условия увлажнения в летний период вегетации (июнь, июль, август) в зависимости от суммы температур выше 10° и количества осадков служит гидротермический коэффициент (Селянинов, 1955). Как видно из табл. 3.3.4, в июне, на который приходится основная часть межфазного периода трубкование-колошение, в 1993 и 1995 гг. гидротермический коэффициент был значительно ниже нормы, что характеризует условия увлажнения как засушливые. В июле в большинстве лет также отмечался недостаток осадков. Но особенно неблагоприятным по условиям увлажнения для озимой пшеницы был летний период 1993 г. В связи с сильной и продолжительной засухой в фазы трубкования, колошения и цветения в 1993 г. ускорились темпы развития растений, сформировался низкорослый стеблестой с мелким колосом и щуплым зерном..

Колошение - восковая спелость

Межфазный период колошение–восковая спелость, когда заканчивается образование всех органов колоса и происходит формирование и созревание зерна, является завершающим в жизненном цикле озимой пшеницы. Этот период включает фенологические фазы

колошения, цветения, формирования зерна, его налива и созревания, что соответствует VIII - XII этапам органогенеза по Ф.М.Куперман (1977)

Показателем начала фазы колошения служит выдвижение колоса из влагалища верхнего листа. В фазу колошения продолжается рост самого верхнего междоузлия, растение достигает наибольшей высоты, несколько увеличивается и суммарная площадь листьев. По высоте и состоянию растений в фазу колошения можно судить о будущем урожае озимой пшеницы, так как рост растений и их габитус отражают условия, в которых проходило развитие растений в предыдущие фазы (температурный режим, увлажнение, минеральное питание). Как показывают наблюдения на опытных делянках, в период колошения проявляются различия в высоте растений по вариантам опыта с различным уровнем минерального питания. Растения, получившие дополнительное азотное питание, особенно при внесении азота в составе полного удобрения, выделяются по высоте и лучшему развитию вегетативной массы, у них формируется и более крупный колос.

В полевых опытах на Заларинском стационаре (1992-1998 гг.) средняя дата начала фазы колошения приходится на 6.VII, наиболее раннее колошение отмечено 29.VI, наиболее позднее - 11.VII (см. рис. 3.3.1 и табл. 3.3.1). При благоприятных погодных условиях выколашивание на главном побеге происходит в течение 1-2-х дней, на боковых побегах - на 2-3 дня позже. У отстающих в развитии растений колошение может проходить с задержкой на 5-6 дней. Такое растянутое во времени колошение приводит к неблагоприятным последствиям - к неоднородности в созревании зерна на поле.

Цветение у озимой пшеницы наступает вскоре после колошения (на 2-3-й день). Однако при повышенном температурном режиме и недостаточном увлажнении разрыв между началом колошения и цветением может не наблюдаться. Это отмечалось в большинстве наших опытов, и в таких случаях фенологическая фаза именовалась как колошение-цветение. В нормальную погоду колос отцветает в 3-5 дней, а цветение всего поля длится 6-7 дней (Носатовский, 1965). В фазу цветения (IX этап органогенеза) происходит опыление и оплодотворение озимой пшеницы..

После оплодотворения семязачатка происходит формирование и развитие органов зародыша, образование эндосперма (X этап органогенеза) При благоприятных погодных условиях и хорошем обеспечении формирующегося зерна пластическими веществами, поступающими из листьев и стебля, образуется зерно крупных размеров. Продолжительность этого этапа зависит от условий внешней среды и в различных географических условиях изменяется от 10 до 15 дней (Носатовский, 1965). В этот период наблюдается отмирание листьев нижнего яруса, а также недоразвитых боковых побегов (подгона).

В фазу молочной спелости (соответствует XI этапу органогенеза) происходит интенсивное накопление в эндосперме пластических веществ, поступающих из листьев, стебля и корня, идет налив зерна. К концу этой фазы вследствие снижения влажности (с 65 до 40%) содержимое эндосперма становится более плотным, вязким, приобретает тестообразную и творожистую консистенцию (тестообразная спелость). При благоприятных условиях внешней среды и хорошем обеспечении растений азотным питанием формируется крупное полновесное зерно с высоким содержанием белка. К концу фазы молочной спелости отмирают листья среднего яруса, стебель и колос приобретают желто-зеленую окраску. Продолжительность этой фазы 5-8 дней (Губанов, Иванов, 1988).

В фазу восковой спелости (XII этап органогенеза), которая завершает вегетационный период озимой пшеницы, поступление пластических веществ в зерно снижается, а к концу фазы полностью прекращается, происходит превращение пластических веществ в запасные вещества семени. К концу фазы восковой спелости, когда влажность снижается до 20-25 %, зерно приобретает все свойства спелого зерна: необходимые физиологические и технологические качества а также характерные для сорта показатели: - цвет, форму и размеры. Поэтому фазу восковой спелости принято считать полной спелостью зерна (Носатовский, 1965). В это время у растения желтеют и отмирают верхние листья, стебель и колос приобретает желтую окраску. Продолжительность фазы восковой спелости в зависимости от погодных условий от 5 до 10 дней (Губанов, Иванов, 1988).

На основании пятилетних наблюдений в полевых опытах на Заларинском стационаре установлено, что средняя дата восковой спелости зерна озимой пшеницы наступает 4.VIII, наиболее ранняя 26.VII, а самая

поздняя 13.VIII (см. табл. 3.3.1). Межфазный период колошение-восковая спелость приходится в основном на июль-наиболее теплый летний месяц, когда при повышенном температурном режиме значительно ускоряются процессы роста и развития растений (см. рис 3.3.1). В связи с этим, длительность периода колошение-восковая спелость здесь сравнительно небольшая и составляет в среднем 29 дней, с колебаниями по годам от 24 до 34 дней. Этот период у озимой пшеницы проходит при средней температуре $19,4^{\circ}$ (колебания по годам от $18,7$ до $21,4^{\circ}$), сумма температур в среднем составляет 564° (табл. 3.3.2).

По средним многолетним данным метеостанции Залари (Агроклиматический справочник..., 1962) во второй и третьей декадах июля, на которые приходится основная часть периода колошение-восковая спелость, сумма осадков составляет 51 мм. В годы полевых опытов в период колошение-восковая спелость сумма осадков в среднем составила 39 мм, значительно изменяясь по годам (табл.3.3.3). Так, в засушливом 1993 г. в этот период выпало всего 2 мм осадков, а в 1998 г. количество осадков в 1,4 раза превысило норму. Как видно из табл. 3.3.4, по показателям гидротермического коэффициента (ГТК) условия увлажнения для озимой пшеницы в июле наиболее неблагоприятно складывались в 1993 г. (ГТК 0,2) и в 1997 г. (ГТК 0,6), что оказало отрицательное влияние на формирование урожая озимой пшеницы.

В середине фазы восковой спелости, когда влажность зерна не превышает 25-27 %, начинают раздельную уборку урожая: растительную массу скашивают в валки, а после их подсыхания и снижения влажности зерна до 18-20 % валки подбирают и обмолачивают комбайном.

При подсыхании зерна на корню, снижении его влажности до 20 % и ниже, выделяют фазу полной спелости. При полной спелости зерна уборка урожая производится прямым комбайнированием. Продолжительность периода от восковой до полной спелости зависит от погодных условий и в жаркую сухую погоду составляет несколько дней, в прохладную дождливую погоду этот период может удлиняться до 10-12 дней и более. Выпадающие в это время интенсивные продолжительные дожди, особенно с сильным ветром, не только задерживают уборку урожая, но и приводят к потерям зерна, ухудшению его семенных и продовольственных качеств вследствие полегания посевов, повышения влажности зерна, прорастания зерна в колосе.

В связи со спецификой опытных работ и организационно-техническими условиями на Заларинском стационаре уборка урожая на опытных полях проводилась в фазу полной спелости зерна. Разрыв между датой наступления восковой спелости, которая в среднем отмечается в первой декаде августа, и уборкой урожая, проводившейся при полной спелости зерна, в годы с благоприятными погодными условиями составляет от 6 до 10 дней. Однако в 1997 и 1998 гг., когда обильные осадки длительное время препятствовали проведению уборочных работ, период от восковой спелости до уборки урожая при полной спелости зерна имел наибольшую продолжительность (17 и 14 дней соответственно).

Сравнение представленных выше данных по характеристике гидротермических условий в период от колошения до восковой спелости озимой пшеницы с соответствующими данными по Нечерноземью (Стихин, Денисов, 1997) показывают, что в лесостепи Иркутской области репродуктивный период у озимой пшеницы проходит при более высокой температуре (средняя температура $19,4^{\circ}$), чем в Нечерноземье ($16,7^{\circ}$), отличается меньшей длительностью (соответственно 29 и 46 дней) и в связи с этим имеет значительно меньшую сумму температур (564° по сравнению с 769° в Нечерноземье). В Нечерноземье в период колошения-восковая спелость условия увлажнения более благоприятны для формирования урожая озимой пшеницы, средняя сумма осадков составляет 121 мм, что в 2,4 раза больше, чем в лесостепи Иркутской области. Однако, часто выпадающие осадки в период завершения фазы спелости зерна задерживают уборочные работы, ухудшают условия уборки урожая, что может неблагоприятно повлиять на качество зерна, снизить урожай.

В заключение сравним продолжительность вегетационного периода нового сорта озимой пшеницы Заларинка с лучшими высокозимостойкими сортами озимой пшеницы, районированными в Нечерноземье, Средне-Русской лесостепи и Западной Сибири (Лучшие сорта зерновых культур, 1979). Как показывают наши полевые опыты в лесостепной зоне Иркутской области, озимая пшеница Заларинка относится к среднеспелым сортам, созревает в среднем за 346 дней (колебания по годам от 337 до 355 дней). Для сравнения отметим, что сорт Мироновская 808 созревает за 300-350 дней, Мироновская юбилейная - за 263-314 дней, Альбидум 114 (районирован в Западной Сибири, Поволжье) - созревает за 318-356 дней,

Заря (районирован в Нечерноземной полосе) созревает за 319-348 дней. Как видно из представленных данных, различия в сроках созревания между Заларинкой и этими сортами сравнительно невелики.

ГЛАВА 4. ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ЗАЛАРИНСКОМ СТАЦИОНАРЕ

1. ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для успешного решения проблемы внедрения новой для сельскохозяйственного производства Иркутской области культуры - озимой пшеницы должны быть изучены потребности этой культуры в тепле, влаге, минеральном питании и разработана региональная агротехника. Существенным элементом агротехники служит система удобрений, которая должна учитывать не только биологические особенности нового сорта, но и специфику почв и климата, эффективность влияния удобрений на плодородие почв, урожай и качество зерна.

В связи с этим на Заларинском стационаре в 1992-1998 гг. проводились полевые работы, в задачу которых входило изучение агрохимических свойств почв, их водного и питательного режимов как важных факторов почвенного плодородия. Ставилась также задача изучить фенологию нового сорта озимой пшеницы Заларинка, определить влияние различных видов и доз удобрений на плодородие почв, рост и развитие растений. Проводились исследования условий минерального питания растений по вариантам опытов с целью определения рациональных доз удобрений, обеспечивающих оптимизацию минерального питания растений и их максимальную продуктивность. В числе задач полевых опытов - определение влияния удобрений на продовольственные и хлебопекарные качества зерна озимой пшеницы Заларинка при выращивании ее в лесостепной зоне Иркутской области.

Для решения поставленных задач проводились исследования состава и свойств почв Заларинского стационара, их водного и питательного режимов. Исследования водного режима серых лесных почв опытных

участков проводились на всю глубину почвенного профиля (1 м), при этом наряду с определением общих запасов влаги выделяли различные по доступности для растений категории влаги с целью характеристики условий влагообеспечения растений по фазам развития. Сбор образцов почвы для анализа проводили ручным буром из каждого слоя 10 см. Повторность определения влажности почвы четырехкратная, содержание влаги определяли термостатно-весовым методом.

Для характеристики питательного режима почв изучали динамику основных элементов питания растений (азот, фосфор, калий) по фазам развития в контроле (без применения удобрений) и в вариантах опытов с внесением различных видов и доз удобрений. В начальный период работ в соответствии с общепринятой методикой полевых опытов (Агрохимические методы исследований почв, 1965) динамику питательных элементов изучали в пахотном (0-20 см) и подпахотном (20-30 см) слоях. В последующем, для более полного изучения питательного режима почв, особенно в летний период, когда верхние слои пересыхают и питательные вещества становятся труднодоступными, а растения используют их легкодоступные формы из более глубоких слоев почвы, в методику исследований были внесены некоторые дополнения. При этом сбор проб почв для анализа на содержание питательных элементов стали производить не только из слоев: 0-20 см (пахотный), 20-40 см (подпахотный), но также из слоя 40-60 см (нижняя часть толщи почвы с наибольшим распространением корней).

В почвенных пробах по вариантам опытов определяли содержание аммонийного азота (NH_4), нитратов (NO_3), подвижного фосфора (P_2O_5), обменного калия (K_2O). Содержание питательных элементов определяли до внесения в почву удобрений и в основные фазы развития озимой пшеницы. Сбор почвенных проб для анализа производили послойно с помощью почвенного бура. Смешанный образец почвы для анализа в каждом слое составляли из трех индивидуальных проб. Повторность определения питательных элементов в опыте - трехкратная.

По фазам развития растений проводили измерения высоты растений, определяли прирост надземной массы, накопление сырого и сухого вещества. В растительных пробах по вариантам опыта в основные фазы развития изучали содержание азота, фосфора и калия как показатель влияния удобрений на минеральное питание растений. Учет урожая на

делянках проводили комбайном Стампо, структуру урожая изучали в пробных снопах. При разборке структуры урожая по вариантам опыта учитывали число растений на единицу площади, общее число стеблей и число продуктивных (колосоносных) стеблей, измеряли длину колоса, определяли число колосков в колосе, озерненность колоса, массу 1000 зерен.

Полевые опыты с озимой пшеницей проводили на делянках площадью 100 кв. м, повторность четырехкратная, внутри повторностей размещение вариантов рендомизированное. Обработку почвы и посев проводили тракторами и сельхозмашинами, производимыми серийно для сельского хозяйства.

Схемы применения удобрений в опытах строились с учетом агрохимических свойств почв, предшественников, задач опыта и результатов, достигнутых в предыдущих экспериментах. В связи с особенностями почв стационара (высокая обеспеченность подвижными формами фосфора и калия) основное внимание в опытах уделялось изучению эффективности влияния на плодородие почвы и урожай средних (30-60 кг/га) и повышенных (90 кг/га) доз азота, внесенных как в чистом виде, так и совместно с средними (30-45 кг/га) дозами фосфора и калия. В опытах изучали также эффективность действия отдельно фосфорно-калийного удобрения в указанных выше дозах. В табл. 4.1.1 в несколько сокращенном виде приведены схемы применения удобрений в полевых опытах с озимой пшеницей Заларинка. Полные схемы применения удобрений в каждом из опытов приведены ниже, в главе 9, при рассмотрении результатов влияния различных видов и доз удобрений на урожай.

Как видно из табл. 4.1.1, высокая доза азота (120 кг/га) на фоне средней дозы фосфора и калия (45 кг/га) испытывалась в опыте 3, в котором предшественником служили однолетние травы. Посев озимой пшеницы в этом опыте производился перекрестным способом для повышения густоты продуктивного стеблестоя. Однако, учитывая недостаточную эффективность высокой дозы азота в опыте 3, в последующем в опыте 6, в котором также производился перекрестный сев, а предшественником служил пар, вариант N₁₂₀ не испытывался.

На опытных делянках удобрения вносили вручную, заделка удобрений в почву производилась культиватором. После посева поле прикатывалось катками.

Таблица 4.1.1

Схемы применения удобрений в полевых опытах с озимой пшеницей на Заларинском стационаре (доза удобрений в кг/га д. в.)

№ опыта, год посева, предшественник				
1 - 1992 мн. травы	2 - 1993 пар	3 - 1994 одн. травы	5 - 1996 пар	6 - 1997 пар
0 - без удобрений	0	0	0 N ₆₀	0 P ₃₀ K ₃₀
N ₆₀ P ₄₅	N ₃₀	N ₆₀	P ₄₅ K ₄₅	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
P ₄₅ K ₄₅	N ₆₀	P ₄₅ K ₄₅	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀
N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	P ₄₅ K ₄₅	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅	N ₉₀ P ₃₀ K ₃₀
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅		
N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	N ₁₂₀ P ₄₅ K ₄₅		

Кроме испытания действия основного (предпосевного) удобрения в полевых опытах 1 и 2 на специально отведенных делянках изучали влияние на урожай и качество зерна весенней азотной подкормки. В качестве подкормки ранней весной на делянках поверхностно вносили аммиачную селитру из расчета 30 кг действующего вещества на 1 га.

Химические анализы почв выполняли общепринятыми методами (Агрохимические методы исследования почв, 1965; Аринушкина, 1970). В образцах почв определяли гумус по Тюрину; общий азот по Къельдалю; валовые фосфор и калий - при разложении почвы плавиковой кислотой; рН в водной и солевой вытяжке - потенциметрически; гидролитическую кислотность по Каппену; сумму поглощенных оснований - по Каппену-Гильковицу; поглощенный кальций и магний - трилометрически; механический состав по Качинскому.

Содержание подвижных форм питательных элементов определяли: нитраты - по Грандваль-Ляжу, обменный аммоний - с реактивом Несслера, фосфор и калий - по Кирсанову. Анализ содержания химических элементов в растениях: мокрое озоление растительных материалов проводили смесью серной и хлорной кислот по Гинзбург с соавторами

(1963), определение азота - с помощью реактива Несслера, фосфора - по Дениже, калия - на пламенном фотометре. В зерне при переводе азота на белок использовали коэффициент 5,7, клейковину определяли по Ермакову и др. (1962).

Математическую обработку данных урожая зерна, приведенного к 14%-ной влажности и 100%-ной чистоте, проводили по методу Доспехова (1965) дисперсионным анализом.

2. МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ СТАЦИОНАРА И СОСТАВ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Заларинский стационар СИФИБР, на котором проводились почвенно-агрохимические исследования и полевые опыты с озимой пшеницей, расположен в 7 км от поселка Залари - центра одноименного административного района Иркутской области. Географическое положение п. Залари определяется координатами $53^{\circ} 33'$ с. ш. и $102^{\circ} 30'$ в. д., высота 450 м н. у. м. В соответствии с почвенно-географическим районированием Иркутской области район расположения стационара входит в состав Заларинско-Тулунского лесостепного округа Восточно-Присянской лесостепной зоны (Почвенная карта Иркутской области, 1988). Широтное положение описываемой территории соответствует северной лесостепи Русской равнины.

По условиям рельефа и гипсометрическим уровням район расположения стационара представляет собой приподнятую холмисто-увалистую равнину, расчлененную сухими ложбинами-падями и долинами небольших речек, обычно пересыхающих в летнее время. Увалы, гривы и водораздельные поверхности, высота которых достигает 500-550 м н. у. м., большей частью имеют протяженность с северо-запада на юго-восток, глубина вреза падей и долин речек достигает 40-80 м.

Опытные поля стационара расположены на увале, который простирается с северо-запада на юго-восток, высота водораздельной поверхности составляет 500-520 м н. у. м. Водораздельная поверхность увала имеет слабо выпуклую форму, часть водораздела распахана. Юго-западный склон увала крутой и покрыт сосново-березовым травяным лесом, который местами заходит на водораздельную часть увала. Северо-

восточный склон увала пологий, местами слабо покатый, длинный, полностью распахан и используется под посевы сельскохозяйственных культур.

Как показали исследования, почвы стационара по генезису и морфологии относятся к типу серых лесных почв, широко распространенных в лесостепной зоне Иркутской области. В типе серых лесных почв, распространенных на территории стационара, выделяются все три их подтипа: темно-серые, серые (собственно) и светло-серые. Однако более широкое развитие получили подтипы серых и светло-серых почв. Темно-серые почвы имеют ограниченное распространение и встречаются в виде отдельных участков главным образом в нижней части склонов. Почвообразующими породами рассматриваемого типа почв служат юрские отложения.

Опытные участки, на которых проводились полевые работы, расположены на водоразделе увала и на слабо покатою северо-восточном склоне. Поверхность водораздельной части увала характеризуется развитым микрорельефом - небольшие округлые или вытянутые повышения чередуются с микропонижениями и ровными участками рельефа. Последние преобладают в рельефе. Вдоль склона увала проходит большое число неглубоких ложбин.

В составе почвенного покрова на поверхности увала распространены почвы двух подтипов: серые и светло-серые. Первые занимают доминирующее положение и приурочены к относительно ровным участкам рельефа, понижениям и микрозадинам. Серые лесные почвы характеризуются относительно небольшой мощностью гумусового горизонта (до 35 см) и имеют буровато-серую окраску. Среди этих почв на микроповышениях рельефа, бугорках, распространены почвы, отличающиеся более светлой окраской гумусового горизонта и меньшей его мощностью (до 20 см). Эти светлоокрашенные почвы по мощности перегнойного горизонта, содержанию гумуса и химическому составу относятся к подтипу светло-серых лесных почв. На их долю приходится до 20% площади почвенного покрова. Почвы, расположенные на склоне, подвержены водной эрозии, у них смыта часть гумусового горизонта

По механическому составу почвы, залегающие на водоразделе и склоне увала, относятся к легким (и средним) суглинкам В почвенном

профиле на глубине 80-120 см суглинок сменяется супесью. Почвообразующие породы - юрские пески, песчаники и алевролиты, содержащие включения углей в виде тонких прослоек.

Характерная генетическая особенность рассматриваемых почв - отсутствие или слабая выраженность в профиле процессов оподзоливания.

3. АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ

Серые лесные почвы опытных участков Заларинского стационара имеют мощность гумусового горизонта 25-35 см, содержат гумуса 2,8-3,5%, общего азота 0,15-0,18%, что несколько ниже средних показателей для данного подтипа почв в целом по стационару. Почвы опытных участков имеют слабокислую реакцию ($pH_{\text{сол.}}$ 5,1-5,5), содержание обменных оснований от 20 до 25 мг-экв./100 г, степень насыщенности основаниями в среднем 87%, что служит показателем невысокого их плодородия. У эродированных разновидностей этих почв мощность гумусового горизонта не превышает 25-30 см, а содержание органического вещества снижается до 2,5-3%.

Светло-серые лесные почвы, которые встречаются пятнами, небольшими участками среди серых лесных почв на пахотных угодьях стационара, и приурочены к микроповышениям, отличаются более коротким гумусовым горизонтом, мощность которого редко превышает глубину пахотного слоя (20 см). Содержание гумуса в этом горизонте низкое и составляет 2,1-2,5%, количество общего азота 0,12-0,15%, реакция слабокислая, сумма обменных оснований изменяется в пределах 18-24 мг-экв./100 г, насыщенность обменными основаниями 73-78%. Светло-серые эродированные почвы, у которых смыта часть перегнойного горизонта, характеризуются большой потерей гумуса и значительной утратой плодородия. По данным анализов содержание гумуса у светло-серых эродированных почв составляет 1,7-1,9%. При обработке этих почв на глубину 20 см в пахотный слой вовлекается часть малоплодородного переходного горизонта.

В связи с отмеченной неоднородностью в составе почвенного покрова, различиями в мощности гумусового горизонта и содержании перегноя, при анализе химического состава почв на делянках одного варианта опыта наблюдается некоторая неоднородность, разброс

учитываемых показателей, как следствие различий в почвенном плодородии.

Наряду с приведенными выше данными по глубине перегнойного горизонта, содержанию гумуса и общего азота, по физико-химическому составу, существенным показателем агрохимических свойств почв, их эффективного плодородия служит содержание в корнеобитаемом слое почвы доступных для растений соединений азота, фосфора и калия.

Исследования содержания легкодоступных для растений минеральных форм азота - аммонийного (NH_4) и нитратного (NO_3), подвижного фосфора (P_2O_5) и обменного калия (K_2O) проводились на опытных делянках осенью перед внесением удобрений в почву, а также по фазам развития растений. Установлено, что содержание минеральных форм азота (аммонийного и нитратного) в почве как основного источника азотного питания растений очень изменчиво по годам и зависит от предшественника в севообороте, способа и срока обработки почвы, эффекта последствия азотного удобрения, внесенного в предыдущем году, гидротермических условий вегетационного периода.

Из двух форм азота в составе минерального азота почвы нитраты преобладают над аммонием. Однако, как было показано Д.Н.Прянишниковым (1952), обе эти формы азота имеют равноценное физиологическое значение для питания растений. В связи с этим, при характеристике азотного режима почвы в дальнейшем мы будем рассматривать данные о содержании суммарного минерального азота ($\text{N-NH}_4 + \text{N-NO}_3$) в качестве интегрального показателя обеспеченности почвы азотом.

В табл. 4.3.1 представлены данные о содержании подвижных форм питательных элементов в среднем по опытному участку в осенний срок наблюдений (перед внесением удобрений), характеризующие эффективное плодородие почвы. Как видно из этих данных, содержание в почве минерального азота в осенний период в решающей мере зависит от агротехники, предшественника в севообороте, свойств почвы и условий увлажнения. Наибольшее количество минерального азота накопилось в почве опыта 6. Этот опытный участок в связи с сильным засорением неоднократно в течение летнего периода подвергался перепашке и культивации, что способствовало интенсивному развитию процессов

минерализации органического вещества почвы, накоплению минеральных форм азота. Этому благоприятствовала также высокая увлажненность почвы. Повышенное содержание минерального азота отмечается и в опыте 2, в котором обработка почвы проводилась по типу пара. В опыте 5 предшественником также служил пар, однако в связи с эродированностью почвы, утратой плодородия, содержание минерального азота в ней значительно ниже. По непаровому предшественнику (опыты 1 и 3) к началу сева озимой пшеницы доступных для растений соединений азота в почве накапливается меньше.

Таблица 4.3.1

Среднее содержание подвижных форм питательных элементов в почвах опытных участков Заларинского стационара перед осенним внесением удобрений (данные контрольного варианта)

Глубина слоя, см	№ опыта, год, предшественник				
	1 - 1992 мн.травы	2 - 1993 пар	3 - 1994 одн. травы	5 - 1996 пар	6 - 1997 пар
Минеральный азот (N-NH ₄ + N-NO ₃ , мг/кг)					
0-20	15,4	26,7	12,5	15,0	31,5
20-30 (40)	16,8	26,2	10,2	11,3	30,6
40-60	-	-	-	7,4	19,7
Подвижный фосфор (P ₂ O ₅ , мг/100 г)					
0-20	25,6	40,3	24,2	42,3	38,8
20-30 (40)	25,4	38,2	21,8	41,3	35,2
40-60	-	-	-	40,7	29,1
Обменный калий (K ₂ O, мг/100 г)					
0-20	28,4	14,3	19,1	20,5	20,5
20-30 (40)	27,5	13,8	17,9	19,0	19,1
40-60	-	-	-	18,0	17,3

Как видно из табл. 4.3.1, по содержанию подвижного фосфора почвы опытных участков Заларинского стационара относятся к высоко- и очень высокообеспеченным. Характерны значительные колебания в содержании P₂O₅ в различных опытных участках, что связано с неоднородностью в

распределении фосфора в почве. Однако колебания в содержании подвижного фосфора не выходят за пределы градации высокообеспеченных почв. В почвах опытных участков отмечаются также колебания в содержании обменного калия, однако по количеству K_2O они относятся к повышенно и высоко обеспеченным.

Как видно из представленных данных, в почвах опытных участков среди элементов питания растений в первом минимуме находится азот. Наибольший запас минерального азота в почве накапливается при паровой обработке почвы, по непаровому предшественнику содержание азота в почве значительно ниже. По содержанию подвижного фосфора и калия почвы опытных участков относятся к высокообеспеченным и, как показали полевые опыты, не нуждаются в одностороннем применении фосфорного и калийного удобрения.

ГЛАВА 5. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ И ВОДНЫЙ РЕЖИМЫ ПОЧВ И ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Особенности климата лесостепи Иркутской области (высокая степень континентальности, отрицательные среднегодовые температуры воздуха, большая продолжительность холодного сезона года, невысокая годовая сумма осадков) оказывают существенное влияние на важнейшие элементы почвообразования и в частности на температурный и водный режимы почвы, которые определяют свойства почв, их плодородие, условия ведения и специализацию земледелия.

Для характеристики температурного и водного режимов почв, которые широко используются в сельском хозяйстве лесостепной зоны - серых лесных почв и выщелоченных черноземов, мы располагаем результатами многолетних исследований, которые проводились в 60-х - 70-х годах на стационарах лаборатории почвоведения и агрохимии СИФИБР СО АН. (Колесниченко, 1965, 1966, 1969, 1969а, 1970, 1979). Изучение температурного и водного режимов выщелоченного чернозема

на пашне проводилось на Зиминском стационаре, расположенном вблизи г. Зимы. На Куйтунском стационаре, который находится неподалеку от пос. Куйтун, объектами исследований служили темно-серая пахотная почва и серая почва под естественной растительностью (сосново-березовый лес). Почвы этих стационарных участков залегают в типичных местоположениях, имеют полноразвитый почвенный профиль, суглинистый механический состав, почвообразующими породами их служат лессовидные суглинки, которые на глубине 4-4,5 м сменяются супесями и песками. На Зиминском и Куйтунском стационарах исследования температурного режима почв проводились до глубины 3 м, а водного режима - в 1.5-метровой толще.

В период полевых испытаний нового высокозимостойкого сорта озимой пшеницы, выведенного совместно СИФИБР и ИЦИГ СО РАН, на Заларинском стационаре наряду с изучением минерального питания и эффективности влияния удобрений на урожай озимой пшеницы в 1992-1998 гг. были проведены также исследования водного режима почв опытных участков под посевами озимой пшеницы. Почвы опытных участков серые лесные суглинистые, почвообразующей породой служит легкий суглинок, переходящий на глубине 1-1,5 м в супесь и песок. Грунтовые воды залегают на глубине более 12-15 м. С учетом мощности почвенного профиля и глубины залегания почвообразующей породы, изучение динамики влаги в почвах опытных участков проводилось в метровой толще.

Наблюдения за температурой и влажностью почвы проводились на специально оборудованных площадках в соответствии с общепринятыми методами агрофизических исследований (Роде, 1960; Агрофизические методы..., 1966; Димо, 1966; Шульгин, 1967).

1. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ

Как установлено в результате многолетних стационарных исследований, черноземы выщелоченные и серые лесные почвы Иркутской области по температурному режиму в соответствии с классификацией В.Н.Димо (1972) относятся к типу длительно сезоннопромерзающих, а по показателям температуры - к холодному и умеренно-холодному подтипам. На формирование температурного режима

почв решающее влияние оказывают очень низкие зимние температуры и большая длительность холодного сезона, малая мощность снежного покрова в лесостепи, слабо защищающего почвы от сильного охлаждения и глубокого промерзания. Длительное и глубокое промерзание почв создает более жесткие термические условия, при которых протекают в почве многообразные физико-химические и биологические процессы, определяющие направление развития почв и их плодородие, оказывает влияние на питательный и водный режим почв, условия выращивания сельскохозяйственных культур.

Характерными особенностями температурного режима серых лесных почв и выщелоченных черноземов Иркутской области, отличающими их от аналогичных почв в расположенных к западу провинциях лесостепной зоны, служат: большая продолжительность периода с отрицательными температурами в почве (6-8 месяцев), очень значительная глубина промерзания (1,5-2,5 м), малая мощность активного слоя почвы с температурой 10° и выше (0,8-1,2 м), наиболее низкие значения среднегодовой температуры почвы на глубине 0,2 м (от 1,3 до $3,7^{\circ}$), значительная амплитуда температуры почвы ($24-30^{\circ}$) на глубине 0,2 м (Колесниченко, 1965, 1969).

В табл. 5.1.1 представлены показатели температурного режима лесостепных почв по результатам многолетних исследований на Зиминском (чернозем выщелоченный) и Куйтунском (темно-серая и серая почвы) стационарах. Как видно из этих данных, средняя годовая температура выщелоченного чернозема, занимающего по условиям рельефа более теплое местоположение (склон южной экспозиции), выше, чем темно-серой почвы. Последняя, залегая на ровной поверхности водораздела, характеризуется более контрастным температурным режимом в теплый и холодный периоды года и более высокой годовой амплитудой температуры. Следует отметить, что указанные отличия температурного режима чернозема и темно-серой почвы касаются в основном верхней 1,5-метровой толщи почвы. В более глубоких слоях различия в температурном режиме почв сглаживаются.

Серая лесная почва под пологом сосново-березового леса характеризуется близкими к чернозему показателями средней годовой температуры. Обусловлено это главным образом более мягким температурным режимом почвы в зимний период. Основную роль в этом

играет глубокий снежный покров, накапливающийся в лесу за счет переноса ветром снега с окружающих пахотных угодий, предохраняющий почву от сильного охлаждения. В теплый период, напротив, поверхностный слой серой лесной почвы под пологом леса нагревается меньше, чем у почв пахотных угодий, поэтому и годовая амплитуда температуры в этом слое имеет наиболее низкий показатель.

Таблица 5.1.1

Температурный режим лесостепных почв Иркутской области

Показатели	Глубина, м	Чернозем выщелоченный. Пашня	Темно - серая лесная почва. Пашня	Серая лесная почва. Лес
Средняя годовая температура, °С	0,2	2,4	1,3	2,4
	1,4	2,0	1,8	2,0
	3,0	1,8	1,7	-
Средняя температура июля, °С	0,2	15,7	16,3	14,4
	1,4	7,0	7,5	8,1
	3,0	3,8	4,1	-
Средняя температура января, °С	0,2	-8,8	-14,0	-8,6
	1,4	-0,7	-1,9	-0,1
	3,0	0,7	0,4	-
Годовая амплитуда температуры, °С	0,2	24,5	30,3	23,0
	1,4	7,7	9,4	8,2
	3,0	3,1	3,7	-

Рассмотрим температурный режим лесостепных почв и складывающиеся температурные условия в толще почвы в основные этапы жизненного цикла озимой пшеницы: в осенний период начального роста и развития растений, в период зимнего покоя (перезимовка) и в весенне-летний период интенсивного роста, развития растений и формирования урожая.

При посеве озимой пшеницы в лучшие сроки (конец второй - начало третьей декады августа) прорастание семян происходит при оптимальной температуре пахотного слоя (13-16⁰) и благоприятных условиях увлажнения почвы, что способствует быстрому прорастанию семян и появлению дружных всходов.

В сентябре температурные условия в почве благоприятствуют росту первичной корневой системы озимой пшеницы, который лучше протекает при сравнительно низких температурах. Как показывают наблюдения, уже в начале сентября при переходе температуры воздуха через 10° и дальнейшем ее понижении происходит постепенное охлаждение верхнего метрового слоя почвы, температура которого в течение всего месяца удерживается в пределах от 7 до 9° , что соответствует оптимальным температурным условиям для роста первичных корней озимой пшеницы (Куперман, 1969). Благоприятные температурные условия и достаточное увлажнение почвы способствуют интенсивному росту корневой системы, которая в опытах на Заларинском стационаре по измерениям В.Н.Дорофеева (1997) к концу осенней вегетации проникает в почву на глубину более 100 см.

По многолетним наблюдениям промерзание лесостепных почв начинается в среднем за три недели до появления снежного покрова и к началу образования устойчивого снежного покрова (первая декада ноября) почвы промерзают на глубину 10-18 см.. В зимний период вследствие низких температур и слабой теплоизолирующей роли маломощного снежного покрова почвы сильно охлаждаются (до -10 , -15° на глубине 0,2 м) и глубоко промерзают (до 1,5-2,5 м). При этом, более глубоко промерзают и сильнее охлаждаются почвы крупных пахотных массивов, особенно на выпуклых, ветроударных склонах, где снег с полей сносится ветром.

Для успешной перезимовки озимой пшеницы решающее значение имеет температура почвы на глубине залегания узла кущения (3 см). Как показывают результаты полевых испытаний озимой пшеницы Заларинка в 1992-1998 гг., в средние по снежности и по температурным условиям зимы температура почвы на глубине узла кущения не понижается до уровня критической для озимой пшеницы (-18 , -20°) и повреждение зимующих растений бывает незначительное.

Однако в суровую зиму 1995/96 года, когда поля в первую половину зимнего периода были слабо прикрыты снегом (высота снега 7-15 см) и установились сильные морозы, температура почвы на глубине узла кущения понижалась ниже критической, что привело к повреждению и гибели опытных посевов от вымерзания.

В связи с отмеченными особенностями температурного режима почв в зимний период для успешного возделывания озимой пшеницы Заларинка в Иркутской области, получения устойчивых урожаев, особое внимание должно быть уделено правильному выбору полей под посевы этой культуры. Под озимую пшеницу следует отводить поля, занимающие наиболее теплые местоположения в рельефе: пологие склоны южной экспозиции, днища и склоны широких ложбин, ровные участки водоразделов, Посевы этой культуры целесообразно размещать на полях, защищенных лесонасаждениями от господствующих ветров в зимнее время, где обычно образуется более глубокий и равномерно залегающий снежный покров. Не следует отводить под посевы озимой пшеницы поля с неровной поверхностью, сильно выраженным микрорельефом, на которых возникает значительная неоднородность в глубине залегания снежного покрова.

Термический режим почв в холодный период года не только определяет условия жизнедеятельности зимующих растений, но и оказывает значительное влияние на миграцию влаги в толще почвы. При промерзании почв под влиянием термоградиентного переноса происходит передвижение влаги из более глубоких слоев почвы к фронту мерзлоты. Подтягивание влаги из более глубоких горизонтов при промерзании почвы, вовлечение ее во влагооборот в результате мерзлотных процессов - характерная особенность водно-теплового режима почв в регионах с очень континентальным климатом и глубоким промерзанием почв.

Оттаивание лесостепных почв начинается во второй-третьей декаде марта в период разрушения снежного покрова, значительная часть которого теряется в результате сублимации (испарения) еще до перехода средней суточной температуры воздуха через 0° . Процесс оттаивания почв происходит сверху вниз и развивается медленно, так как в ночное время температура воздуха обычно опускается ниже 0° и поверхностный слой почвы снова промерзает. Однако ко времени устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0° (вторая декада апреля) почва оттаивает на глубину 10 см, а к концу третьей декады апреля - на глубину 30 см. В последующем скорость оттаивания почв в средней, менее влажной, части почвенного профиля возрастает, а в более глубоких слоях она значительно замедляется, так как тепловая волна приходит сюда значительно ослабленной. Вследствие этого у почв, развитых на

лессовидных суглинках, в нижней части почвенного профиля на глубине 120-180 см после оттаивания всей вышележащей толщи почвы еще продолжительное время (1-1,5 месяца) сохраняется мерзлый слой - остаточный сезонно-мерзлотный горизонт. По данным непосредственных измерений в пределах этого остаточного сезонно-мерзлотного горизонта температура составляет от $-0,1^{\circ}$ до $-0,5^{\circ}$. Как показывают наблюдения, полное оттаивание почвы происходит в первой или второй декаде июля.

В летний период температурный режим лесостепных почв характеризуется следующими особенностями. Прогревание почвенного профиля происходит медленно ввиду большого суточного колебания температуры воздуха, а также вследствие значительной потери тепла из почвы в ночное время в результате радиационного выхолаживания поверхностного слоя почвы. Рост температуры почвы в верхнем метровом слое продолжается до августа. К этому времени активные температуры (10° и выше) проникают в почву на глубину 0,8-1,2 м., а на глубине 2-2,5 м почва прогревается до 5° . Для летнего периода характерна значительная величина суточных колебаний температуры верхнего (пахотного) слоя почвы, однако ночные температуры не опускаются ниже физиологического оптимума и не оказывают неблагоприятного влияния на рост и развитие озимой пшеницы.

Во второй половине августа - начале сентября начинается охлаждение верхних горизонтов почвы. Понижение температуры происходит быстро и на большую глубину (до 1,5-2 м). К середине сентября почва в метровом слое охлаждается до температуры $7-9^{\circ}$. В третьей декаде сентября в ночное время нередко наблюдается промерзание поверхностного слоя почвы.

Выше была дана характеристика температурного режима лесостепных почв, отмечены особенности годового и суточного хода температуры почвы в разные периоды вегетации озимой пшеницы. Как показывают многолетние наблюдения за состоянием растений в полевых опытах, в осенний период вегетации, если посев произведен в оптимальные сроки, температура почвы благоприятствует быстрому прорастанию семян и интенсивному росту всходов озимой пшеницы, хорошему осеннему кущению, росту и глубокому проникновению в почву корневой системы. В весенне-летний период вегетации температурные

условия в почве способствуют активному росту и развитию растений, формированию урожая.

Однако существует опасность повреждения и гибели озимой пшеницы в начале весны, при выходе из перезимовки, когда ослабленные и в значительной мере утратившие закалку растения в период возврата холодов не выдерживают резких длительных понижений температуры почвы (до -7 , -10°) в зоне узла кущения.

2. ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ

Водный режим почв, как и температурный режим, является элементом почвообразовательного процесса и в значительной мере определяет направление и интенсивность развития почвообразования, а также физические условия почвенного плодородия.

Изучение водного режима основных типов почв лесостепи Иркутской области проводилось одновременно с исследованием температурного режима на тех же почвенно-агрохимических стационарах. На Зиминском стационаре изучали водный режим выщелоченного чернозема, на Куйтунском стационаре - темно-серой почвы, работы эти проводились в полевых севооборотах, ведущей культурой служила яровая пшеница. На Заларинском стационаре исследования водного режима серой лесной почвы проводились под посевами озимой пшеницы, размещаемой по предшественникам: - черному пару, многолетним травам (донник) и однолетним травам (горохо-овсяная травосмесь). Сведения о почвенных и гидрогеологических условиях указанных стационаров была приведены выше.

Для характеристики водно-физических свойств почв стационарных участков в табл. 5.2.1 представлены данные о потенциальных запасах основных категорий почвенной влаги, различающихся по форме, подвижности и доступности для растений. Различия в запасах категорий почвенной влаги обусловлены особенностями механического состава, строения профиля почв, их структурным состоянием и порозностью, влагоемкостью и степенью водопроницаемости. Сведения о послонных запасах категорий почвенной влаги приведены для наиболее деятельной части почвенного профиля, в которой расположена основная масса корней

сельскохозяйственных растений и где происходит наиболее активный водооборот: в черноземе выщелоченном - до глубины 1,5 м, в серой лесной почве - до 1 м.

Для пояснения терминов, применяемых в табл. 5.2.1 и при описании водного режима почв, ниже приведена краткая характеристика выделяемых категорий почвенной влаги. **Наименьшая влагоемкость (НВ)** - наибольшее количество впитавшейся в почву воды, удерживаемой в капиллярах почвы после стекания свободной гравитационной влаги. Капиллярная влага, содержащаяся в почве при НВ, имеет высокую степень подвижности и доступности для растений. При влажности 80-100% от НВ в почве складываются наиболее благоприятные условия для влагоснабжения растений.

Таблица 5.2.1

Послойные запасы категорий почвенной влаги в лесостепных почвах Иркутской области, мм

Слой, см	Наименьшая влагоемкость (НВ)	Влажность разрыва капиллярной связи (ВРК)	Влажность завядания (ВЗ)	Продуктивная влага (НВ-ВЗ)
Чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый Зиминского стационара				
0-50	181,0	126,7	82,6	98,4
50-100	163,7	114,6	66,5	97,2
100-150	186,6	130,6	73,6	113,0
0-100	344,7	241,3	149,1	195,6
0-150	531,3	371,9	222,7	308,6
Серая лесная легкосуглинистая почва Заларинского стационара				
0-20	62,4	43,8	35,0	27,4
20-60	108,5	76,0	62,6	45,9
60-100	81,7	57,2	47,3	34,4
0-100	252,6	177,0	149,4	107,7

При двухчленном строении почвы по механическому составу, когда, например, суглинок на некоторой глубине сменяется супесью или песком, при просачивании влаги в глубь почвы над границей смены пород происходит повышенное накопление влаги, содержание которой может превышать НВ. Эта влага в форме капиллярной подперто-подвешенной удерживается над границей смены пород за счет менисковых сил (Роде, 1960). Именно благодаря этому явлению в серой лесной почве Заларинского стационара, в которой на глубине 1 м суглинок сменяется супесью, в слое почвы 60-100 см при глубоком проникновении атмосферных осадков образуется запас влаги, превышающий величину НВ.

При интенсивном расходовании влаги из почвы в результате физического испарения и транспирации (эвапотранспирация) происходит снижение влажности почвы, особенно в верхнем слое, от наименьшей влагоемкости (НВ) до **влажности разрыва капиллярной связи (ВРК)**. При ВРК влага находится в капиллярах в виде пленок рыхло связанной воды и обладает слабой способностью передвижения, что затрудняет усвоение растениями этой категории влаги. Экспериментально установлено, что для сельскохозяйственных растений величина ВРК находится в пределах от 65 до 75% НВ, а для зерновых культур эта величина принята равной 70% НВ. При дальнейшем понижении влажности почвы ниже ВРК вследствие ухудшения влагоснабжения возникает водный дефицит в тканях растений, что приводит к замедлению скорости роста, снижению интенсивности оттока ассимилятов и процесса фотосинтеза, падению урожайности

Влажность предельно иссушенной почвы, при которой происходит потеря тургора листьями и тканями, завядание и гибель растений, характеризуется как **влажность завядания растений (ВЗ)**. При величине ВЗ и ниже в почве содержится связанная вода - пленочная и стыковая, прочно удерживаемая сорбционными силами, недоступная для растений.

Показателем условий влагообеспеченности растений служит **продуктивная влага**, потенциальный запас которой рассчитывают по содержанию влаги между величинами наименьшей влагоемкости (НВ) и влажности завядания (ВЗ), а фактическое содержание - по количеству влаги, содержащейся в почве выше величины ВЗ. Как видно из табл. 5.2.1, чернозем Зиминского стационара, содержащий повышенное количество

гумуса и обладающий более благоприятными водно-физическими свойствами, в сравнении с серой лесной почвой Заларинского стационара в метровом слое почвы способен накапливать почти вдвое более высокие запасы продуктивной влаги (соответственно 195,6 и 107,7 мм) при сравнительно небольших различиях в запасах недоступной для растений влаги (ВЗ).

Как показали многолетние исследования на Зиминском и Куйтунском стационарах (1962-1970 и 1981-1990 гг.) и на Заларинском стационаре (1992-1998 гг.) водный режим основных типов лесостепных почв носит характерные черты непромывного типа (Колесниченко, 1965, 1966а, 1969, 1970). Вместе с тем было установлено, что особенности климата сообщают водному режиму рассматриваемых почв некоторые своеобразные особенности. Так, основная влагозарядка лесостепных почв Иркутской области происходит не весной, в период снеготаяния, как это характерно для лесостепных почв Европейской части России, а во второй половине лета и в начале осени, когда выпадает наибольшее количество осадков (более половины годовой нормы). В связи с высокими запасами влаги, которые накапливаются в верхних слоях почвы в осеннее время, для озимых культур складываются благоприятные условия влажного снабжения в начальный период вегетации.

В другие сезоны года водный режим лесостепных почв характеризуется следующими особенностями. В зимний период в связи с глубоким промерзанием почвы (1,5-2 м) и устойчивым отрицательным режимом температуры воздуха и почвы, отсутствием оттепелей, миграции влаги из снежного покрова в почву и пополнения запасов влаги в верхних слоях почвы не происходит. Почва начинает оттаивать с поверхности после того, как в снеге образуются проталины, появляются освободившиеся от снега участки. В период снеготаяния участки оттаявшей с поверхности почвы увлажняются талыми водами, но глубокого промачивания почвы не происходит, так как мерзлота служит водоупором, препятствующим инфильтрации талых вод в почву. Поэтому глубокого промачивания почв и значительной их влагозарядки в весеннее время здесь не происходит. В период оттаивания почвы запас влаги в верхних слоях пополняется незначительно и в большинстве случаев весенний влагозапас мало отличается от осеннего.

В весенний период в связи с быстрым нарастанием температуры воздуха, малым количеством осадков, большой сухостью воздуха, преобладанием ветреной погоды, происходит интенсивное испарение влаги с поверхности почвы и влажность пахотного слоя быстро понижается. С началом весенней вегетации сельскохозяйственных культур расход влаги из почвы возрастает вследствие транспирации растений, потеря влаги происходит также из подпахотного слоя. Выпадающие весной осадки увлажняют только верхний слой почвы и быстро расходуются на физическое испарение и транспирацию. В весенний период в более глубоких слоях почвы не происходит значительных изменений влагозапасов.

В летний период при нерегулярном выпадении осадков и высоком расходе влаги на транспирацию и физическое испарение продолжается снижение влажности верхнего слоя почвы, а, временами, отмечается его пересыхание. Потеря подвижных форм влаги происходит также из глубже лежащего слоя. Выпадающие осадки увлажняют на короткое время только верхний слой почвы и значительная их часть теряется в результате испарения. В период между выпадением осадков, когда почва сильно пересыхает, в пахотном и подпахотном слое содержится мало подвижная и труднодоступная для растений влага и потребности растений в летний период обеспечиваются в основном за счет запасов влаги, содержащихся в более глубоких слоях почвы.

При нерегулярном и недостаточном количестве осадков и сильном иссушении верхних слоев почвы, особенно в раннелетний период, в лесостепи Иркутской области нередко развивается почвенная засуха. От засухи особенно страдают яровые зерновые культуры, у которых корневая система к этому времени недостаточно глубоко проникает в почву, а располагается в верхних слоях, которые сильно пересыхают. При недостаточном влагоснабжении отмечается приостановка роста, задержка в развитии растений, а при длительной засухе - высыхание растений, гибель посевов.

Озимая пшеница, в отличие от яровой, легче переносит весенне-летнюю засуху. Благодаря хорошо развитой корневой системе, которая глубоко проникает в почву уже в осенний период вегетации, озимая пшеница в период весенне-летней засухи использует для влагоснабжения запасы легкодоступной влаги, содержащиеся в нижних слоях почвы.

Таковы основные закономерности динамики влаги в профиле лесостепных почв Иркутской области под культурами полевого севооборота. Однако, при однотипном водном режиме, имеющиеся у разновидностей лесостепных почв различия по мощности почвенной толщ, механическому составу, глубине залегания и составу почвообразующих пород, а также некоторые отличия в температурном режиме (по глубине и продолжительности промерзания) оказывают значительное влияние на строение их почвенно-гидрологического профиля - расположение в толще почвогрунта слоев с различной степенью увлажнения, на величину послойных запасов влаги, их участие во влагообороте почвы и влагоснабжении растений в различные фазы вегетации.

Так, в серой лесной легкосуглинистой почве, имеющей маломощный гумусовый горизонт и отличающейся двухчленным строением профиля по механическому составу (суглинок на глубине одного метра сменяется супесью), выделено три почвенно-гидрологических слоя: на глубине 0-20, 20-60 и 60-100 см. В черноземе выщелоченном Зиминского стационара, развитом на лессовидном суглинке, в толще почвогрунта выделены почвенно-гидрологические слои, залегающие на глубине 0-50, 50-100 и 100-150 см.

Верхний почвенно-гидрологический слой (в черноземе глубиной 0-50 см, в серой лесной почве - 0-20 см) характеризуется очень большими колебаниями влажности. Наибольший запас влаги, соответствующий НВ, или несколько ниже, в этом слое образуется в период осенней влагозарядки. Небольшое пополнение влагозапаса в этом слое происходит в период снеготаяния. В весенне-летнее время влага из этого слоя расходуется на физическое испарение и транспирацию, а выпадающие осадки на короткое время восполняют потери влаги из почвы. При наивысшем иссушении влажность лишь несколько превышает ВЗ и в почве содержится труднодоступная для растений влага. Восполнение запасов влаги в этом слое происходит за счет позднелетних и раннеосенних осадков.

В среднем почвенно-гидрологическом слое (а в серой лесной почве и в нижнем слое) влагозарядка почвы в осеннее время происходит за счет поступающей из верхнего слоя свободной гравитационной влаги. В этом слое колебания запасов влаги не столь значительны, как в верхнем слое.

Влага из этого слоя потребляется растениями в результате десуктивной деятельности корней, запасы ее изменяются от НВ до ВРК и несколько ниже. Наибольшему биологическому иссушению этот слой подвергается во второй половине вегетационного периода.

Третий почвенно-гидрологический слой залегает в серой лесной почве на глубине 60-100 см, в черноземе - на глубине 100-150 см и характеризуется повышенным запасом влаги, который мало изменяется в течение годового цикла. В серой лесной почве в этом слое содержится подперто-подвешенная влага, накапливающаяся на границе перехода суглинка в супесь. Незначительный расход влаги из этого слоя происходит во второй половине вегетационного периода в результате потребления влаги корнями растений. В черноземе выщелоченном в третьем слое на глубине 100-150 см в зимнее время расположен длительно-мерзлотный горизонт. Накопление влаги в этом слое происходит в результате термоградиентного переноса парообразной и пленочной влаги к фронту мерзлоты. Влажность почвы в этом слое устанавливается несколько ниже величины НВ. Снижение запаса влаги в слое 100-150 см происходит после оттаивания мерзлоты (июнь-июль) и некоторого прогревания почвы.

Как показали специальные опыты по раскопке корневой системы пшеницы на выщелоченном черноземе и темно-серой почве (Зиминский и Куйтунский стационары), на глубине 1,2-1,5 м обнаруживается много мелких корней, что свидетельствует об использовании корнями растений в летний период влаги из этого сравнительно холодного слоя. Экспериментальными исследованиями А.И.Коровина (1972) установлена возможность поглощения корнями пшеницы влаги и питательных веществ из нижних холодных (и даже имеющих слабо отрицательную температуру) горизонтов почвы при условии расположения части корневой системы в верхних прогреваемых горизонтах почвы. По-видимому, в значительной мере благодаря наличию этого глубинного длительно-мерзлотного горизонта с повышенным содержанием влаги, которая в летний период при дефиците влаги в почве используется растениями, в лесостепи Иркутской области при относительно небольшом количестве осадков не бывает часто повторяющихся губительных засух и обеспечивается сравнительное постоянство урожаев зерновых культур.

Отмеченные особенности в строении почвенно-гидрологического профиля и установленные закономерности в поступлении и расходовании

почвенной влаги в годовом цикле характерны как для выщелоченных черноземов, так и для темно-серых почв, развитых на лессовидных четвертичных суглинках. Различия между этими почвами в водном режиме и влагообороте касаются в основном количественных показателей в содержании влаги в отдельных гидрологических слоях.

В табл. 5.2.2 представлены результаты пятилетних стационарных исследований водного режима серой лесной почвы Заларинского стационара. Водный режим почвы изучали на посевах озимой пшеницы, размещаемых по черному пару, многолетним (донник) и однолетним (горохо-овсяная смесь) травам. Результаты наблюдений представлены в виде средних послойных запасов влаги по фазам развития растений, а также максимальных и минимальных отклонений от средних, характеризующих диапазон изменения влажности почвы на протяжении вегетационного периода.

Как видно из данных табл. 5.2.2, серая лесная почва перед посевом озимой пшеницы во всей метровой толще содержит высокий запас влаги, соответствующий НВ, или превышающий эту величину (см. табл. 5.2.1). В отдельные годы с жарким и сухим летом, когда осадков выпадает меньше нормы, в верхних слоях почвы перед посевом озимой пшеницы запас влаги может быть несколько ниже НВ, однако к фазе осеннего кушения выпадающие дожди повышают влагозапас и почва перед уходом в зиму обычно имеет полную влагозарядку.

В зимний период, когда почва промерзает на большую глубину, в метровой толще изменений в запасах влаги не происходит. В фазу весеннего кушения запас влаги во всех почвенно-гидрологических слоях существенно не отличается от осеннего.

Весной вследствие возрастания расхода влаги на физическое испарение и транспирацию средний запас влаги в слое 0-20 см несколько снижается. В засушливые годы в фазу весеннего кушения минимальный запас влаги в этом слое снижается до ВРК, что служит показателем ухудшения условий влагоснабжения растений.

В фазу выхода в трубку, когда значительно усиливается суммарный расход влаги из почвы, средний запас влаги в слое 0-20 см изменяется в пределах от ВРК до ВЗ. Однако в сильно засушливые годы минимальный запас влаги в этом слое может уменьшаться до величины ВЗ и ниже. Но

при этом не происходит увядания растений и гибели посевов от недостатка влаги, так как пшеница, имея глубоко развитую корневую систему, использует запасы влаги из слоев, расположенных глубже. Как видно из табл. 5.2.2, в фазу выхода в трубку вследствие потребления влаги корнями запас влаги в слое 20-60 см снижается.

Таблица 5.2.2

Динамика послойных запасов влаги в серой лесной почве Заларинского стационара по фазам развития озимой пшеницы. Среднее за 5 лет, максимальные (макс.) и минимальные (мин.) колебания, мм

Слой , см	Показатель	Фазы развития					
		Перед посевом	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость
0-20	Среднее	60,7	62,5	59,1	37,4	44,8	51,1
	Макс.	67,8	65,8	67,5	44,3	56,9	55,5
	Мин.	49,8	57,8	46,8	33,4	39,1	44,1
20-60	Среднее	103,7	109,1	105,5	93,5	86,3	78,4
	Макс.	120,8	116,8	113,7	104,3	96,7	89,3
	Мин.	79,9	101,8	89,6	87,4	73,6	67,8
60-100	Среднее	90,5	93,3	95,3	97,0	89,1	85,2
	Макс.	113,8	110,4	109,4	109,2	95,5	89,5
	Мин.	76,0	85,4	87,6	91,6	81,0	78,1
0-100	Среднее	254,9	264,9	259,9	227,9	220,2	214,7
	Макс	300,3	292,9	275,9	240,2	228,4	226,1
	Мин..	205,7	251,1	230,2	215,5	210,2	205,3

Период от выхода в трубку до колошения для пшеницы является критическим по отношению к увлажнению. Периодически выпадающие осадки не компенсируют потери влаги из верхнего слоя, а содержащиеся в нем запасы влаги в пределах от ВРК до ВЗ не обеспечивают потребности

растений. Поэтому в фазу колошения растения интенсивно используют запасы влаги из глубже лежащего слоев почвы (табл. 5.2.2). В результате потребления влаги корнями растений из слоя 20-60 см в периоды колошения, формирования и налива зерна, к фазе полной спелости пшеницы средние запасы влаги в этом слое понижаются до величины ВРК, а минимальные запасы - до ВЗ. Снижение запасов влаги происходит и в слое 60-100 см.

К фазе полной спелости зерна из слоя 20-60 см используется вся легкодоступная для растений влага и запас ее снижается от НВ до ВРК. В засушливые годы из этого слоя растения используют также средне- и труднодоступную влагу, о чем свидетельствует показатель минимального запаса влаги, который лишь незначительно отличается от ВЗ.

В слое 60-100 см серой лесной почвы Заларинского стационара динамика влаги менее выражена. Средний и максимальный запас влаги в этом слое большую часть года несколько превышает величину НВ, что обусловлено повышенным накоплением капиллярной подперто-подвешенной влаги на границе смены пород. Минимальный запас влаги в этом слое в сухие годы, опускается ниже НВ только в фазу полной спелости зерна.

Как видно из табл. 5.2.2, в метровом слое серой лесной почвы перед посевом озимой пшеницы запас влаги соответствует величине НВ, а к концу вегетационного периода снижается до 85% от НВ. В засушливые годы запас влаги в метровом слое почвы в период наиболее активного водопотребления озимой пшеницы составляет 81-85% от НВ.

Для характеристики водного режима выщелоченного чернозема Зиминского стационара в табл. 5.2.3 представлены средние данные за 5 лет о динамике послойных запасов влаги, а также показатели их максимальных и минимальных отклонений. Наблюдения проводились в полевом севообороте с яровыми зерновыми культурами, среди которых ведущее место занимала яровая пшеница. Исследованиями была охвачена 1,5-метровая толща почвы, в которой расположена основная масса корней.

В черноземе, как и в серой лесной почве, основной запас влаги в почве начинает накапливаться во второй половине лета - начале осени, когда выпадает наибольшее количество осадков, а испаряемость снижается и прекращается транспирационный расход влаги растениями.

Как видно из табл. 5.2.3, увеличение содержания влаги в слое 0-50 см под посевом яровой

Таблица 5.2.3

Динамика запасов влаги в выщелоченном черноземе под посевами яровых зерновых культур в севообороте. Зиминский стационар, среднее за 5 лет, максимальные (макс.) и минимальные (мин.) колебания, мм

Слой, см	Показатель	Фазы развития					
		Посев	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	После уборки
0-50	Среднее	155,0	129,6	116,7	114,6	129,0	149,9
	Макс.	178,6	137,1	126,0	140,1	164,2	169,8
	Мин.	138,2	120,9	103,5	90,8	97,4	135,8
50-100	Среднее	131,2	129,0	123,6	117,6	100,0	116,0
	Макс.	138,7	140,2	136,5	132,2	116,6	123,4
	Мин.	126,7	116,6	109,1	102,3	72,1	99,5
100-150	Среднее	174,9	168,1	164,4	158,9	144,2	151,9
	Макс.	185,6	175,0	171,9	171,4	162,1	167,7
	Мин.	163,5	159,4	149,2	147,8	124,6	144,0
0-100	Среднее	286,2	258,6	240,3	232,2	229,0	265,9
	Макс.	317,3	277,3	262,5	272,3	280,8	293,2
	Мин.	264,9	237,5	212,6	193,1	169,5	235,3
0-150	Среднее	461,1	426,7	404,7	391,1	373,2	417,8
	Макс.	502,9	452,3	434,4	443,7	442,9	460,9
	Мин.	428,4	396,9	361,8	340,9	294,1	379,3

пшеницы отмечается уже в период созревания урожая: к фазе полной спелости запас влаги в этом слое повысился на 12,6%. В последующий период - от фазы полной спелости до взятия пробы после уборки урожая (вторая декада сентября) - запас влаги в почве увеличился еще на 16,2% по сравнению с предыдущим сроком наблюдения.

Во второй декаде сентября (после уборки урожая) по средним многолетним данным в слое 0-50 см запас влаги составляет 83% от величины НВ, а максимальный запас достигает 94% (см. табл. 5.2.1).. При недостаточном количестве осадков минимальный запас влаги в этом слое после уборки урожая может составлять 75% от НВ.

В слое 50-100 см выщелоченного чернозема восполнение запасов влаги за счет нисходящего передвижения в профиле почвы атмосферных осадков происходит в более поздний срок, чем в расположенном выше слое, - после уборки урожая. В этот срок наблюдений в слое 50-100 см, сильно иссушенном корнями растений в конце вегетационного периода, запас влаги повышается в среднем на 16% и несколько превышает величину ВРК. При наибольшем увлажнении максимальный запас влаги в этом слое составляет 75% от НВ, а при минимальном увлажнении его величина несколько ниже ВРК.

В целом в метровой толще выщелоченного чернозема Зиминского стационара в срок после уборки урожая запас влаги в среднем составляет 265,9 мм, при максимальном содержании 293,2 и минимальном-235,3 мм. Величина среднего запаса влаги в осенний срок (после уборки урожая) в метровом слое выщелоченного чернозема незначительно отличается от соответствующего показателя серой лесной почвы Заларинского стационара, которая содержалась под паром (или на участке с ранней зяблевой вспашкой).

Как видно из табл. 5.2.3, в нижнем слое выщелоченного чернозема на глубине 100-150 см в годы наших наблюдений осенняя влагозарядка почвы не происходила, так как инфильтрующиеся атмосферные осадки не достигали этой глубины, а впитывались в вышележащих слоях почвы. В целом в слое 0-150 см общий запас влаги в начале осеннего периода составлял в среднем 417,8 мм, при максимальной величине 460,9 и минимальной-379,3 мм.

В зимний и весенний период, когда почва находится в мерзлом состоянии, в верхнем слое почвы (0-50 см) значительных изменений в запасах влаги не происходит. Как видно из табл. 5.2.3, в первый весенний срок наблюдений (май - посев яровых культур), в слое 0-50 см средний запас влаги по сравнению с осенним сроком практически не изменился (увеличение составляет всего 5,1 мм, или 3.5%). В слое 50-100 см

увеличение влагозапаса более значительно и составляет 15,2 мм (13%), что обусловлено, по-видимому, термоградиентным накоплением влаги в начале зимы при медленном промерзании этого слоя.

Еще более значительно в зимний период увеличивается запас влаги в слое 100-150 см. На этой глубине в профиле выщелоченного чернозема располагается длительно сезонно-мерзлотный горизонт, в котором мерзлота сохраняется до 4-х месяцев. В результате термоградиентного переноса парообразной и пленочной влаги из нижней части почвогрунта к фронту мерзлоты запас влаги в слое 100-150 см за рассматриваемый период увеличился на 23 мм, или на 15% к осеннему показателю.

Таким образом, в выщелоченном черноземе в зимне-весеннее время происходит некоторое пополнение осеннего запаса влаги, но не в верхнем слое (0-50 см) за счет талых вод и весенних осадков, а в результате криогенных процессов в толще почвы на глубине второго и третьего полуметра, где наиболее продолжительное время сохраняется сезонная мерзлота. К весеннему сроку наблюдений (посев) запасы влаги в слое почвы 0-150 см увеличились по сравнению с осенним периодом на 43,3 мм, или на 10%.

В весенне-летний период, как видно из табл. 5.2.3, водный режим выщелоченного чернозема характеризуется большой динамичностью - изменения запасов влаги происходят во всех почвенно-гидрологических слоях, но наиболее значительно в слое 0-50 см. В этом слое уже в первой половине июня (кущение) в связи с высоким расходом влаги на физическое испарение и транспирацию, не восполняемым за счет выпадающих осадков, запас влаги снижается до величины ВРК (см. табл. 5.2.1). В расположенных ниже слоях 50-100 и 100-150 см в результате десукции корней запас влаги также несколько снижается, но остается в интервале НВ-ВРК.

В межфазный период выход в трубку - колошение (июнь-июль), когда расход влаги из почвы и испарение достигают наибольшей величины, в слое 0-50 см средний показатель запаса влаги снижается ниже величины ВРК, но не опускается до ВЗ, что указывает на наличие в почве некоторого количества доступной для растений влаги. Однако в сильно засушливые годы в отдельные декады июня и июля влажность слоя 0-50 см может понижаться до влажности завядания (и даже ниже), при которой

содержащаяся в почве влага становится недоступной для растений В этот период отмечается интенсивное потребление корнями растений влаги из слоя 50-100 см, запасы которой снижаются до величины ВРК, а в отдельные засушливые годы опускаются и несколько ниже этой величины. Из слоя 100-150 см растения потребляют влаги меньше, запас ее здесь изменяется незначительно, оставаясь на уровне 85-88% от НВ.

В период полной спелости урожая, когда выпадают частые, обильные осадки, а расход влаги растениями из почвы прекращается, происходит пополнение запаса влаги вначале в верхнем слое, а затем и в более глубоких слоях. Более подробно процесс влагозарядки выщелоченного чернозема был охарактеризован выше.

3. ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

При изучении водного режима почвы под посевами сельскохозяйственных культур наряду с учетом общего содержания влаги, ее форм и степени подвижности, важное значение имеет определение в почве запасов продуктивной (доступной) влаги как показателя условий влагообеспеченности растений по фазам развития. Продуктивная влага, или влага, содержащаяся в почве сверх влажности устойчивого завядания (ВЗ), оказывает непосредственное влияние на жизнедеятельность растений, накопление растительной массы и формирование урожая, а изменение ее запасов практически обуславливает все изменения влагосодержания почвы (Вериго, Разумова, 1973).

Однако не вся продуктивная влага, содержащаяся в почве, обладает одинаковой подвижностью и усвояемостью для растений. Наиболее высокой степенью подвижности и доступности для растений обладает влага, соответствующая величине наименьшей влагоемкости (НВ) и в пределах от НВ до влажности разрыва капиллярной связи (ВРК).. При дальнейшем снижении влажности и переходе ее величин в пределы ВРК-ВЗ, содержащаяся в почве влага еще относится к продуктивной, но она обладает слабой подвижностью и труднее усваивается растениями. В пределах диапазона влажности ВРК-ВЗ гибели растений от недостатка влаги не происходит, но в связи с ухудшением условий влагоснабжения замедляется рост и фотосинтез растений, происходит снижение урожая.

Исследования содержания запасов продуктивной влаги как показателя условий влагоснабжения озимой пшеницы проводились в полевых опытах на Заларинском стационаре в 1992-1998 гг. в процессе изучения водного режима серой лесной почвы опытных участков.

Основным источником пополнения запасов продуктивной влаги в серой лесной почве опытного участка Заларинского стационара служат атмосферные осадки. С учетом особенностей жизненного цикла озимой пшеницы (осенний и весенне-летний периоды вегетации) и количества атмосферных осадков в годы полевых опытов, ниже будет рассмотрена динамика послойных запасов продуктивной влаги, которые служат показателями условий влагообеспеченности растений в различные фазы развития.

В табл.5.3.1 представлены данные наблюдений в осенний период вегетации о количестве осадков и послойном содержании продуктивной влаги в почве под посевами озимой пшеницы в годы полевых опытов. Следует заметить, что с учетом оптимального времени посева озимой пшеницы в данном регионе - начало третьей декады августа, - количество осадков в срок "Перед посевом" указано как сумма за первую и вторую декады августа.

Как видно из этих данных, количество осадков, выпадавших в срок "Перед посевом" (первая и вторая декады августа) во все годы полевых опытов соответствовало климатической норме (44 мм), или превышало ее. В начальный период вегетации озимой пшеницы (посев-кущение) по годам отмечаются значительные колебания в суммах осадков. Так, если в 1993 и 1994 гг. количество осадков в 1,4 и 2,3 раза превышало норму (климатическая норма-46 мм), то в остальные годы осадков выпадало несколько меньше нормы.

В целом за осенний период вегетации в большинстве лет сумма осадков соответствовала климатической норме для этого периода (90 мм), а в 1993 и 1994 гг. превышала ее, соответственно, в 1,2 и 1,8 раза.

В период прорастания семян основным показателем условий влагоснабжения растений служит запас продуктивной влаги в пахотном слое (0-20 см). Как видно из табл. 5.3.1, даже при выпадении суммы осадков равной норме, запасы продуктивной влаги в пахотном слое перед посевом значительно различаются по годам. Эти различия обусловлены

предшественником в севообороте, сроками и качеством обработки почвы, а также расположением опытного участка по рельефу. Существенное значение имеет также форма выпадающих осадков (ливневые дожди, интенсивные продолжительные осадки, слабые дожди).

Таблица 5.3.1

Осадки и запасы продуктивной влаги в серой лесной почве
Заларинского стационара в осенний период вегетации озимой пшеницы

Фаза развития	Показатель, глубина слоя, см	№ опыта, год посева				
		1 1992	2 1993	3 1994	5 1996	6 1997
Перед посевом	мм %	69	46	53	45	57
	к норме	157	105	120	102	130
Посев-кущение	мм %	29	66	107	40	33
	к норме	63	143	233	87	72
За осенний период	мм %	98	112	160	85	90
	к норме	109	124	178	94	100
Послойные запасы продуктивной влаги, мм						
Перед посевом -1 и 2 декада августа	0-20	32,8	23,7	14,8	26,8	30,7
	20-60	51,0	44,8	17,3	34,6	52,8
	60-100 0-	48,8	42,6	28,7	29,5	66,5
	100	132,6	111,1	60,8	90,9	155,4
Кущение -3-я дек. августа, 1-2 дек. сентября	0-20	30,8	22,8	26,2	27,1	30,7
	20-60	45,3	47,7	45,9	39,2	54,2
	60-100 0-	48,0	41,1	38,1	39,9	63,1
	100	124,1	111,6	110,2	106,2	148,0

Как показывают результаты опытов, наиболее высокие запасы продуктивной влаги перед посевом, а также в период посев-кущение, в пахотном слое и во всей метровой толще почвы содержатся после черного пара (опыт б) и при обработке почвы по типу полупара (опыт 1). В опыте 1 предшественником служили многолетние травы (донник), которые были убраны в ранний срок (начало июля) и сразу же проведена вспашка поля и затем культивация.

В опытах 1 и 6 запасы влаги в пахотном слое при прорастании семян и в период посев-кущение достигают 30 мм и более, что служит показателем хороших условий влагоснабжения (Уланова, 1975). При указанном количестве продуктивной влаги в пахотном слое и оптимальной температуре воздуха значительно сокращается продолжительность периода всходы-кущение.

В опытах 2 и 5 предшественником также служил черный пар. Однако в пахотном слое перед посевом в этих опытах содержались более низкие запасы продуктивной влаги (соответственно 23,7 и 26,8 мм), которые характеризуются как удовлетворительные. Снижение запасов продуктивной влаги в пахотном слое опыта 2 можно объяснить тем, что в августе и сентябре значительная часть осадков выпадала в виде ливней, которые плохо впитывались в почву. В опыте 5, который был заложен на склоне, выпадавшие осадки также не полностью поступали в почву, часть их терялась, стекая по уклону поверхности.

Как видно из табл. 5.3.1, наиболее низкие запасы продуктивной влаги в пахотном и более глубоких слоях почвы содержатся в опыте 3. В этом опыте предшественником служили однолетние травы (гороховая смесь), которые сильно иссушили толщу почвы. Уборка травосмеси проходила очень медленно, а вспашка почвы проведена с запаздыванием. Перед началом сева в пахотном слое содержалось 14,8 мм продуктивной влаги, что недостаточно для прорастания семян и получения массовых всходов (Уланова, 1975). Очень низкие запасы продуктивной влаги содержались также и в расположенных глубже слоях почвы (табл. 5.3.1). Однако выпавшие сразу же после посева обильные осадки, которые продолжались и в первой половине сентября, устранили дефицит влаги в пахотном слое и создали хороший запас продуктивной влаги во всей метровой толще почвы.

В завершение характеристики условий влагоснабжения озимой пшеницы в осенний период вегетации отметим, что благодаря обильным осадкам второй половины лета и начала осени высокие запасы влаги создаются не только в пахотном слое, но и во всей метровой толще почвы. Как видно из табл. 5.3.1, в слое 0-100 см почвы в фазу осенней вегетации озимой пшеницы содержание продуктивной влаги по годам колеблется от 106,2 до 148,0 мм, что соответствует максимально высокому

потенциальному запасу продуктивной влаги в серой лесной легкосуглинистой почве Заларинского стационара (см. табл. 5.2.1).

В зимний период, как уже указывалось, после промерзания почвы в верхних ее слоях миграции влаги не происходит и влажность почвы не изменяется. Весной в период снеготаяния, когда оттаивает только поверхностный тонкий слой, влагозапасы почвы пополняются за счет талых вод незначительно. Поэтому запасы продуктивной влаги, определяемые в фазу весеннего кущения озимой пшеницы, обычно незначительно отличаются от осенних запасов.

Сведения об осадках в весенне-летний период вегетации озимой пшеницы на Заларинском стационаре приведены в табл. 5.3.2. Отметим, что климатическая сумма осадков (норма) для указанного пункта рассчитана по данным "Агроклиматического справочника по Иркутской области" (1962) для периода вегетации озимой пшеницы с декады начала (возобновления) вегетации (2-я декада апреля) до средней даты уборки урожая в фазе полной спелости зерна (2-я декада августа). Норма осадков за весь указанный период составляет 210 мм, в межфазный период начало вегетации - выход в трубку 49 мм, выход в трубку-колошение - 66 мм, колошение-уборка (полная спелость) - 95 мм.

Как видно из табл. 5.3.2, осадки по годам, а также в пределах одного вегетационного периода, характеризуются значительными колебаниями. По количеству осадков как в целом за весенне-летний период, так и в отдельные его этапы, особо выделяется 1993 г. (опыт 1) как остро засушливый. В отдельные межфазные периоды этого года осадков выпадало от 33 до 68% к норме за соответствующий период, а в целом за весь рассматриваемый период - 49% от нормы.

В опыте 5 (1997 г.) в начальный период вегетации количество осадков соответствовало норме (106%), однако в фазы интенсивного роста и развития, когда растения предъявляют наиболее высокие требования к обеспечению влагой, осадков выпадало значительно меньше нормы (32-77%). За весь весенне-летний период вегетации в 1997 г. выпало 146 мм осадков, или 70% от нормы, что характеризует этот период как засушливый.

Недостаток осадков отмечался также в начальный и конечный периоды весенне-летнего сезона 1998 г. (опыт 6), общая сумма осадков за

весь период составила 177 мм, или 84% от нормы. В опытах 2 и 3 количество осадков в течение весенне-летнего периода вегетации соответствовало норме.

Таблица 5.3.2

Осадки в весенне-летний период вегетации озимой пшеницы
в годы полевых опытов на Заларинском стационаре

Межфазный период	Показатель	№ опыта, год				
		1 1993	2 1994	3 1995	5 1997	6 1998
Начало вегетации- выход в трубку	мм	16	60	107	52	34
	в % к норме	33	122	218	106	69
Выход в трубку- колошение	мм	45	103	16	21	76
	в % к норме	68	156	24	32	115
Колошение-полная спелость (уборка)	мм	42	94	99	73	67
	в % к норме	44	99	104	77	71
Всего за весенне- летний период	мм	103	257	222	146	177
	в % к норме	49	122	106	70	84

Отмеченные особенности в количестве и распределении осадков в весенне-летний период в годы полевых опытов, их эффективность в увлажнении почв, играют важную роль в водном режиме почв и обеспечении растений продуктивной влагой. Данные о послойных запасах продуктивной влаги в разные фазы развития озимой пшеницы в весенне-летний период вегетации в опытах на Заларинском стационаре представлены в табл. 5.3.3.

Сравнивая послойные запасы продуктивной влаги по каждому опыту в первый весенний срок наблюдений (фаза весеннего кущения) с осенним сроком (осеннее кущение) видно, что за зимний период в запасах продуктивной влаги наблюдаются небольшие изменения. Некоторое снижение запасов продуктивной влаги произошло в пахотном слое (и в

целом в метровой толще) в опытах 1 и 6 в связи с дефицитом весенних осадков и повышенной потерей влаги на физическое испарение.

Наиболее значительные потери влаги произошли в опыте 5, который был заложен на склоне, где распространены серые лесные эродированные почвы, обладающие пониженной влагоемкостью. Как уже отмечалось, в период снеготаяния при стоке талых вод на поверхности почвы опыта 5 образовались многочисленные струйчатые размывы, которые усилили потери влаги из почвы в результате физического испарения. В этом опыте запасы продуктивной влаги в весенний срок наблюдений в пахотном слое значительно сократились (на 15,3 мм) по сравнению с осенним сроком и составили 11,8 мм, что характеризует условия влагоснабжения растений в слое 0-20 см как неудовлетворительные. В слое 20-60 см запасы продуктивной влаги в весенний период снизились более чем на 30%, но оставались еще довольно высокими. Незначительное увеличение запасов влаги отмечается на глубине 60-100 см. В целом в толще почвы 0-100 см весной потери влаги в опыте 5 составили 20,9 мм.

В опытах 2 и 3 за счет обильных весенних осадков, превышающих норму, запасы продуктивной влаги в пахотном слое и в целом в метровом слое почвы несколько увеличились.

В весенний период отмеченные изменения запасов влаги обусловлены главным образом изменениями влажности поверхностного слоя почвы; в залегающих глубже слоях 20-60 и 60-100 см весенние изменения запасов продуктивной влаги менее выражены. В целом в слое 0-100 см весенний запас продуктивной влаги по годам изменяется мало - от 117,8 до 131 мм, что характеризует хорошие условия влагоснабжения озимой пшеницы в период возобновления вегетации и весеннего кущения озимой пшеницы. Значительно меньше весенние запасы продуктивной влаги в опыте 5, в котором эродированная почва отличается пониженной влагоемкостью, а весной произошли значительные потери влаги из верхних слоев почвы вследствие развития эрозионных процессов.

В период от выхода в трубку до колошения, который приходится на первую половину лета, растения озимой пшеницы в связи с усилением ростовых процессов, интенсивным накоплением вегетативной массы и формированием репродуктивных органов значительно увеличивают потребление влаги из почвы. Однако осадки в этот период выпадают

неравномерно, а количество их, как видно из табл. 5.3.2, в большинстве лет ниже нормы. В связи с большим расходом влаги в результате физического испарения с поверхности почвы и транспирации растений существенные изменения происходят в послойных запасах продуктивной влаги в верхних слоях почвы.

Таблица 5.3.3

Динамика послойных запасов продуктивной влаги в серой лесной почве под посевом озимой пшеницы в весенне-летний период вегетации на Заларинском стационаре, мм

Фаза развития	Слой, см	№ опыта, год				
		1 1993	2 1994	3 1995	5 1997	6 1998
Весеннее кущение	0-20	24,9	32,5	27,4	11,8	23,9
	20-60	46,4	44,9	51,1	27,0	45,0
	60-100	46,5	44,4	40,3	46,5	62,1
	0-100	117,8	121,8	118,8	85,3	131,0
Выход в трубку	0-20	0,0	9,3	не опр.	0,0	2,4
	20-60	26,5	41,7	" "	24,8	30,6
	60-100	45,2	44,3	"	47,4	61,9
	0-100	71,7	95,3		72,2	94,9
Колошение	0-20	6,2	6,9	4,1	не опр.	21,9
	20-60	22,4	34,1	27,5	" "	11,0
	60-100	42,9	42,5	33,7	"	48,2
	0-100	71,5	83,5	65,3		81,1
Полная спелость (уборка)	0-20	9,1	20,5	17,0	18,5	15,4
	20-60	18,6	5,2	26,4	21,2	7,6
	60-100	40,1	34,7	30,9	41,5	42,2
	0-100	67,8	60,4	74,6	81,2	65,2

Как видно из табл. 5.3.3, в фазу выхода в трубку запасы продуктивной влаги в слое 0-20 см почти во всех опытах снизились до

нуля. Однако, как показали наблюдения, это не вызывало приостановки роста, увядания растений и их гибели, так как влагоснабжение растений в этот период осуществлялось корнями растений из слоя 20-60 см, в котором, несмотря на снижение влажности, содержался еще достаточно высокий запас продуктивной влаги. Практически не изменился запас продуктивной влаги в слое 60-100 см, соответствующий максимальной вместимости в почве данной категории влаги.

В засушливый весенне-раннелетний период (кущение-выход в трубку), когда устанавливается повышенный температурный режим и происходит иссушение пахотного слоя, от недостатка влаги в почве наиболее сильно страдают посевы яровых хлебов, у которых корневая система развита еще слабо и растения не могут использовать запасы продуктивной влаги, содержащиеся в более глубоких слоях почвы. У озимой пшеницы, как видно из представленных данных, благодаря глубоко развитой корневой системе потребность растений во влаге обеспечивается за счет использования высоких запасов влаги в нижних слоях почвы. Однако при длительном иссушении пахотного слоя, в котором в основном располагаются узловые корни, у озимой пшеницы все же отмечается задержка в росте, причем наиболее заметно у боковых побегов, а некоторые из них усыхают.

Наиболее напряженно складывается для влагоснабжения озимой пшеницы межфазный период трубкования - колошение, когда растения предъявляют повышенную потребность в обеспечении водой, а осадки выпадают нерегулярно и в недостаточном количестве. Как показывают наблюдения, в пахотном слое почвы в этот период условия влагоснабжения растений неустойчивые: увлажнение этого слоя за счет осадков чередуется с его иссушением, запас продуктивной влаги крайне низкий и быстро расходуется. Влагоснабжение растений в основном происходит за счет запасов продуктивной влаги, содержащейся в глубже лежащих слоях почвы. Из табл. 5.3.3 видно, что в результате десукции корней в слоях 20-60 и 60-100 см запас продуктивной влаги снижается во всех опытах. При этом наиболее значительно снизились запасы влаги в фазу колошения в опытах 3 и 6, в которых производился перекрестный посев и стеблестой был загущен. За весь период трубкования - колошения в связи с интенсивным расходом на эвапотранспирацию запас продуктивной влаги в слое 0-100 см снизился по

сравнению с весенним кушением на 31-45%. Такой характер водного режима почвы, когда в условиях летней засухи растения озимой пшеницы расходуют значительную часть запаса продуктивной влаги из среднего и нижнего слоев корнеобитаемой толщи почвы служит показателем крайне напряженных условий влагоснабжения растений.

В период колошение - полная спелость (уборка), когда потребление влаги растениями уменьшается, а испаряемость снижается, выпадающие осадки начинают пополнять запасы влаги в пахотном слое под посевами озимой пшеницы (табл. 5.3.3). Однако в период формирования и налива зерна корни растений еще потребляют влагу из среднего и нижнего слоев почвы и влажность в них несколько снижается.

Таким образом, представленные выше результаты пятилетних исследований условий влагоснабжения озимой пшеницы на серой лесной легкосуглинистой почве Заларинского стационара показывают, что в начальный период вегетации в метровом слое почвы накапливаются высокие запасы продуктивной влаги, изменяющиеся в разные годы от 106 до 148 мм, что характеризует хорошую степень обеспеченности растений влагой. В период интенсивного роста растений, при недостатке осадков, запасы продуктивной влаги в метровом слое снижаются до 70-90 мм, что соответствует удовлетворительному влагообеспечению озимой пшеницы. Между влагозапасами в метровом слое почвы и продуктивностью растений существует тесная корреляционная зависимость, установленная для почв различных почвенно-климатических зон Европейской части России и Украины (Вериги, Разумова, 1973; Уланова, 1975).

Как указывалось выше, в Иркутской области агрохимические опыты с озимой пшеницей, в программу которых входило также изучение водного режима почвы, проводились только на Заларинском стационаре, на серой лесной легкосуглинистой почве. Другие типы лесостепных почв - черноземы, темно-серые и серые лесные тяжелосуглинистые почвы, развитые на лессовидных суглинках, этими исследованиями не были охвачены. Поэтому, для характеристики условий влагоснабжения зерновых культур на этих почвах в весенне-летний период приводим данные о динамике послойных запасов влаги в 1,5-метровом слое выщелоченного тяжелосуглинистого чернозема Зиминского стационара под посевом яровой пшеницы. В табл. 5.3.4 представлены средние данные

за 5 лет (1963-1967 гг.) о динамике послойных запасов продуктивной влаги по фазам развития яровой пшеницы Скала.

Ранее уже указывалось, что основная влагозарядка лесостепных почв Иркутской области происходит во второй половине лета - в начале осени. Наблюдения на Зиминском стационаре показали, что у чернозема выщелоченного влажность верхнего слоя почвы начинает повышаться в августе, еще до уборки хлебов. После скашивания урожая (третья декада сентября) средние запасы продуктивной влаги в слое 0-50 см возросли до 67,3 мм (на 45%), в слое 50-100 см - до 49,5 мм (на 47%), а всего в метровом слое они увеличились до 116,8 мм (на 45%). В слое 100-150 см изменений влажности не наблюдается, так как пополнение запасов влаги здесь происходит в основном в зимний период в результате термоградиентного переноса парообразной и пленочной влаги к фронту мерзлоты, длительное время сохраняющейся в этом слое.

Анализ данных табл. 5.3.4 показывает, что перед посевом яровой пшеницы (май) в слое 0-50 см запасы продуктивной влаги по сравнению с осенним периодом изменились мало (прибавка составляет 5,1 мм). Более значительное увеличение запасов продуктивной влаги (на 20,3 мм) произошло в слое 50-100 см за счет криогенных процессов в период промерзания почвы. Наибольшее увеличение запасов продуктивной влаги (на 30,7 мм) наблюдается на глубине 100-150 см, где в холодный период длительное время сохраняется сезонно-мерзлотный горизонт.

Анализ изменений запаса продуктивной влаги в весенне-летний период показывает (табл. 5.3.4), что в слое 0-50 см выщелоченного чернозема уже к фазе кущения (первая половина июня) средний запас продуктивной влаги уменьшается до 47 мм, что служит показателем снижения влажности до ВРК, при которой влага из категории легкоподвижной переходит в труднодоступную для растений. В годы с засушливым весенним периодом происходит сильное иссушение пахотного горизонта почвы, запасы влаги в нем снижаются до ВЗ и развивается почвенная засуха.

В слое 50-100 см чернозема в годы с нормальным увлажнением расход влаги в фазу кущения незначительный, однако при недостатке осадков минимальный запас продуктивной влаги снижается до ВРК.

В фазы выхода в трубку и колошения (июнь-июль), характеризующиеся повышенным требованием к влаге у пшеницы, в годы с недостатком осадков, когда в слое 0-50 см содержится минимальный запас продуктивной влаги, незначительно отличающийся от ВЗ, складывается напряженный режим влагоснабжения растений. Яровая пшеница, как уже отмечалось, в меньшей мере чем озимая способна использовать влагу из глубоких слоев почвы. Поэтому даже в засушливые годы в период трубкувания - колошения минимальный запас продуктивной влаги, который содержится в слое 50-100 см, отличается от среднего запаса всего на 25-30% (табл. 5.3.4).

Таблица 5.3.4

Послойные запасы продуктивной влаги в выщелоченном черноземе Зиминского стационара по фазам развития яровой пшеницы. Среднее за 5 лет, максимальные (макс.) и минимальные (мин.) отклонения, мм

Слой, см	Показатель	Фазы развития				
		Посев	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость
0-50	Среднее	72,4	47,0	34,1	32,0	46,4
	Макс.	96,0	54,5	43,4	57,5	81,6
	Мин.	55,6	38,3	20,9	8,2	14,8
50-100	Среднее	64,7	62,5	57,1	51,1	33,5
	Макс.	72,2	73,7	70,0	65,7	50,1
	Мин.	60,2	50,1	42,6	35,8	5,6
100-150	Среднее	101,3	94,5	90,8	85,3	70,6
	Макс.	112,0	101,4	98,3	97,8	88,5
	Мин.	89,9	85,8	75,6	74,2	51,0
0-100	Среднее	137,1	109,5	91,2	83,1	79,9
	Макс.	168,2	128,2	113,4	123,2	131,7
	Мин.	115,8	88,4	63,5	44,0	20,4
0-150	Среднее	238,4	204,0	182,0	168,4	150,5
	Макс.	280,2	229,6	211,7	221,0	220,2
	Мин.	205,7	174,2	139,1	118,2	71,4

В период интенсивного роста растений (кущение - колошение) влага из слоя 100-150 см принимает слабое участие во влагообороте почвы - запас продуктивной влаги в этом слое изменяется незначительно в пределах НВ-ВРК.

Как показывает определение запасов продуктивной влаги в фазу полной спелости зерна, в межфазный период колошение - спелость зерна, когда происходит формирование и развитие репродуктивных органов и налив зерна, пшеница расходует влагу из слоев 50-100 и 100-150 см. В верхнем слое (0-50 см) в день взятия почвенных образцов на анализ отмечалось повышение влажности почвы за счет выпадающих осадков.

На основании данных, полученных при изучении водного режима серой лесной почвы и динамики послойных запасов продуктивной влаги под посевами озимой пшеницы, можно сделать следующие выводы.

1. В формировании режима влажности почвы в начальный период вегетации озимой пшеницы и накоплении высоких запасов продуктивной влаги решающую роль играют осадки второй половины лета и начала осени, на долю которых по многолетним данным приходится 54% от годовой суммы.

2. В течение зимнего периода в связи с низкими отрицательными температурами, образованием устойчивого снежного покрова и глубоким промерзанием почвы, когда почвенная вода переходит из жидкого в кристаллическое состояние, в режиме влажности почвы существенных изменений не происходит.

3. Осадки зимнего периода, содержащиеся в снеге, весной в период снеготаяния не оказывают существенного влияния на режим влажности почвы. Талые воды, стекая по поверхности мерзлой почвы, не обладающей водопроницаемостью, не впитываются в почву, а стекая по склонам бесполезно теряются, направляясь в понижения рельефа.

4. На посевах озимой пшеницы, размещаемых на склонах, в период снеготаяния интенсивные потоки талых вод вызывают эрозию почвы в виде поверхностного смыва и сети мелких струйчатых размывов. Эрозии подвергается поверхностный оттаявший слой почвы (0-5 см) который в переувлажненном состоянии слабо противостоит размывающему действию воды.

5. Как показывают результаты опыта 5, растения озимой пшеницы на склоне в период снеготаяния не обладают способностью защищать почву от размывающего действия воды. Почвозащитная роль озимой пшеницы очень слаба, так как в зимнее время под снегом вегетативная масса растений отмирает, а весной первичная корневая система и небольшое число узловых корней слабо скрепляют почву и недостаточно противостоят размывающему действию стока талых вод.

6. На основании изучения динамики влажности, особенностей формирования и расходования запасов продуктивной влаги, в почвенном профиле серой лесной почвы до глубины 1 м выделены три почвенно-гидрологических слоя, роль которых в водоснабжении озимой пшеницы в разные периоды роста значительно различается.

6.1. Верхний слой (0-20 см) содержит максимальные запасы продуктивной влаги в осеннее время, что обеспечивает благоприятные условия прорастания семян и развития растений до ухода в зиму. В весенне-летнее время при недостаточном и нерегулярном выпадении осадков, когда в результате эвапотранспирации почва в верхней части периодически пересыхает, роль этого слоя в обеспечении растений влагой значительно снижается.

6.2. Средний слой (20-60 см) играет важную роль в обеспечении растений влагой в весенне-летний период вегетации, когда в верхнем слое почвы не содержится достаточных запасов продуктивной влаги. В критический период растений по отношению к увлажнению (трубкование-колошение) средний слой подвергается значительному десуктивному иссушению.

6.3. В нижнем слое почвы (60-100 см) содержится наиболее высокий запас продуктивной влаги, которую растения озимой пшеницы благодаря глубоко развитой корневой системе используют в засушливый летний период, когда в расположенных выше слоях иссякают запасы доступной влаги.

7. В связи с отмеченными особенностями режима влажности серой лесной почвы влагообеспеченность и урожайность озимой пшеницы в решающей степени определяются запасами продуктивной влаги, которые формируются в метровом слое почвы в конце лета-начале осени, и в

меньшей мере зависят от агрометеорологических факторов весенне-летнего периода.

8. Выщелоченный тяжелосуглинистый чернозем на лессовидных породах по сравнению с серой лесной легкосуглинистой почвой, развитой на юрских песчаниках, имеет более мощный почвенно-гидрологический профиль, нижний слой которого залегает на глубине 100-150 см. Благодаря более высоким запасам продуктивной влаги, при посеве озимой пшеницы на выщелоченном черноземе эта культура будет располагать более благоприятными условиями влагоснабжения, особенно в периоды сильных засух.

ГЛАВА 6. ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ

Питательный режим почвы наряду с температурным и водным режимами определяет существенное свойство почвы - ее плодородие. Важнейшие факторы питательного режима - элементы азотного и зольного питания растений (азот, фосфор, калий), их содержание и динамика в корнеобитаемом слое почвы. В свою очередь, уровень содержания доступных для растений питательных элементов во многом зависит от состава и свойств почв, интенсивности развития микробиологических процессов в почве, агротехники, гидротермических условий.

Изучение питательного режима серых лесных почв Заларинского стационара проводилось в 1992-1998 гг. на опытных участках под посевами озимой пшеницы. В соответствии с общепринятыми в агрохимии методами (Агрохимические методы ..., 1965) содержание подвижных форм азота, фосфора и калия по фазам развития озимой пшеницы определяли в пахотном (0-20 см) и подпахотном (20-30 см) слоях почвы.

В задачу полевых опытов входило также изучение влияния различных видов и доз удобрений на питательный режим почвы, минеральное питание и урожай озимой пшеницы. Проведено пять полевых опытов, схемы применения удобрений в которых были приведены выше (см табл. 4.1.1).

1. АЗОТНЫЙ РЕЖИМ

Как показали исследования на Заларинском стационаре, распространенные здесь серые лесные почвы характеризуются низкими запасами гумуса и общего азота. Содержание минеральных форм азота (аммонийного - NH_4 и нитратного - NO_3) - основных источников азотного питания растений - в почве подвержено значительным изменениям по годам в зависимости от предшественника в севообороте, системы обработки почвы, гидротермических условий (см. табл. 4.3.1). Наибольшее количество минерального азота перед посевом озимой пшеницы накапливается в почве при паровой обработке, причем в составе азота обычно преобладают нитраты. По непаровому предшественнику в начальный период вегетации озимой пшеницы в почве содержится повышенное количество аммонийного азота. В отдельные годы, когда после уборки предшественника (горохо-овсяная травосмесь в опыте 3) в почве остается большое количество растительных остатков, аммоний может преобладать над нитратами в течение всего периода вегетации

В профиле почвы наибольшее накопление минерального азота происходит в верхней части перегнойного горизонта (пахотный слой), с глубиной содержание азота быстро снижается. Однако в верхнем слое почвы, в котором происходят значительные колебания влажности, отмечается и наибольшая изменчивость в содержании минерального азота. В связи с большими годовыми колебаниями в содержании минерального азота в почвах опытных участков, нами проведено обобщение многолетних данных по предшественникам (пар, непаровой предшественник) с целью выявления основных особенностей азотного режима почвы в зависимости от предшественника. Учитывая физиологически равноценное значение аммонийного и нитратного азота в питании пшеницы, ниже в таблицах содержание минерального азота представлено в виде суммы этих двух форм азота ($\text{N-NH}_4 + \text{N-NO}_3$).

Результаты исследований азотного режима серой лесной почвы под посевом озимой пшеницы по разным предшественникам представлены в табл. 6.1.1. В опытах 2, 5 и 6 обработка почвы проводилась по типу чистого пара. В опыте 1 предшественник - многолетние травы (донник), уборка которых и вспашка поля проводились в первой пятидневке июля.

Опыт 3 заложен по предшественнику однолетним травам (горохо-овсяная смесь), скашивание которых и обработка почвы проводились в поздние сроки (третья декада июля).

Сравнивая по разным предшественникам показатели содержания азота в верхних слоях почвы до закладки опыта, видно, что в почве по пару накапливается значительно больше легкодоступного для растений азота (в 1,8-2,1 раза), чем по непаровому предшественнику. Это создает более благоприятные условия азотного питания растений, посеянных по пару, в начальный период вегетации. Различия в содержании азота в почве в зависимости от предшественника сохраняются в течение всего вегетационного периода.

В фазу осеннего кушения, когда потребность озимой пшеницы в элементах питания невелика, а процессы минерализации органического вещества в почве еще интенсивно развиваются, по паровому предшественнику в вариантах опыта без внесения азотного удобрения (контроль, P₃₀₋₄₅K₃₀₋₄₅) отмечается некоторое увеличение содержания в почве азота, более заметно выраженное в подпахотном слое (на 10-11%). По непаровому предшественнику в вариантах без применения азотного удобрения, напротив, отмечается снижение содержания азота в пахотном и подпахотном слоях на 10-15%, что, вероятно, обусловлено низкой активностью микробиологических процессов в почве в связи с поздними сроками ее обработки.

Применение азотного удобрения повышает содержание азота в почве в фазу осеннего кушения в опытах по пару на 14-24%, а по непаровому предшественнику - на 21-74%. Однако, при этом уровень содержания азота в почве по паровому предшественнику остается более высоким (в 1,4-1,8 раза).

После перезимовки в фазу весеннего кушения содержание азота в почве снижается во всех вариантах опытов (табл. 6.1.1). По паровому предшественнику в сравнении с осенним сроком наибольшее снижение содержания азота происходит в вариантах без внесения азотного удобрения - на 29-37%, в вариантах с применением азота - на 19-23%. В опытах по непаровому предшественнику, в которых почва недостаточно обеспечена азотным питанием для растений, вынос азота из почвы значительно меньше: в вариантах без внесения азотного удобрения запас

минерального азота по сравнению с осенним сроком снижается всего на 2-3% (максимально - на 11%) В вариантах с применением азотного удобрения возрастает потребление этого элемента растениями и содержание азота в почве снижается по сравнению с осенним сроком наблюдения на 22-26%. По этому показателю варианты с применением азотного удобрения по непаровому предшественнику и по пару мало различаются между собой.

В летний период вегетации, когда у озимой пшеницы происходит интенсивный рост вегетативной массы и репродуктивных органов и потребление питательных элементов из почвы значительно возрастает, содержание минерального азота в почве во всех вариантах опытов снижается. При этом, наибольший расход азота из почвы отмечается по паровому предшественнику. Как видно из табл. 6.1.1, в фазу колошения по сравнению с весенним кущением содержание азота в почве по пару снизилось по всем вариантам в среднем на 28%. В опытах по непаровому предшественнику, в которых почвы обеднены минеральным азотом, вынос из почвы этого элемента намного ниже - снижение содержания азота в почве по отношению к предыдущему сроку наблюдения по вариантам опыта составляет от 4 до 7%, а в среднем по опыту 5%.

Данные химических анализов показывают, что из двух форм минерального азота наиболее значительно снижается количество нитратного азота. Уменьшение содержания минерального азота в летний период вегетации помимо выноса растениями обусловлено также тем, что при подсыхании поверхностных слоев почвы в них снижается интенсивность минерализации органического вещества (особенно процессов нитрификации) и накопление минерального азота не компенсирует его вынос из почвы растениями.

В фазу колошения наиболее напряженно складывается азотный питательный режим у озимой пшеницы, высеваемой по непаровому предшественнику, особенно если перед посевом не были внесены азотные удобрения. Применение азотного удобрения повышает уровень азотного питания растений во всех вариантах опытов. Как показывают многолетние наблюдения, в опытах по паровому предшественнику при внесении дозы азота 60 кг/га содержание минерального азота в фазу колошения в

Таблица 6.1.1

Динамика минерального азота (сумма аммонийного и нитратного азота) в серой лесной почве под посевами озимой пшеницы по разным предшественникам. Средние данные, мг/кг

Вариант	Слой, см	До внесения удобрений	Фаза развития			
			Осеннее кущение	Весеннее кущение	Колошение	Полная спелость
Предшественник пар (опыты 2, 5, 6)						
Контроль	0-20	23,2	23,8	16,8	11,4	9,0
	20-30	21,0	23,0	14,7	9,5	7,7
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	0-20	22,4	22,6	14,4	10,4	9,4
	20-30	19,6	21,8	13,8	8,9	8,8
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	0-20	23,4	26,8	21,3	14,4	13,4
	20-30	19,4	22,7	17,4	11,6	12,7
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	0-20	23,8	29,6	23,9	19,1	17,8
	20-30	20,2	23,1	18,1	15,6	15,7
Непаровой предшественник (опыты 1, 3)						
Контроль	0-20	12,4	11,1	9,9	9,5	10,0
	20-30	10,8	9,8	9,6	9,2	9,7
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	0-20	12,5	10,6	10,3	9,6	10,7
	20-30	11,0	9,5	9,2	8,9	9,8
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	0-20	11,0	19,2	14,7	13,6	13,8
	20-30	10,2	12,4	9,6	9,5	11,3
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	0-20	11,8	19,6	15,2	13,9	14,9
	20-30	10,4	13,8	10,2	10,0	10,8

пахотном слое выше по сравнению с контролем в 1,2-1,3 раза, а в варианте с применением 90 кг/га азота - выше в 1,4-1,5 раза. В опыте по непаровому предшественнику в вариантах с применением азотного удобрения

содержание минерального азота в пахотном слое в фазу колошения также повышается по сравнению с контролем в 1,4-1,5 раза.

В завершающий период вегетации (колошение - полная спелость) в опытах по паровому предшественнику в пахотном слое во всех вариантах отмечается дальнейшее снижение содержания азота в среднем на 11%. В подпахотном слое в большинстве вариантов количество азота практически остается без изменений и лишь в некоторых из них - несколько увеличивается. По непаровому предшественнику в межфазный период колошение - полная спелость содержание азота в почве изменяется незначительно, повышаясь в большинстве вариантов на 1-8%

Данные о запасах питательных веществ в почве, рассчитанные в килограммах на 1 гектар, и об изменении этих запасов в период вегетации растений позволяют наиболее полно охарактеризовать эффективное плодородие почвы, и уровень обеспеченности растений питательными веществами, оценить влияние удобрений на плодородие почвы. Расчеты запасов минерального азота в кг/га в слое 0-30 см под посевами озимой пшеницы по разным предшественникам представлены в табл 6.1.2.

Сравнивая осенние запасы азота в почве по разным предшественникам видно, что при паровой обработке перед посевом озимой пшеницы в слое 0-30 см накапливается азота в 1,8-2 раза больше, чем по непаровому предшественнику, что обеспечивает более благоприятные условия азотного питания растений.

В фазу осеннего кущения в опытах по пару в вариантах без применения азотного удобрения (контроль, P₃₀₋₄₅K₃₀₋₄₅) не происходит снижения запаса азота, так как вынос этого элемента восполняется за счет минерализации азотсодержащего органического вещества почвы. При посеве озимой пшеницы по непаровому предшественнику в вариантах без применения азотного удобрения в фазу осеннего кущения содержание азота в почве снижается, так как в связи с поздним сроком обработки почвы процессы минерализации азотсодержащего органического вещества в почве развиваются слабо и не обеспечивают компенсацию выноса этого элемента растениями.

В вариантах с внесением азотного удобрения по паровому и непаровому предшественникам запасы азота в слое 0-30 см в осенний период повышаются и достигают максимальных величин в годовом

режиме почвенного азота. При этом по паровому предшественнику в вариантах с внесением азотного удобрения запас азота в 1,5 раза выше, чем в соответствующих вариантах опыта по непаровому предшественнику.

Таблица 6.1.2

Запасы минерального азота (сумма аммонийного и нитратного азота) в слое 0-30 см серой лесной почвы под посевом озимой пшеницы по разным предшественникам. Средние данные, кг/га

Вариант	До внесения удобрений	Фаза развития			
		Осеннее кущение	Весеннее кущение	Колошение	Полная спелость
Предшественник пар (опыты 2, 5, 6)					
Контроль	97,3	101,9	69,8	46,7	37,1
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	93,0	96,7	61,5	42,9	39,8
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	95,7	110,2	86,7	58,4	55,0
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	98,0	119,0	95,3	77,8	74,1
Непаровой предшественник (опыты 1, 3)					
Контроль	51,4	46,2	42,4	40,7	42,9
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	52,0	44,4	43,1	40,5	45,0
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	46,5	73,6	56,4	53,1	56,2
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	49,1	76,6	58,8	54,7	58,7

В весенне-летний период (весеннее кущение - колошение) во всех вариантах опытов по обоим предшественникам происходит снижение запасов минерального азота в почве. При этом наиболее значительно снижаются запасы азота (на 18-33%) в опытах по пару. По непаровому предшественнику запасы азота снижаются меньше (на 4-7%). Однако в вариантах с азотным удобрением по обоим предшественникам запасы азота остаются выше чем в контроле в 1,3-1,7 раза. Следует также отметить, что в жаркий летний период наряду с интенсивным

потреблением азота растениями, потери легкодоступного азота происходят также в результате перехода части аммония из обменно-поглощенного состояния в фиксированное, снижения темпов нитрификации в жаркое засушливое время, а также вследствие развития процессов иммобилизации азота (связывания азота в органические формы).

На завершающем этапе вегетации озимой пшеницы (колошение - полная спелость) в опытах по пару и непаровому предшественнику во всех вариантах происходят небольшие изменения в запасах минерального азота (табл. 6.1.2). В фазу полной спелости между вариантами опытов не наблюдается значительных различий по содержанию минерального азота. Более существенны эти различия лишь между вариантами с применением повышенной дозы азота.

2. ДИНАМИКА ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА

Как указывалось при агрохимической характеристике почв Заларинского стационара, серые лесные почвы, на которых проводились полевые опыты с озимой пшеницей, отличаются высокой обеспеченностью подвижным фосфором. С учетом этой особенности почв были разработаны схемы применения фосфорных удобрений в полевых опытах. При изучении влияния фосфорных удобрений на питательный режим почвы и урожай растений применяли низкие и средние дозы фосфора (от 30 до 45 кг/га действующего вещества), внесенного как в составе полной удобрительной смеси (совместно с азотом и калием), так и в виде парного фосфорно-калийного удобрения.

Исследования динамики подвижных форм фосфора (P_2O_5) в почвах опытных участков проводили по фазам развития озимой пшеницы в слоях 0-20 и 20-30 см. Результаты этих исследований, обобщенные по вариантам опытов в виде средних показателей за 5 лет, представлены в табл. 6.2.1. Учитывая, что при высокой обеспеченности почв подвижным фосфором предшественник в севообороте не оказывает существенного влияния на содержание и динамику фосфатов в почве, в табл. 6.2.1 разделения опытов по предшественникам не проводилось.

Как видно из табл. 6.2.1, перед закладкой полевых опытов в слоях почвы заметны различия в содержании фосфатов, что характеризует природную неоднородность в содержании фосфора в почве. В пахотном слое (0-20 см) содержание P_2O_5 изменяется от 27,6 до 31,7 мг/100 г, в подпахотном (20-30 см).- от 26,5 до 28,9 мг/100 г. В соответствии с принятыми в агрохимии градациями обеспеченности почв подвижными соединениями фосфора, указанные величины содержания P_2O_5 позволяют отнести почвы опытных участков к классу высоко обеспеченных. В связи с этим следует заметить, что применяемые в опытах небольшие и средние дозы фосфорного удобрения не могут оказать существенного влияния на общее содержание и динамику подвижного фосфора в почве, а легкоусвояемые фосфаты удобрений лишь способствуют оптимизации минерального питания растений.

Таблица 6.2.1

Динамика подвижного фосфора (P_2O_5) в серой лесной почве под посевом озимой пшеницы. Среднее за 5 лет, мг/100 г почвы

Вариант	Слой, см	До внесения удобрений	Фаза развития				
			Осеннее кущение	Весеннее кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость
Контроль	0-20	27,6	31,3	36,0	32,4	34,4	33,4
	20-30	26,5	30,4	34,2	29,3	32,3	30,8
$P_{30-45}K_{30-45}$	0-20	29,1	33,2	37,6	33,3	34,9	34,7
	20-30	27,9	30,2	33,6	29,3	32,3	32,7
$N_{60}P_{30-45}K_{30-45}$	0-20	31,7	33,5	37,5	35,6	35,2	36,2
	20-30	28,6	31,4	33,2	31,1	33,4	33,4
$N_{90}P_{30-45}K_{30-45}$	0-20	30,5	31,2	37,6	35,6	35,7	37,3
	20-30	28,9	29,1	34,1	31,8	33,2	34,5

В осенний период вегетации также проявляется неоднородность в содержании P_2O_5 в почве. При этом в отдельных вариантах опыта по

слоям эти показатели оказываются выше, чем в предыдущий срок наблюдений, - в других - эти отличия незначительны.

В фазу весеннего кущения во всех вариантах опыта анализы отмечают увеличение содержания подвижных фосфатов в почве. Это увеличение содержания P_2O_5 наблюдается в период, когда происходит интенсивный нагрев верхних оттаявших слоев почвы, содержащих продуктивную влагу. В литературе имеются данные, что при указанных гидротермических условиях в почве развиваются физико-химические процессы, в результате которых освобождается часть фосфатов, сорбированных коллоидным комплексом почвы, и увеличивается содержание подвижного фосфора (Ратнер, 1950; Францессон, 1963). При благоприятных температурных условиях и достаточном увлажнении в почве усиливается также интенсивность процессов минерализации фосфорорганического вещества и образование легкорастворимых фосфатов.

В летний период, когда при недостаточном и нерегулярном выпадении осадков и повышенном температурном режиме верхние слои почвы пересыхают, в почве происходит снижение содержания подвижных форм фосфора. Как видно из табл. 6.2.1, в фазу выхода в трубку снижение содержания P_2O_5 наблюдается во всех вариантах опыта в пахотном и подпахотном слоях. Однако это значительное снижение содержания подвижного фосфора не может быть обусловлено выносом растениями из почвы фосфатов, так как величина снижения содержания P_2O_5 во много раз превышает потребность озимой пшеницы в фосфорном питании для построения урожая. Исследованиями многих авторов установлено, что происходящее в летний период понижение содержания P_2O_5 имеет физико-химическую природу. При потере влаги почвой и повышении концентрации почвенного раствора усиливаются процессы осаждения соединений фосфора, увеличивается сорбция фосфатов коллоидами почвы и переход фосфора в труднорастворимую форму (Дмитренко, 1957; Францессон, 1963; Адерихин, 1970; Гинзбург, 1981).

В наших опытах, как видно из табл. 6.2.1, несмотря на снижение содержания P_2O_5 в почве в летний период уровень обеспеченности озимой пшеницы подвижным фосфором остается высоким и почва не утрачивает статуса высокообеспеченной этим элементом.

В завершающие фазы вегетационного периода (колошение, полная спелость) в содержании подвижного фосфора в почве значительных изменений не происходит, сохраняется отмеченная выше неоднородность в его распределении по слоям и вариантам опыта.

В качестве показателя эффективного плодородия почвы опытного участка, обеспеченности растений легкодоступным фосфором, приведем расчетные данные в среднем за 5 лет о запасах P_2O_5 в килограммах на 1 гектар в слое почвы 0-30 см (табл. 6.2.2).

Таблица 6.2.2

Запасы подвижного фосфора (P_2O_5) в слое 0-30 см серой лесной почвы Заларинского стационара по фазам развития озимой пшеницы
Среднее за 5 лет, кг/га

Вариант	До внесения удобрений	Фаза развития				
		Осеннее кущение	Весеннее кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость
Контроль	1179,5	1342,6	1533,4	1359,2	1459,9	1409,6
$P_{30-45}K_{30-45}$	1243,1	1395,2	1571,7	1385,5	1474,5	1474,3
$N_{60}P_{30-45}K_{30-45}$	1328,9	1420,9	1563,1	1478,0	1498,7	1527,9
$N_{90}P_{30-45}K_{30-45}$	1298,1	1321,3	1578,7	1487,9	1510,5	1575,6

Как видно из этих данных, запасы P_2O_5 в корнеобитаемом слое почвы очень высокие (от 1179,5 до 1578, кг/га) и могут обеспечить получение высоких урожаев озимой пшеницы в течение многих лет. Динамика запасов P_2O_5 характеризуется неоднократными скачкообразными их изменениями в течение вегетационного периода. Так, например, в варианте контроль в осенний период наблюдаются резкие скачкообразные увеличения запасов P_2O_5 на 160 и 190 кг/га, а в летний период - скачкообразные снижения запасов на 50 и 174 кг/га. Такие же скачкообразные изменения запасов P_2O_5 отмечаются и во всех других вариантах опыта. Выше уже отмечалось, что столь значительные увеличения и уменьшения запасов P_2O_5 не могут быть вызваны биологическими причинами (потребление фосфора растениями), а

обусловлены физико-химическими процессами в почве, в результате которых при определенных условиях связанные формы фосфора могут трансформироваться в легкодоступные для растений, а при других условиях - подвижные фосфаты закрепляются в почве.

3. ДИНАМИКА ОБМЕННОГО КАЛИЯ

Исследования динамики обменного калия (K_2O) в почвах опытных участков под посевом озимой пшеницы проводили в слоях 0-20 и 20-30 см в тех же пробах почвы, которые отбирали для определения подвижных форм азота и фосфора. Анализ содержания K_2O выполняли на пламенном фотометре в вытяжке из почвы, полученной по методу Кирсанова. В табл. 6.3.1 представлены средние за 5 лет показатели содержания калия по вариантам опытов в разные фазы развития озимой пшеницы.

Как показывают анализы проб, взятых до внесения удобрений, почвы опытных участков по содержанию K_2O в соответствии с принятыми в агрохимии градациями относятся к классу высоко обеспеченных подвижным калием. В пространственном распределении в почвах калия, как и фосфора, отмечается неоднородность. По обобщенным пятилетним данным в пахотном слое содержание K_2O колеблется от 21,7 до 22,8 мг/100 г, в подпахотном - от 20,6 до 21,4 мг/100 г. В связи с высокой обеспеченностью почв подвижным калием, в полевых опытах при изучении эффективности действия удобрений на питательный режим почвы и урожай применялись низкие и средние дозы калия (от 30 до 45 кг/га действующего вещества), которые вносили совместно с фосфором (вариант РК), или в составе полного удобрения (NPK).

Динамика обменного калия в почве в период вегетации озимой пшеницы характеризуется следующими особенностями (табл. 6.3.1) В осенний период вегетации (фаза осеннего кущения), когда не происходит значительных изменений в водно-тепловом режиме почвы, а вынос растениями питательных элементов из почвы невелик, в содержании K_2O не происходит заметных изменений по сравнению с начальным сроком наблюдений.

В фазу весеннего кущения в верхних слоях почвы наблюдается значительное снижение содержания обменного калия во всех вариантах опыта. В пересчете в килограммах на 1 гектар падение содержания K_2O в

слое 0-30 см по вариантам опыта составляет от 100 до 168 кг/га. Такой значительный расход обменного калия невозможно объяснить потреблением калия озимой пшеницей, которая после перезимовки находится в фазе отрастания и весеннего кущения и усваивает в это время из почвы сравнительно небольшие количества питательных элементов.

В весенне-летний период резкое снижение содержания K_2O в почве отмечают многие исследователи и связывают это с попеременным высушиванием и увлажнением верхних слоев почвы (Ратнер, 1965). При этом происходит переход калия из легкоподвижных форм в необменные вследствие поглощения катионов калия межслоевым пространством кристаллической решетки почвенных минералов (Пчелкин, 1966). По исследованиям Н.И.Горбунова (1965) в засушливый период переход калия в необменное состояние обусловлен также обезвоживанием гелей почвы.

Таблица 6.3.1

Динамика обменного калия (K_2O) в серой лесной почве под посевом озимой пшеницы на Заларинском стационаре. Среднее за 5 лет, мг/100 г
ПОЧВЫ

Вариант	Слой, см	До внесения удобрений	Фаза развития				
			Осеннее кущение	Весеннее кущение	Выход в трубку	Колоше- ние	Полная спелость
Контроль	0-20	22,8	21,8	19,3	20,6	18,7	17,3
	20-30	21,3	20,5	17,1	19,4	18,1	15,2
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	0-20	22,4	22,6	20,6	22,0	19,8	19,0
	20-30	20,6	20,3	17,3	20,3	18,9	16,5
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	0-20	21,7	22,2	20,0	22,3	20,0	18,3
	20-30	20,6	20,6	16,6	21,5	18,6	16,6
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	0-20	22,2	23,4	19,7	23,4	20,2	19,7
	20-30	21,4	21,0	16,7	21,5	19,0	17,7

Как видно из табл. 6.3.1, падение содержания K_2O в почве в весенний период сменилось в фазу выхода в трубку некоторым его повышением. Однако в последующий период вегетации попеременное увлажнение и высушивание почвы, обезвоживание органо-минеральных коллоидов обусловили переход обменных форм калия в необменные и снижение содержания K_2O в верхних слоях почвы в фазы колошения и полной спелости (табл. 6.3.1). Снижение содержания K_2O в почве происходит также в результате потребления этого элемента растениями. Однако общие размеры потерь подвижного калия из почвы намного выше биологического потребления этого элемента и обусловлены, в основном, физико-химическими процессами поглощения калия почвой, переходом его в фиксированное состояние. Так, в фазу полной спелости содержание K_2O по сравнению с фазой трубкования снизилось в пахотном слое на 3-4 мг/100 г, в подпахотном - на 3,8-4,9 мг/100 г, что в пересчете составляет потери этого элемента от 140 до 180 кг/га

В табл. 6.3.2 представлены средние многолетние данные о запасах K_2O в почве в слое 0-30 см в килограммах на 1 гектар по фазам развития озимой пшеницы. До внесения удобрений средние запасы обменного калия по вариантам опыта колебались в пределах от 924,1 до 966,1 кг/га. Это достаточно высокие для растений запасы легкодоступного калия, которые могут обеспечить в течение многих лет потребности озимой пшеницы в калийном питании. Большие колебания в запасах обменного калия в корнеобитаемом слое характеризуют пространственную неоднородность в плодородии почвы.

В фазу осеннего кущения при благоприятных условиях температуры и влажности почвы и небольшом потреблении растениями питательных элементов, в содержании K_2O по вариантам опыта отмечаются изменения по сравнению с исходными запасами. Так, если в варианте с внесением фосфорно-калийного удобрения запасы K_2O практически не изменились, то в варианте с применением такой же дозы калия, но в составе полного удобрения (NPK), запасы калия в почве увеличились на 14,6-29,5 кг/га. В то же время запасы K_2O в контрольном варианте (без удобрения) снизились на 40,5 кг/га. Такие значительные колебания в запасах калия в начальный период вегетации озимой пшеницы обусловлены неоднородностью в содержании калия в почве.

В весенне-летний период в связи с неоднократными изменениями в условиях увлажнения при повышенном температурном режиме в динамике K_2O отмечаются неоднократные значительные колебания его содержания, что обусловлено физико-химическими процессами связывания калия почвой, а также переходом его из необменной в обменную форму.

Таблица 6.3.2

Запасы обменного калия (K_2O) в слое 0-30 см серой лесной почвы Заларинского стационара по фазам развития озимой пшеницы. Среднее за 5 лет, кг/га

Вариант	До внесения удобрений	Фаза развития				
		Осеннее кущение	Весеннее кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость
Контроль	966,1	925,6	804,7	875,0	801,2	719,5
$P_{30-45}K_{30-45}$	944,6	946,1	845,4	928,6	844,7	787,4
$N_{60}P_{30-45}K_{30-45}$	924,1	938,7	818,1	954,4	846,3	768,5
$N_{90}P_{30-45}K_{30-45}$	949,9	979,4	810,7	986,5	857,7	824,8

Как видно из табл. 6.3.2, в фазу весеннего кущения происходит значительное снижение запасов легкодоступного калия по сравнению с осенними показателями: в среднем по всем вариантам запасы K_2O уменьшились на 120,7 кг/га, с колебаниями по отдельным вариантам от 100,7 до 168,7 кг/га. Снижение содержания обменного калия в почве намного превышает величину выноса этого элемента озимой пшеницей за весь период вегетации и обусловлено физико-химическими процессами закрепления калия в почве в необменной форме.

Понижение содержания K_2O сменяется в фазу выхода в трубку повышением его запасов во всех вариантах опыта. Особенно значительно возрастают запасы подвижного калия в вариантах с внесением полного удобрения - на 136,3-175,8 кг/га; в вариантах контроль и фосфорно-

калийное удобрение - на 70,3 и 83,2 кг/га, соответственно. В последующий период вегетации (колошение - полная спелость) вновь происходит снижение запасов K_2O в почве (табл. 6.3.2).

В фазу полной спелости озимой пшеницы почти во всех вариантах опыта запасы K_2O снижаются до минимальных показателей в годовом цикле этого элемента. При этом не наблюдается каких-либо закономерностей в распределении запасов калия по вариантам опыта с внесением калийного удобрения.

Как видно из представленных данных, изменения в запасах калия в почве по срокам наблюдений очень велики. Это объясняется тем, что процессы перехода калия из легкоподвижной формы в необменную, а также освобождение связанного калия наиболее интенсивно происходят в почвах, имеющих повышенный уровень содержания обменного калия (Пчелкин, 1966).

Сравнение средних за 5 лет показателей запасов K_2O в слое 0-30 см в начальный и конечный период вегетации показывает, что снижение запасов калия за весь рассматриваемый период в среднем по всем вариантам составляет 171,1 кг/га (с колебаниями по вариантам от 125,1 до 246,6 кг/га). Однако это снижение запасов K_2O не ухудшает условия питания растений этим элементом, так как остающиеся в почве запасы обменного калия полностью обеспечивают потребности растений в калийном питании. Даже в период наиболее низкого содержания K_2O в пахотном слое, уровень обеспеченности почвы легкодоступным для растений калием остается повышенным. Восстановление запасов доступного калия в почве происходит при повышении влажности почвы, усилении гидратации коллоидов, при переходе калия из адсорбированной в подвижную форму, мобилизации калия их общих его запасов.

На основании выполненных исследований питательного режима почв опытных участков можно сделать следующие выводы:

1. Серые лесные почвы Заларинского стационара при обработке по типу чистого пара ко времени посева озимой пшеницы накапливают повышенные запасы легкодоступного для питания растений азота. По данным полевых опытов при паровой обработке почвы в слое 0-30 см в

среднем накапливается 96 кг/га минерального азота (сумма аммония и нитратов).

2. При использовании в качестве предшественника озимой пшеницы однолетних трав (горохо-овсяная смесь) и многолетних трав (донник), и при обычных сроках их уборки и проведения вспашки, в почве образуется вдвое более низкий запас минерального азота, чем после пара. Поэтому, для создания в почве более высокого запаса минерального азота уборку занимающей поле культуры и вспашку почвы следует проводить в более ранние сроки (в первой декаде июля).

3. Применение перед посевом озимой пшеницы средней и повышенной дозы азотного удобрения увеличивает в осенний период запасы азота в слое почвы 0-30 см по паровому предшественнику в среднем в 1,2 раза, а по непаровому предшественнику - в 1,6 раза. Различия в содержании минерального азота между удобренными азотом вариантами опыта и контролем (без удобрений) сохраняются в течение всего вегетационного периода, обеспечивая более благоприятные условия азотного питания растений на удобренных азотом участках.

4. Динамика минерального азота под посевом озимой пшеницы характеризуется небольшим его дополнительным накоплением в слое 0-30 см в осенний период вегетации и значительным снижением содержания азота в летний период, когда происходит максимальное потребление растениями этого элемента, а активность биохимических процессов мобилизации азота в почве ослабевает в связи с недостатком влаги.

5. По содержанию доступных для растений форм фосфора и калия почвы опытных участков относятся к высокообеспеченным. Перед посевом озимой пшеницы в корнеобитаемом слое почвы 0-30 см запас P_2O_5 составляет в среднем по вариантам опыта 1262,4 кг/га, запас K_2O - 946,2 кг/га, что обеспечивает потребности растений в фосфорном и калийном питании на длительный период.

6. Для динамики фосфора и калия в почве характерны значительные колебания их запасов в весенне-летний засушливый период. Снижение запасов подвижных форм фосфора и калия в отдельные сроки наблюдений в период вегетации во много раз превосходит потребности растений в питательных элементах и происходит в результате перехода легкоподвижных соединений этих элементов в труднорастворимые и

необменные формы, что обусловлено физико-химическими и химическими процессами в почве.

7. В весенне-летний засушливый период, когда в почве в результате физико-химических процессов происходит значительное снижение содержания подвижных форм фосфора и калия, в корнеобитаемом слое, сохраняется большое количество доступных для растений этих элементов, что обеспечивает потребности растений в фосфорном и калийном питании. В этих условиях не проявляется влияние низких и средних доз фосфорного и калийного удобрения на динамику подвижного фосфора и калия в почве.

ГЛАВА 7. МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

Озимая пшеница Заларинка относится к сортам интенсивного типа и для реализации высокой потенциальной продуктивности нуждается в повышенном уровне минерального питания. Как показывают полевые исследования, уровень потребления растениями питательных веществ зависит от обеспеченности почвы питательными элементами, биологических особенностей культуры, предшественника в севообороте, применения удобрений, агроклиматических условий в период вегетации. Многие из этих факторов, оказывающих влияние на минеральное питание растений, изучены в данном регионе на культуре яровых зерновых хлебов и для них разработаны рекомендации по оптимизации минерального питания растений с помощью рационального применения удобрений (Система ведения сельского хозяйства Иркутской области, 1988; Система ведения агропромышленного производства Иркутской области, 1991).

В связи с тем, что озимая пшеница в Иркутской области ранее не возделывалась и отсутствовали необходимые сведения о минеральном питании этой культуры в данном регионе, на Заларинском стационаре в 1992-1998 гг. с помощью методов растительной диагностики проводились исследования минерального питания нового сорта озимой пшеницы

Заларинка и эффективности влияния удобрений на питательный режим растений.

Изучение с помощью химических анализов содержания в растениях питательных элементов, или растительная диагностика питания растений, позволяет оценить условия минерального питания озимой пшеницы в новом регионе для этой культуры в зависимости от плодородия почвы, предшественника в севообороте и применения удобрений, определить влияние уровня обеспеченности растений питательными элементами на рост, продуктивность растений и качество урожая.

Для этих целей в агрохимии широко применяется метод растительной диагностики минерального питания сельскохозяйственных культур, разработанный В.В.Церлинг, (1960, 1978, 1990); Н.К. Болдыревым, (1970, 1972, 1983); З.И.Журбицким (1963); З.И.Журбицким и В.М.Лавриченко, (1977). Этот метод позволяет производить сравнение содержания питательных элементов в индикаторных органах растений (лист, надземная масса в целом) с установленными уровнями-параметрами концентрации азота, фосфора и калия в растениях и таким образом определять фактический уровень минерального питания растений (низкий, оптимальный, высокий). Оптимальные концентрации элементов питания при других благоприятных факторах жизни обеспечивают нормальный рост растений и формирование высокого урожая с хорошим качеством. Установлено, что оптимальные уровни содержания элементов питания в растениях практически не изменяются от сорта культуры, региона ее возделывания, а величина эта представляет собой физиологическую характеристику нормального питания (Церлинг, 1978, 1990).

Для изучения минерального питания озимой пшеницы и эффективности влияния удобрений в полевых опытах на Заларинском стационаре с помощью химических анализов определяли содержание в растениях азота, фосфора и калия по фазам развития. В соответствии с методами растительной диагностики индикаторными органами для определения концентрации питательных веществ в растениях служили: в фазы осеннего и весеннего кушения вся надземная часть растения; в фазы выхода в трубку и колошения - три верхних зеленых листа; в период полной спелости - зерно и солома. Растительные пробы для анализа составляли из 25 растений, повторность определения по вариантам опытов - трехкратная. Результаты анализов представлены в виде содержания в

растениях химических элементов - азота (N), фосфора (P) и калия (K) в % сухого вещества.

1. АЗОТНОЕ ПИТАНИЕ

В связи с агрохимическими свойствами почв опытных участков (высокая обеспеченность фосфором и калием, низкая - азотом) в минеральном питании озимой пшеницы из элементов питания в первом минимуме находится азот, содержание которого зависит от предшественника в севообороте, сроков и качества обработки почвы. Наиболее высокие запасы минерального азота накапливаются при обработке почвы по типу чистого пара. При посеве озимой пшеницы по непаровому предшественнику (однолетние и многолетние травы) запасы минерального азота в почве значительно ниже и недостаток этого элемента, особенно в период наибольшего потребления растениями питательных веществ, выступает в качестве основного фактора, лимитирующего продуктивность растений. Применение азотного удобрения способствует улучшению азотного питания растений и повышению урожая.

Результаты исследований азотного питания озимой пшеницы Заларинка при размещении ее по разным предшественникам представлены в табл. 7.1.1. Наблюдается тесная зависимость между содержанием азота в биомассе озимой пшеницы и обеспеченностью почвы азотом: более высокое количество азота содержится в растениях, предшественником которых служит пар. Как видно из данных табл. 7.1.1, в опытах по пару в вариантах без применения удобрений (контроль) среднее содержание азота в растениях пшеницы в фазу осеннего кущения составляет 4,53%. В соответствии с уровнями-параметрами, принятыми в диагностике азотного питания озимой пшеницы, в фазу осеннего кущения степень обеспеченности азотом характеризуется как ниже оптимальной (Методические указания..., 1984). Дополнительное внесение азотного удобрения на участках по паровому предшественнику способствует в начальный период вегетации некоторому увеличению содержания азота в растениях, однако при этом степень обеспеченности растений азотом не изменяется.

Менее благоприятны условия азотного питания озимой пшеницы по непаровому предшественнику. Как видно из данных табл. 7.1.1, в начальный период вегетации содержание азота в растениях контрольного варианта составило 3,82%, что соответствует средней степени обеспеченности азотом озимой пшеницы. При внесении азотного удобрения содержание азота в растениях повышается, особенно это заметно в варианте с повышенной дозой азотного удобрения. Однако и в этом варианте содержание азота в растениях не выходит за пределы градации средней обеспеченности. Различия в уровне азотного питания растений в контроле и в вариантах, получивших азотное удобрение (как по пару, так и по непаровому предшественнику), сохраняются и в последующий период вегетации.

Таблица 7.1.1

Среднее содержание азота (N) в растениях озимой пшеницы
Заларинка при посеве по разным предшественникам, % сухого
вещества

Вариант	Фаза развития				
	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Колошение	Полная спелость	
				зерно	солома
Предшественник пар (опыты 2, 5, 6)					
Контроль	4,53	4,34	2,85	2,45	0,67
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	4,56	4,36	2,97	2,41	0,65
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	4,62	4,56	3,09	2,60	0,71
N ₉₀ P ₃₀₋₆₀ K ₃₀₋₆₀	4,64	4,62	3,14	2,65	0,83
Непаровой предшественник (опыты 1,3)					
Контроль	3,82	3,76	2,89	2,00	0,35
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	3,80	3,78	3,00	1,85	0,30
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	3,89	4,32	3,10	2,18	0,33
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	4,04	4,45	3,12	2,23	0,36

Анализируя условия азотного питания озимых и яровых зерновых культур в начальный период вегетации (всходы - кущение) в лесостепи Иркутской области, следует отметить, что для озимой пшеницы эти условия складываются более благоприятно. Осенний период отличается от весеннего более высокой температурой воздуха и почвы в период прорастания семян и начального роста озимой пшеницы, более благоприятными условиями увлажнения, отсутствием неглубоко залегающей в почве мерзлоты. В осеннее время в почве более интенсивно чем весной протекают микробиологические процессы, способствующие накоплению повышенного количества доступных для растений азотных питательных веществ, а корневая система отличается лучшим развитием и высокой поглотительной деятельностью. Следует отметить, что в годы полевых опытов на Заларинском стационаре (1992-1998) не отмечалось неблагоприятных гидротермических условий в начальный период вегетации озимой пшеницы (от прорастания семян до осеннего кущения), которые значительно ухудшали бы минеральное питание, рост и развитие растений, что достаточно часто отмечается в весеннее время, в начальный период вегетации яровых хлебов. В этом - одно из важных преимуществ озимой пшеницы при возделывании ее в данном регионе.

Как видно из табл. 7.1.1, после перезимовки в большинстве вариантов опытов не происходит значительных изменений в азотном питании растений. Однако в опыте по непаровому предшественнику в вариантах с внесением азотного удобрения усвоение растениями азота возрастает на 10-11%.

В летний период интенсивного роста озимой пшеницы во всех вариантах опытов химические анализы отмечают снижение концентрации питательных элементов (азот, фосфор, калий) в листьях растений. В литературе это явление объясняется влиянием так называемого ростового разбавления. В наших опытах наиболее значительное снижение содержания азота в растениях отмечалось в фазу колошения, когда надземная масса у озимой пшеницы достигает максимального развития.

Однако, сравнение содержания азота в растениях, выращенных без внесения азотного удобрения на паровых участках, с уровнями-параметрами азота для фазы колошения, показывает, что степень обеспеченности растений азотным питанием в летний период существенно на изменяется и остается ниже оптимальной. В вариантах же с внесением

азотного удобрения по пару отмечается улучшение азотного питания озимой пшеницы и содержание в растениях азота достигает нижнего уровня градации оптимального обеспечения. В опытах по непаровому предшественнику в вариантах без применения азотного удобрения содержание азота в растениях в фазу колошения соответствует уровню ниже оптимального, а в удобренных азотом вариантах обеспеченность азотом выше и достигает, как и в опытах по пару, начальных показателей оптимального уровня.

Содержание азота в урожае озимой пшеницы находится в тесной зависимости от условий азотного питания растений в период вегетации. Наиболее высокое количество азота накапливается в зерне и соломе при выращивании озимой пшеницы по пару (табл. 7.1.1). В опытах по пару без внесения азотного удобрения среднее содержание азота в зерне составило 2,41-2,45%, что при пересчете (коэффициент 5,7) соответствует 13,7-14,0% белка. Применение средней и повышенной дозы азотного удобрения повышало содержание азота в зерне до 2,60-2,65%, что составляет 14,8-15,1% белка. В отдельных опытах с повышенной дозой азотного удобрения содержание азота в зерне увеличивалось до 2,75%, что в пересчете на белок составляет 15,7%. Соответствующие различия по вариантам опытов отмечаются в содержании азота в соломе, полученной по паровому предшественнику.

По непаровому предшественнику содержание азота в зерне во всех вариантах опытов ниже. В вариантах без применения азотного удобрения количество азота в зерне изменяется от 1,85 до 2,00%, что в переводе на белок составляет, соответственно, 10,5, и 11,4%. При внесении азотных удобрений содержание азота в зерне несколько повышается, достигая 2,18-2,23%, что соответствует 12,4-12,7% белка. По содержанию азота в соломе в опытах по непаровому предшественнику различия между вариантами опыта менее значительны.

2. ФОСФОРНОЕ ПИТАНИЕ

Результаты исследований фосфорного питания озимой пшеницы Заларинка в полевых опытах представлены в табл. 7.2.1. Ранее уже было показано, что на почвах высоко обеспеченных подвижным фосфором различные способы обработки почвы (чистый пар, занятый пар) не

оказывают существенного влияния на уровень обеспеченности почвы подвижным фосфором. Более значительное воздействие на запасы P_2O_5 в верхних слоях почвы оказывают периодические изменения гидротермических условий (температурный режим, увлажнение почвы) в летний период вегетации. При этом происходят неоднократные значительные изменения запасов подвижного фосфора в почве, однако запасы P_2O_5 в почве не опускаются ниже уровня высокой обеспеченности. Поэтому, указанные колебания не оказывают значительного влияния на уровень фосфорного питания растений.

Сравнение содержания P_2O_5 в растениях с уровнями-параметрами, принятыми в диагностике фосфорного питания озимой пшеницы, показывает, что в осенний период вегетации и в фазу весеннего кущения во всех вариантах опытов по паровому и непаровому предшественникам фосфора в растениях содержится от 0,48 до 0,65%, что соответствует оптимальному и выше оптимального уровням питания.

В летнее время, когда происходит интенсивный рост надземной массы, концентрация фосфора в растениях понижается в связи с возникающим явлением ростового разбавления, когда прирост биомассы превышает скорость поступления питательных элементов в растения. Как видно из табл. 7.2.1, значительное снижение концентрации фосфора в растениях наблюдается в фазу колошения. По сравнению с фазой весеннего кущения содержание P в листьях растений во всех вариантах опытов по паровому и непаровому предшественникам снизилось в 1,5-1,7 раза. Однако при этом уровень обеспечения растений фосфорным питанием остается оптимальным. Так, в фазу колошения уровень-параметр содержания фосфора в листьях озимой пшеницы, соответствующий оптимальным условиям питания, составляет 0,30-0,40%, а фактически в листьях растений во всех вариантах опытов фосфора содержится от 0,30 до 0,36% (табл. 7.2.1).

Как показывают результаты анализов урожая озимой пшеницы Заларинка, содержание фосфора в зерне и соломе высокое и по вариантам опытов и предшественникам не имеет значительных различий.

Таблица 7.2.1

Среднее содержание фосфора (Р) в растениях озимой пшеницы Заларинка при посеве по разным предшественникам, % сухого вещества

Вариант	Фаза развития				
	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Колошение	Полная спелость	
				зерно	солома
Предшественник пар (опыты 2, 5, 6)					
Контроль	0,59	0,52	0,33	0,36	0,08
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	0,63	0,54	0,36	0,39	0,09
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	0,64	0,55	0,32	0,38	0,08
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	0,65	0,55	0,33	0,39	0,09
Непаровой предшественник (опыты 1, 3)					
Контроль	0,54	0,48	0,32	0,37	0,04
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	0,55	0,48	0,32	0,40	0,06
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	0,56	0,49	0,30	0,39	0,06
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	0,58	0,50	0,30	0,40	0,06

3. КАЛИЙНОЕ ПИТАНИЕ

Озимая пшеница Заларинка, выращиваемая на почвах опытных участков, содержащих высокие запасы легкодоступного для растений калия, в период вегетации не испытывает недостатка в калийном питании. В табл. 7.3.1 представлены результаты исследований содержания калия в растениях по вариантам опытов. Сравнение результатов анализов с уровнями-параметрами обеспеченности растений калийным питанием показывает, что в фазы осеннего и весеннего кущения содержание калия в опытных растениях соответствует оптимальному уровню питания. При этом не наблюдается значительных различий в содержании этого элемента у растений, выращиваемых по паровому и непаровому предшественникам, а также в вариантах с различным составом удобрений. Максимальное содержание калия в надземной массе наблюдается в фазу весеннего

кушения. В летний период активного развития ростовых процессов у растений концентрация калия в биомассе снижается. Однако химические анализы растений свидетельствуют о высокой степени обеспеченности опытных растений калием (табл. 7.3.1). При уровне-параметре, соответствующем оптимальному питанию в фазу колошения (содержание калия от 2,5 до 2,9%), в опытных растениях количество калия изменялось по вариантам в пределах 2,40- 2,65%.

Таблица 7.3.1

Среднее содержание калия (К) в растениях озимой пшеницы
Заларинка при посеве по разным предшественникам, % сухого
вещества

Вариант	Фаза развития				
	Осеннее кушение	Весеннее кушение	Колошение	Полная спелость	
				зерно	солома
Предшественник пар (опыты 2, 5, 6)					
Контроль	3,66	4,40	2,55	0,42	1,14
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	3,87	4,57	2,65	0,42	1,16
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	3,94	4,50	2,59	0,43	1,19
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	3,96	4,58	2,61	0,44	1,23
Непаровой предшественник (опыты 1, 3)					
Контроль	3,22	4,03	2,40	0,60	1,20
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	3,38	4,28	2,50	0,59	1,35
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	3,60	4,34	2,44	0,59	1,31
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	3,74	4,40	2,46	0,53	1,28

Калий, в отличие от азота и фосфора, в составе урожая в наибольшем количестве содержится не в репродуктивных органах (зерно), а в вегетативных (солома). Зерно и солома Заларинки отличаются повышенным содержанием калия. Наиболее высокое количество калия

содержится в соломе, полученной в опытах по непаровому предшественнику При этом в варианте с внесением фосфорно-калийного удобрения в соломе накапливается наибольшее количество калия - 1,35%, что превышает контроль на 12%. В опытах по пару содержание калия в соломе несколько ниже и оно меньше различается по вариантам.

В зерне, как и в соломе, более высокое содержание калия наблюдается в опытах по непаровому предшественнику: по разным вариантам это превышение составляет от 20 до 43%. Однако внутри каждого опыта по вариантам различия в содержании калия в зерне сравнительно небольшие.

4. СООТНОШЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РАСТЕНИЯХ

Наряду с изучением в растениях содержания питательных элементов как показателя степени обеспеченности растений минеральным питанием, важно также знать соотношения важнейших элементов питания (азот, фосфор, калий), содержащихся в растении. Знание соотношения (уровня сбалансированности) между питательными элементами в процессе минерального питания растений необходимо для правильного расчета доз удобрений и проведения в период вегетации их корректировки в помощь внесения подкормки.

Н.К.Болдыревым (1983) для пшеницы разработаны показатели оптимального соотношения между азотом, фосфором и калием в листьях растений в различные фазы развития. При изучении питательного режима особенно важно знать показатели листовой диагностики в фазу колошения-цветения, когда формируется качественный состав зерна, так как используя метод некорневой азотной подкормки посевов можно улучшить азотное питание растений и повысить белковость зерна. Как установлено Н.К.Болдыревым, в период колошения-цветения пшеницы оптимальный (уравновешенный) уровень соотношения между N, P и K соответствует следующему содержанию этих элементов в листьях растений: $1 N = 12 P = 1,2 K$. Расчеты, выполненные на основании данных, представленных в табл. 7.1.1, 7.2.1 и 7.3.1, позволяют установить степень уравновешенности (сбалансированности) минерального питания опытных

растений в фазу колошения на почвах Заларинского стационара. Как показывают выполненные расчеты, степень уравновешенности минерального питания озимой пшеницы значительно изменяется в зависимости от предшественника и применяемых удобрений.

В опытах по пару и непаровому предшественнику в вариантах без удобрений (контроль) и при внесении парной смеси фосфорно-калийного удобрения ($P_{30-45}K_{30-45}$) отношение между питательными элементами в листьях растений в фазу колошения составляют: $1 N = 8,2-9,0$ $P = 1,1-1,2$ K , что отражает неуравновешенность между азотом и фосфором - повышенное содержание в растениях фосфора при недостаточном обеспечении азотом.

Еще более значительная неуравновешенность в питании растений проявляется при внесении фосфорно-калийного удобрения по непаровому предшественнику. Так, в опыте 1 (1992/93 г.), в котором озимая пшеница высевалась по многолетним травам, в фазу колошения в листьях растений отношение между питательными элементами составляло $1 N = 7,3$ $P = 9,8$ K , что является показателем значительного дисбаланса между питательными элементами (недостаток азота при высоком поступлении в растения фосфора и калия). Неуравновешенность минерального питания растений оказывает отрицательное влияние на формирование урожая и его качество.

Наиболее уравновешенное питание растения получают при внесении полного удобрения (NPK). В опытах по паровому и непаровому предшественникам при внесении средней (60 кг/га) и повышенной (90 кг/га) дозы азота совместно с небольшими дозами фосфора и калия соотношение между питательными элементами в листьях в фазу колошения озимой пшеницы составляет $1 N = 9,6-10,5$ $P = 1,2-1,3$ K . Это соотношение между питательными элементами в растениях (при несколько суженном отношении азота к фосфору) наиболее близко соответствует приведенному выше показателю Н.К.Болдырева, характеризующему уравновешенное питание растений. Как показывают результаты полевых опытов, в вариантах с применением полного удобрения, особенно при посеве по паровому предшественнику, обеспечивается наиболее уравновешенное минеральное питание растений, что способствует формированию высоких урожаев с хорошим качеством зерна.

5. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЗЕРНА И СОЛОМЫ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ЗАЛАРИНКА

Представляет научный и практический интерес сравнение полученных опытных данных о химическом составе урожая нового сорта озимой пшеницы Заларинка, выращиваемой в лесостепи Иркутской области, с имеющимися в литературе сведениями о содержании азота, фосфора и калия в озимой пшенице, возделываемой в различных регионах Европейской территории со сходными почвенно-климатическими условиями.

В табл. 7.5.1 представлены средние показатели содержания азота, фосфора и калия в зерне и соломе озимой пшеницы Заларинка. Для сравнения приведены соответствующие литературные данные из разных регионов (Тульская область, выщелоченный чернозем; Черниговская область, серая лесная оподзоленная почва), а также имеющиеся в справочниках сведения о содержании азота, фосфора и калия в зерне и соломе озимой пшеницы. Данные справочников, как известно, используются в качестве базисных показателей при разработке доз удобрений под сельскохозяйственные культуры и программировании урожая. По сорту Заларинка приведены трехлетние данные опытов по пару, с наиболее благоприятными условиями азотного питания. В варианте NPK в разные годы в составе полного удобрения вносили средние (60 кг/га) и повышенные (90 кг/га) дозы азота совместно с низкими и средними дозами фосфора и калия. Для удобства пользования материалами таблицы показатели содержания фосфора и калия в наших опытах пересчитаны в пятиоксид фосфора (P_2O_5) и оксид калия (K_2O).

Зерно пшеницы Заларинка при полноценном и уравновешенном питании растений (предшественник пар) как в вариантах без удобрений, так и при внесении NPK, содержит повышенное количество азота, соответственно, 2,45 и 2,61% (в пересчете на белок 14% и 14,9%). По этому показателю зерно Заларинки не имеет значительных отличий от большинства данных, представленных в табл. 7.5.1. Более высоким содержанием азота выделяется зерно пшеницы, выращенной на

выщелоченном черноземе в Тульской области при внесении полного удобрения, содержащего повышенную дозу азота - 100 кг/га (Найдин, 1963) Напротив, в зерне, полученном в опытах на низкоплодородной серой оподзоленной почве в Черниговской области, недостаточно обеспеченной азотом, даже при внесении в составе удобрения 30-45 кг/га азота содержание в зерне азота остается низким (Афендулов, Лантухова, 1973). Что же касается низкого показателя содержания азота в зерне (1,9%), который приведен в "Справочнике агронома по удобрениям" (1955), то, как указывает П.Г.Найдин (1963), при составлении этого справочника были использованы преимущественно зарубежные данные, полученные в опытах, проведенных главным образом на подзолистых почвах Европейской равнины.

Наиболее высокий показатель содержания азота в зерне (2,8%) приведен в "Справочной книге по химизации сельского хозяйства" (1969) в качестве средней величины для озимой пшеницы. Заметим, что при пересчете это составляет 16% белка - величина, характерная для высокобелковых сильных пшениц Однако для сортов озимой пшеницы, выращиваемой в почвенно-климатических условиях Нечерноземной полосы, этот показатель количества азота в зерне является завышенным. Между тем в работе М.Ф.Стихина и П.В.Денисова "Озимая рожь и пшеница в Нечерноземной полосе" (1977) используется при расчетах наиболее высокий показатель содержания азота в зерне озимой пшеницы.

Солома озимой пшеницы Заларинка отличается повышенным содержанием азота. Наиболее высокое количество азота содержится в соломе с удобренных вариантов опыта - 0,76%, что превышает содержание азота в соломе в варианте с применением удобрений на черноземной почве на 41% Намного выше (на 26%) содержится также азота и в соломе в варианте без применения удобрений..

Повышенное содержание азота в вегетативной массе пшеницы по исследованиям В.Г.Минеева и А.Н.Павлова (1981) наблюдается при высоком уровне обеспечения растений азотом и относительно сниженной реутилизации азота из вегетативных органов при наливе зерна. Имеются также экспериментальные данные показывающие, что в фазу молочной спелости большая часть азота, потребляемого озимой пшеницей, поступает в боковые стебли. (Воллейд, Кузнецова, 1975).

Таблица 7.5.1

Содержание питательных веществ (в % на сухое вещество) в урожае озимой пшеницы Заларинка в среднем за 3 года и показатели содержания питательных веществ в озимой пшенице по литературным данным

Вариант	Урожай	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Литературный источник, тип почвы
Озимая пшеница Заларинка, лесостепь Иркутской области					
Без удобрений	зерно	2,45	0,82	0,51	Серая неоподзоленная почва станции СИФИБР
	солома	0,67	0,18	1,37	
NPK	зерно	2,61	0,87	0,52	
	солома	0,76	0,18	1,40	
Северная лесостепь и южная тайга					
Без удобрений	зерно	2,60	0,90	-	П.Г.Найдин. Удобрение зерновых и зернобобовых культур. М., 1963 Выщелоченный чернозем Тульской области
	солома	0,53	0,16	-	
NPK	зерно	2,84	0,76	-	
	солома	0,54	0,26	-	
Без удобрений	зерно	1,46	0,75	0,44	К.П.Афендулов, А.И.Лантухова. Удобрения под планируемый урожай. М., 1973 Серая оподзоленная почва Черниговской области
	солома	0,31	0,15	0,73	
NPK	зерно	1,68	0,99	0,48	
	солома	0,43	0,20	1,01	
По данным справочников					
Среднее содержание	зерно	1,90	0,85	0,50	Справочник агронома по удобрениям. М., 1955
	солома	0,45	0,20	0,90	
	зерно	2,80	0,85	0,50	Справочная книга по химизации сельского хозяйства. М., 1969
	солома	0,45	0,20	0,90	
	зерно	2,0-2,5	0,7-0,9	0,5-0,6	Справочник агрохимика. Минск, 1974
	солома	0,4-0,6	0,2-0,25	1,0-1,3	
	зерно	2,50	0,85	0,65	М.К.Каюмов. Справочник по программи- рованию урожаев. М., 1977
	солома	0,50	0,20	0,90	

Анализируя причину повышенного содержания азота в соломе Заларинки следует учитывать, что в урожае вегетативной массы содержится немало поздно образовавшихся побегов кущения (подгона), которые ко времени созревания зерна полностью не заканчивают

вегетацию, имеют желто-зеленый цвет. Побег, не закончившие вегетацию, попадая в растительную пробу для химического анализа, повышают показатель содержания азота в соломе. Как показали наблюдения, наибольшее количество азота в соломе содержится в вариантах опыта с применением азотного удобрения, в которых особенно развит подгон.

По содержанию фосфора (P_2O_5) в зерне озимая пшеница Заларинка не имеет значительных отличий от представленных в табл. 7.5.1 литературных и справочных данных. Так, в зерне Заларинки в варианте без применения удобрений содержится P_2O_5 0,82%, в удобренном варианте - 0,87%, при большинстве показателей в справочной литературе, составляющих 0,85%.

В соломе Заларинки в опытах без удобрений содержание P_2O_5 выше, чем в соломе озимой пшеницы, полученной в аналогичных вариантах опытов на выщелоченном черноземе (Тульская область) и на серой лесной оподзоленной почве (Черниговская область), что, по-видимому, обусловлено высоким уровнем обеспеченности почв Заларинского стационара подвижным фосфором. По этой же причине, вероятно, не наблюдается и различий в содержании фосфора в соломе Заларинки с удобренных и неудобренных вариантов опыта. По количеству P_2O_5 солома пшеницы Заларинка незначительно отличается от показателей, которые приведены в справочной литературе.

По содержанию K_2O в зерне пшеницы Заларинка, выращенной на почвах с высоким содержанием подвижного калия, не имеется различий между вариантами опыта без удобрений и с применением удобрений (содержание K_2O , соответственно, 0,51 и 0,52%). Показатель содержания калия в зерне Заларинки не отличается от справочных данных, приведенных в табл. 7.5.1.

Солома Заларинки отличается повышенным накоплением калия, причем, как и в зерне, на содержание K_2O в соломе дополнительное внесение калийного удобрения не оказывает значительного влияния. По содержанию калия солома Заларинки в 1,5 раза превышает большинство показателей, содержащихся в справочной литературе (табл. 7.5.1). По содержанию K_2O в зерне и соломе сорт Заларинка наиболее близко

соответствует показателям урожая озимой пшеницы на дерново-подзолистых почвах Нечерноземья (Справочник агрохимика, 1974).

Таким образом, результаты полевых опытов показывают что зерно озимой пшеницы Заларинка, выращенной в лесостепной зоне Иркутской области при благоприятных условиях минерального питания, по содержанию важнейших питательных веществ (N, P₂O₅, K₂O) не имеет существенных отличий от соответствующих показателей зерна озимой пшеницы из различных районов Нечерноземной полосы и данных, содержащихся в справочной литературе. Побочный продукт урожая - солома Заларинки отличается повышенным накоплением азота и калия по сравнению с показателями химического состава соломы озимой пшеницы, имеющимися в агрохимических справочниках.

Результаты исследований минерального питания озимой пшеницы Заларинка и эффективности применения удобрений дают основания сделать следующие выводы.

1. В связи с агрохимическими свойствами почв опытных участков, неуравновешенным содержанием питательных элементов (низкое содержание азота и высокая обеспеченность фосфором) в минеральном питании озимой пшеницы отмечается дисбаланс между азотом и фосфором, что оказывает неблагоприятное влияние на биосинтез азотистых веществ, продуктивность растений.

2. Наиболее значительная неуравновешенность в минеральном питании растений возникает при выращивании озимой пшеницы по непаровому предшественнику, что приводит к ухудшению роста растений, снижению урожая и качества зерна.

3. При паровой обработке в почве накапливается повышенное количество минерального азота и улучшается сбалансированность в азотно-фосфорном питании растений, что способствует повышению урожая и улучшению его качества.

4. Основным средством повышения плодородия почвы и улучшения азотного питания растений служат азотные удобрения. На почвах опытных участков наибольший эффект дает применение средней и повышенной дозы азота, устраняющей дисбаланс в азотно-фосфорном питании растений, что обеспечивает получение наиболее высоких урожаев зерна с хорошим качеством.

5. Одностороннее применение фосфорно-калийного удобрения (без азота) усиливает дисбаланс в минеральном питании растений, особенно при размещении озимой пшеницы по непаровому предшественнику, что приводит к уменьшению содержания азота в зерне, снижению урожая.

6. При уравновешенном минеральном питании зерно озимой пшеницы Заларинка характеризуется высоким содержанием азота, фосфора и калия и по этим показателям мало отличается от большинства сортов озимой пшеницы, используемых в сельском хозяйстве в настоящее время.

ГЛАВА 8. ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ РАСТЕНИЙ И ЭЛЕМЕНТЫ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ

В соответствии с программой работ в полевых опытах на Заларинском стационаре изучали влияние удобрений на рост, развитие и урожай озимой пшеницы Заларинка. Показатели роста и накопления растительной массы по фазам развития растений отражают особенности физиологического состояния растений в зависимости от влияния факторов внешней среды и условий минерального питания растений. Исследования роста, развития и урожайности озимой пшеницы необходимы также для познания особенностей индивидуального развития этой культуры в новом географическом районе ее возделывания, определения требований сорта Заларинка к факторам внешней среды, при разработке технологии ее возделывания в почвенно-климатических условиях лесостепи Средней Сибири.

Как указывалось при характеристике агрохимических свойств почв Заларинского стационара, серые лесные почвы опытных участков содержат низкие запасы гумуса и азота и отличаются высокой обеспеченностью доступными для растений формами фосфора и калия. Физико-химические свойства почв благоприятствуют выращиванию озимой пшеницы: реакция почв слабокислая ($pH_{\text{сол}} 5,1-5,5$), насыщенность поглощающего комплекса основаниями высокая (80-90%).

В первый год полевых опытов (1992/93) эффективность удобрений изучали по пятивариантной схеме Вагнера, в которой действие каждого питательного элемента определяется на фоне двух других элементов. Как показали результаты полевого опыта, при высокой обеспеченности почв фосфором и калием действие этих элементов как удобрений на рост и продуктивность растений проявляется незначительно и полученные в опыте прибавки урожая не превышают ошибку опыта при уровне вероятности 95%. Поэтому в последующих опытах схема применения удобрений была модифицирована и основное внимание уделялось изучению эффективности действия различных доз азота, применяемых как отдельно, так и на фоне фосфорно-калийного удобрения. Контролем в опытах служил вариант без применения удобрений. При изучении действия фосфора и калия применяли низкие и средние дозы этих элементов (30, 45, 60 кг/га), которые вносили в виде парных смесей (РК), а также на фоне азота (NPK).

В период полевых опытов в зависимости от предшественника испытывали дозы азота 30, 60, 90 и 120 кг/га, которые вносили как отдельно (N), так и совместно с фосфором и калием (NPK). Как показали опыты, низкая доза азота (30 кг/га) на почвах опытных участков не оказывает существенного влияния на рост и урожай растений. Высокая доза азота (120 кг/га) обеспечивает получение высокой прибавки урожая, которая, однако, мало отличается от прибавки урожая в опытах с применением дозы азота 90 кг/га. В связи с этим в большинстве опытов изучали эффективность влияния на рост растений и урожай средней (60 кг/га) и повышенной (90 кг/га) дозы азота при внесении как отдельно, так и на фоне фосфорно-калийного удобрения.

В полевых опытах в качестве семян использовали зерно озимой пшеницы Заларинка, выращенное на полях размножения стационара в предшествующем закладке опыта году. Зерно это в связи с недостаточно высоким качеством послеуборочной обработки и неблагоприятными условиями хранения отличалось невысокими семенными качествами. В большинстве лет семенное зерно имело низкую лабораторную всхожесть (75-85%) и было некондиционным по чистоте. Исключение составляет опыт 6 (1997 г.), в котором на семена использовали свежееубранное зерно, которое имело лабораторную всхожесть 95%.

Посев семян производили сеялкой СЗ-3,6 поперек делянок на глубину 4-5 см, с последующим прикатыванием. При рядовом способе посева высевали 4-6 млн. всхожих семян на 1 га, в опытах 3 и 6 применяли перекрестный посев (в двух направлениях), численность семян при этом составляла 6-8 млн. на 1 га.

В осенний период вегетации (всходы - осеннее кущение) по вариантам опытов учитывали число всходов на единицу площади, определяли высоту растений, содержание сухого вещества, подсчитывали число раскустившихся растений. В весенне-летний период учитывали число перезимовавших растений, их состояние, кустистость, по фазам развития определяли прирост, динамику накопления сухого вещества, формирование генеративных органов.. В период полной спелости зерна по вариантам опыта определяли состав стеблестоя, структуру колоса, массу 1000 зерен, учитывали урожай зерна и соломы.

1. ОСЕННИЙ ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ

У озимой пшеницы в Иркутской области при посеве в оптимальные сроки (20-25 августа) начальный рост (прорастание семян - появление всходов) проходит при благоприятных условиях температуры (12-16°) и высокой влажности почвы (запас продуктивной влаги в пахотном слое не менее 25-30 мм). Период от посева до появления над поверхностью почвы первого листа, когда на пашне обозначаются рядки, короткий и составляет от 5 до 7 дней. В период прорастания зерна, еще до появления всходов на поверхности почвы, из зародыша семени начинают прорастать зародышевые корни, которые быстро углубляются в почву.

Для появления дружных всходов важное значение имеет качество подготовки почвы. При некачественной предпосевной обработке почвы (плохая разделка, наличие глыб и гребней на поверхности) вследствие неодинаковой глубины заделки семян, а также при использовании для посева разнокачественного (неотсортированного) семенного материала, всходы бывают недружные, время их появления растягивается. Прикатывание посевов способствует более быстрому и дружному появлению всходов, однако на плохо разделанной пашне прикатывание, особенно гладкими катками, вызывает задержку в прорастании семян, а из-под крупных комков и глыб появляются искривленные, ослабленные

ростки, что предопределяет в осенний период разнокачественность в развитии растений.

У озимой пшеницы вследствие эволюционной приспособленности к осенним условиям в начальные фазы вегетации темпы роста и накопления сухой массы невысокие. В период всходы - 3-й лист рост растений проходит при неустойчивом температурном режиме и снижении температуры. В отдельные дни (и кратковременные периоды) неоднократно отмечаются понижения средней суточной температуры воздуха до 6-8°, при которой скорость линейного роста у озимой пшеницы значительно снижается (Шевелуха, 1992). Как показывают наблюдения, применение удобрений не оказывает заметного влияния на всхожесть и густоту всходов озимой пшеницы по вариантам опытов. У отрастающих всходов до начала кущения высота растений в среднем составляет 5-10 см.

Подсчет числа растений на опытных делянках в фазу 3 листа показал низкую полевую всхожесть семян, утративших высокие посевные качества во время хранения семенного зерна. При посеве 4-6 млн. всхожих семян на 1 га (400-600 шт./м²) число растений в фазе 3 листа в опытах 1, 2, 3 и 5 колебалось в среднем по опытам от 258 до 395 шт./м², а полевая всхожесть составляла от 64 до 70% (табл. 8.1.1). В опыте 6 при посеве свежееубранными семенами с высокими семенными качествами в перекрестном посеве полевая всхожесть составила 95%. По числу растений на 1 м² в осенний период посева на опытных участках во все годы характеризуются как слабо изреженные и средние, а в опыте 6 - как густые.

В фазу роста первых трех листьев происходит формирование конуса нарастания побега, в пазухах листьев закладываются почки - зачатки боковых побегов. При оптимальных сроках посева начало осеннего кущения у озимой пшеницы Заларинка приходится на начало второй декады сентября, когда у растений сформировались 3 листа и одновременно с разворачиванием 4-го листа в пазухе первого листа появляется боковой побег (побег кущения). Однако, если первый боковой побег развивается из почки в пазухе coleoptile, то боковой побег может появиться над поверхностью почвы одновременно с третьим листом главного побега (Носатовский, 1965; Добрынин, 1969). Установлено, что особенно много боковых побегов из почки в пазухе coleoptile развивается в дождливую погоду (Носатовский, 1965).

Таблица 8.1.1

Средняя численность растений озимой пшеницы Заларинка в
полевых опытах в фазу 3 листа (шт./м²)

Показатель	N опыта, год				
	1 1992	2 1993	3 1994	5 1996	6 1997
Посеяно всхожих семян	400	600	600	400	800
Число растений в опыте	258	390	395	278	760
Полевая всхожесть, %	64	65	66	70	95

Озимая пшеница кустиется в осенний период, который характеризуется снижением средней суточной температуры воздуха от 10 до 5°. Преобладает неустойчивая погода с частыми похолоданиями, когда возможно понижение температуры до критической (3°) для кушения. В периоды похолоданий уменьшается интенсивность кушения и замедляются ростовые процессы у растений.

В литературе имеются сведения о том, что при поздних сроках посева, а также при раннем прекращении вегетации, озимая пшеница, особенно в северных районах ее выращивания, иногда уходит в зиму нераскустившаяся, в фазе всходов, имея на растении один - три листа (Стихин, Денисов, 1977; Губанов, Иванов, 1988). На таких полях фаза всходов продолжается весной следующего года и в весенний период происходит кушение. В наших полевых опытах при посеве в рекомендуемые сроки осеннее кушение озимой пшеницы Заларинка проходило ежегодно. Как показывают наблюдения на опытных участках, в условиях суровой перезимовки большинство нераскустившихся в осеннее время растений озимой пшеницы, имея слабую закалку, погибают в зимний период. Поэтому, при возделывании озимой пшеницы в Иркутской области очень важно строго соблюдать оптимальные сроки осеннего сева, не допуская запаздывания с посевом.

Н.В.Дорофеев (1997) в опытах на Заларинском стационаре установил, что при посеве в оптимальный срок (20-25 августа) сорта

Иркутская озимая у нее в период осеннего кушения формируется 1-2 стебля и такие растения отличаются повышенной зимостойкостью. В наших полевых опытах в 1992-1998 г.г. при посеве озимой пшеницы Заларинка в оптимальные сроки у большинства растений в период кушения формировалось 2-3 стебля. Кроме того, в посевах встречается небольшое количество (до 5-10%) поздно появившихся растений, отстающих в росте и развитии. У таких растений в осенний период отрастают 2-3 листа и они уходят в зиму нераскустившиеся. По нашим подсчетам в осеннее время индекс кустистости у озимой пшеницы Заларинка в среднем составляет 2,0-3,0 и мало изменяется по годам.

В фазу кушения одновременно с образованием боковых побегов из узлов кушения развиваются узловые корни - формируется вторичная корневая система. Как показывают наши исследования температурного режима лесостепных почв, во второй и третьей декадах сентября, когда наступает период кушения озимой пшеницы, в толще почвы до глубины 0,8-1 м длительное время устанавливается температура 7-9°, наиболее благоприятная для роста корней. По измерениям Н.В.Дорофеева (1997) в опытах на Заларинском стационаре в осенний период глубина проникновения в почву первичной (зародышевой) корневой системы озимой пшеницы превышает 1 м. Вторичные (узловые) корни в основном распространены в пахотном слое почвы.

В связи с тем, что осенний период вегетации озимой пшеницы в лесостепи Иркутской области непродолжительный и проходит при быстром снижении средней суточной температуры воздуха и сокращении длины дня, ростовые процессы в фазу кушения протекают с низкой интенсивностью и растения накапливают небольшую биомассу. Как показывают измерения на опытных участках, в фазу кушения высота растений в среднем составляет 12-15 см, редко превышая эту величину в теплую и продолжительную осень. По состоянию растений несколько выделяются варианты опыта с внесением средней и повышенной дозы азота. У этих растений формируются более крупные по размеру листовые пластинки.

Как известно, накопление сухого вещества в биомассе растений в значительной степени коррелирует с интенсивностью ростовых процессов. Так как в фазу кушения растения по вариантам опыта не имеют больших различий по высоте и развитию вегетативной массы, то и по накоплению

сухого вещества не наблюдается существенных различий по вариантам опытов с внесением различных видов и доз удобрений (табл. 8.1.2)

Таблица 8.1.2

Сухой вес 25 растений озимой пшеницы Заларинка в фазу
осеннего кущения, г

Вариант	N опыта, год			
	1 1992	2 1993	3 1994	5 1996
Контроль	2,44	5,77	2,72	4,62
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	2,37	5,97	2,94	4,60
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	2,34	6,50	3,46	4,70
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	2,45	-	3,42	4,75

Как показывают наблюдения на Заларинском стационаре, в третьей декаде сентября при переходе средней суточной температуры через 5° к более низким значениям и дальнейшем быстром похолодании у озимой пшеницы вскоре прекращается кущение и значительно замедляются ростовые процессы. Однако в отдельные теплые солнечные дни, или в кратковременные периоды потепления, при повышении температуры активность ростовых процессов может повышаться. Осенний период понижения температуры от 5 до 0° имеет важное значение в жизненном цикле озимой пшеницы, так как в это время происходит подготовка растений к зиме - первая фаза закаливания. В последующее время, при переходе средней суточной температуры через 0° и установления морозной погоды, когда заканчивается активная вегетация, растения проходят вторую фазу закаливания и вступают в период зимнего покоя.

2. РОСТ РАСТЕНИЙ В ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Весеннее возобновление вегетации озимой пшеницы начинается вскоре после перехода средней суточной температуры воздуха через 0°, с

наступлением теплого сезона. В солнечные дни почва с поверхности нагревается и начинает оттаивать и уже через 10-15 дней верхний слой почвы оттаивает в среднем до глубины 10 см. В дневные часы на поверхности почвы максимальная температура повышается до 10-15°, а средняя суточная температура воздуха в этот период возрастает до 3-4°. В наших полевых опытах на Заларинском стационаре весеннее возобновление вегетации озимой пшеницы в большинстве лет наблюдалось во второй и третьей декадах апреля. Однако в 1997 г. (опыт 5), когда весна наступила в сверххранние сроки, возобновление вегетации озимой пшеницы отмечалось намного раньше - в начале первой декады апреля.

За начало активной вегетации озимой пшеницы в агроклиматологии принято считать устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 5°. По многолетним данным метеостанции Залари эта дата приходится на первую пятидневку мая. Однако в связи с погодными особенностями в годы проведения опытов начало активной вегетации отмечалось раньше, в среднем на 5-10 дней. В сверххраннюю весну 1997 г. (опыт 5) активная вегетация озимой пшеницы началась значительно раньше среднего срока - в конце первой декады апреля.

Весенний период вегетации озимой пшеницы (от начала возобновления вегетации до фазы выхода в трубку), в течение которого происходит отрастание растений после перезимовки и весеннее кущение, очень продолжительный (в среднем 50 дней) и характеризуется неустойчивой погодой. Повышение температурного режима происходит медленно и неоднократно прерывается похолоданиями, которые сопровождаются сильным ветром, осадками в виде дождя и снега, что оказывает неблагоприятное влияние на рост и развитие растений.

Осмотр посевов озимой пшеницы после перезимовки показывает, что надземные органы растений (листья, стебли), укрытые зимою слоем снега, получают значительные повреждения от воздействия сильных морозов. Сразу после схода снежного покрова сохранившиеся с осени листья имеют зеленый цвет, но в дальнейшем, когда происходит оттаивание верхнего слоя почвы, листья приобретают бурый цвет и засыхают. У сильно поврежденных морозами растений ткани подземной части стебля и узел кущения вялые, имеют желто-бурый цвет и вскоре чернеют и растение погибает. В связи с тем, что отмирание сильно

поврежденных морозами растений происходит не сразу, а через 10-12 дней после схода снега и начала оттаивания почвы, некоторые исследователи по мнению М.Ф.Стихина и П.В.Денисова (1977) делают неправильные заключения о гибели озимых от весенних заморозков.

После перезимовки на зеленеющих посевах нередко наблюдаются небольшие, разбросанные по полю, участки погибших от вымерзания растений. Эти участки имеют форму пятен сравнительно небольших размеров. Пятна вымерзших растений на поле обычно бывают приурочены к микробугоркам, с которых снег сносится ветром. В период отрастания посевов заметно проявляется также некоторая изреженность в рядах - погибают в период перезимовки слабо развитые, нераскустившиеся с осени растения, которые особенно чувствительны к сильным морозам. В процессе наблюдений за посевами установлено, что поврежденные в зимовку растения слабее отрастают весной, а в последующее время отстают в росте и развитии.

Как показывает учет густоты посева на опытных делянках, в весеннее время общие потери от вымерзания в период перезимовки колебались по годам в основном в пределах от 14 до 16%. И только в опыте 3 (1994/95 г.), в связи с очень сильными морозами при малоснежье в первой половине зимы, неблагоприятными условиями при выходе растений из зимовки (неоднократные резкие смены температур), отмечалась более высокая гибель растений (табл.8.2.1).

В литературе имеются указания, что в основных районах возделывания этой культуры изреженность посевов после перезимовки 8-15% принято считать небольшой, а изреженность посевов 20% - признаком благоприятной перезимовки (Уланова, 1975; Стихин, Денисов, 1977).

Сравнение показателей табл. 8.2.1 с обобщенными данными отечественных и зарубежных исследователей по характеристике густоты посевов озимых зерновых культур в весеннее время по числу растений на 1 м² (Зырянов, Иванов, Фролова, 1990) показывает, что в двух наших опытах (2 и 3) после перезимовки посев может быть охарактеризован как средний по густоте, а в двух других опытах (1 и 5) - как изреженный. Опыт 6, в котором сев производился перекрестным способом семенами,

имеющими высокую всхожесть, по числу растений на 1 м² характеризуется как густой.

Таблица 8.2.1

Среднее число растений в опытах после перезимовки (шт./м²) и
потери от вымерзания (%)

Фаза, показатель	N опыта, год				
	1 1992/93	2 1993/94	3 1994/95	5 1996/97	6 1997/98
Осеннее кущение	258	390	395	278	760
Весеннее кущение	222	323	300	236	640
Потери при перезимовке	14	16	24	15	16

После перехода средней суточной температуры воздуха через 5° и при дальнейшем ее повышении темпы отрастания вегетативной массы возрастают, происходит весеннее кущение озимой пшеницы. Однако в связи с тем, что в период весеннего отрастания растения затрачивают значительное количество пластических веществ на восстановление листовой поверхности, процесс нарастания вегетативной массы развивается медленно.

По наблюдениям на опытных делянках во второй декаде мая, когда происходит отрастание посевов и весеннее кущение, растения находятся в хорошем состоянии, имеют 4-5 листьев, средняя высота их составляет 12-18 см. В вариантах опытов, получивших дополнительное азотное питание, растения развиваются лучше - по сравнению с контролем (без удобрений) высота у них увеличивается на 4-10%, а накопление сухого вещества возрастает на 19-25% (табл. 8.2.2)

Весеннее кущение озимой пшеницы имеет важное значение для формирования необходимого количества продуктивных побегов - одного из ведущих элементов структуры урожайности зерновых культур. Как указывалось выше, из перезимовки посевы озимой пшеницы выходят изреженные, с недостаточным числом побегов, В результате весеннего

кущения возрастает число побегов, которые могут стать колосonosными и обеспечить высокую продуктивность посевов. В полевых опытах установлено, что в зависимости от гидротермических условий и густоты посева кустистость озимой пшеницы (число побегов на растение) в разные годы может изменяться в широких пределах. Как показывают подсчеты, в весенний период на одном растении развивается от 4 до 9 побегов. При обильном кущении число стеблей возрастает за счет образования побегов второго и третьего порядка.

Таблица 8 2.2

Средняя высота (см) и сухой вес (г) 25 растений озимой пшеницы
Заларинка в фазу весеннего кущения

Вариант	Высота растений		Сухой вес	
	Опыт 1	Опыт2	Опыт 1	Опыт 2
Контроль	12,3	13,5	4,3	8,2
P ₄₅ K ₄₅	12,7	14,0	5,1	9,3
N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	-	14,9	-	9,8
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	12,8	14,9	5,1	10,2
N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅	13,5	-	5,4	-

Однако не все поздно образовавшиеся побеги сохраняются в последующий период вегетации. Для роста боковых побегов, образовавшихся в период весеннего кущения, особенно важное значение имеет влажность поверхностного слоя почвы, в котором первоначально располагаются узловые корни. Между тем, в жаркое летнее время в результате неравномерного выпадения осадков, интенсивного физического испарения и транспирации верхний слой почвы периодически пересыхает. При сильном иссушении верхнего слоя почвы расположенные здесь корни отмирают, происходит усыхание и гибель части побегов. В результате этого обильно раскутившиеся растения теряют значительную часть весенних побегов Как видно из табл. 8.2.3,

большая потеря боковых побегов у озимой пшеницы наблюдается в опыте 2 в межфазный период выход в трубку - колошение.

Период интенсивного роста у озимой пшеницы наступает при переходе растений в фазу выхода в трубку и продолжается до окончания фазы колошения. В фазу выхода в трубку вначале происходит рост главного, а затем и боковых побегов, рост листьев, значительное увеличение их площади, развитие генеративных органов (формирование колосков в колосе и закладка цветков). Растения переходят от вегетативного развития к генеративному. В наших полевых опытах начало выхода в трубку у озимой пшеницы Заларинка отмечается в конце первой - в начале второй декады июня.

Таблица 8.2.3

Изменение числа стеблей на 1 растение по фазам развития озимой пшеницы Заларинка в весенне-летний период

Вариант	Весеннее кущение		Выход в трубку		Колошение	
	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 1	Опыт 2
Контроль	3,8	7,6	3,6	7,4	3,3	4,4
P ₄₅ K ₄₅	4,6	7,8	4,0	7,2	3,6	4,4
N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	-	8,4	-	7,3	-	4,7
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	4,7	8,0	4,2	7,3	3,4	5,1
N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅	4,9	-	4,6	-	4,1	-

В начале фазы трубкования большинство растений имеет от 4 до 5 побегов, что несколько ниже обобщенного показателя кустистости озимой пшеницы в Нечерноземье, указанного в работе Я.В.Губанова и Н.Н.Иванова (1988).

В фазу выхода в трубку рост главного стебля в длину первоначально проходит за счет удлинения междоузлия, расположенного в почве над узлом кущения. При осмотре посевов начало фазы определяется по выходу верхнего конца этого междоузлия над поверхностью почвы. Затем

последовательно начинается рост расположенных выше междоузлий и побег все более удлиняется. Трубка побега происходит за счет влагаллищ листьев, образующих свернутую трубку, внутри которой выдвигаются растущие молодые листья и развивающийся колос. Происходит рост листьев, причем каждый последующий лист превышает по размерам предыдущий. Состояние листовой поверхности служит показателем степени благоприятности условий произрастания (Корнилов, 1968). Установлена также тесная связь между развитием побега, состоянием его генеративных и ростом вегетативных органов - листьев и междоузлий стебля (Куперман, 1969).

Уже в начале фазы трубки высота главного стебля значительно увеличивается. Так, в опыте 2 в фазу весеннего кущения растения контрольного варианта имели среднюю высоту 13,5 см, а в фазу выхода в трубку - 49,7 см; в опыте 6 эти показатели составили, соответственно, 10 и 33 см. В результате значительного усиления процесса фотосинтеза в растениях намного увеличивается накопление сухого вещества. В опыте 2, например, в фазу выхода в трубку содержание сухого вещества по сравнению с фазой весеннего кущения увеличилось почти в 9 раз и достигло в варианте контроль 71 г (в 25 растениях); в опыте 6 в фазу выхода в трубку этот показатель составил 70 г.

В фазу выхода в трубку, когда значительно возрастают темпы ростовых процессов и растения предъявляют повышенные требования к обеспечению питательными веществами и водой, азотные удобрения, внесенные как отдельно, так и совместно с фосфором и калием, способствуют улучшению роста и развития растений. Как показывают измерения, в опыте 2 в фазу выхода в трубку в варианте с внесением средней дозы азота совместно с фосфорно-калийным удобрением ($N_{60}P_{45}K_{45}$) высота растений по сравнению с контрольным вариантом (без удобрений) увеличилась на 7%, а содержание сухого вещества - на 16%. Менее эффективное действие оказало отдельное применение фосфорно-калийного удобрения: в варианте $P_{45}K_{45}$ высота растений по сравнению с контролем изменилась незначительно, а сухой вес снизился на 5%.

Наиболее интенсивно развиваются ростовые процессы у озимой пшеницы в межфазный период выход в трубку - колошение, который в лесостепи Иркутской области имеет продолжительность в среднем 25 дней, с колебаниями, в зависимости от условий внешней среды, от 21 до

25 дней. Фаза колошения, когда появляется колос из влагалища верхнего листа, отмечается в первой декаде июля.

Рост главного и боковых побегов происходит за счет удлинения и утолщения междоузлий стебля, увеличиваются размеры листовых пластинок и площадь ассимиляционной поверхности листьев достигает максимального размера. Значительно возрастает накопление сухого вещества в растениях.

Рост растений в фазу колошения проходит в наиболее теплое летнее время при средней суточной температуре воздуха 16-19°, которая благоприятствует выращиванию невысоких растений, устойчивых к полеганию (Носатовский, 1965). При повышенном температурном режиме и достаточном увлажнении формируется более высокорослый стеблестой (опыты 2, 3, 6). Наиболее существенным фактором, определяющим условия роста растений в этот период, служит влажность почвы, обеспеченность растений доступной влагой. Период трубкования - колошения является критическим у пшеницы по отношению к условиям увлажнения. При недостаточном обеспечении растений влагой ростовые процессы у растений замедляются, а при развитии продолжительной почвенной засухи приостанавливается рост междоузлий стебля, растения формируются низкорослые, с мелкими листьями, небольшим колосом, продуктивность посевов снижается (опыты 1, 5).

В табл. 8.2.4 представлены данные наблюдений за все годы полевых опытов о влиянии удобрений на рост стебля, длину колоса, накопление сухого вещества озимой пшеницей Заларинка в фазу колошения. Как видно из этих данных, опытные растения в варианте без применения удобрений (контроль) имели высоту в среднем 67 см, что характеризует их как средние по высоте. Однако в опытах 1 и 5 в связи с засухой в летний период растения сформировались низкорослые (49,8 и 61,3 см).

Из сравнения данных табл. 8.2.4 видно, что наиболее эффективное влияние на рост растений оказывает применение азотного удобрения. Внесение средней дозы азота (N_{60}) в составе полного удобрения способствует усилению темпов роста, увеличению высоты растений до 72,1 см, что на 8% превышает показатель контрольного варианта. Применение повышенной дозы азота (N_{90}) повышает интенсивность ростовых процессов, средняя высота растений увеличивается до 73,8 см,

что на 10% превышает контроль. Следует отметить более высокий эффект от действия повышенной дозы азота в опытах 1 и 5, в которых развитие растений проходило при недостатке влаги в верхних слоях почвы. Получая повышенное азотное питание, растения развивали более глубокую корневую систему, лучше использовали запасы продуктивной влаги из нижних слоев почвы. В этих опытах в варианте с применением N_{90} превышение высоты растений по сравнению с контролем составило, соответственно, 21 и 19%. В варианте с внесением фосфорно-калийного удобрения ($P_{30-45}K_{30-45}$) влияние на рост растений фосфора и калия проявлялось незначительно: по сравнению с контролем высота растений в большинстве опытов увеличивалась на 1-3% (максимальная величина 7%), а в среднем по всем опытам - на 4%.

По-разному проявляется действие различных видов удобрений на длину колоса. Фосфорно-калийные удобрения при внесении их в чистом виде в дозах от 30 до 45 кг/га уменьшают длину колоса по сравнению с контролем в среднем на 2%, что приводит к снижению озерненности колоса. Азотные удобрения оказывают положительное действие на рост колоса, причем эффективность действия повышается при увеличении дозы азота. Так, в варианте с внесением средней дозы азота длина колоса по сравнению с контролем увеличивается в среднем на 13%, а в варианте с повышенной дозой (N_{90}) - на 24%.

В фазу колошения, когда растения развивают максимальную ассимиляционную поверхность и процессы фотосинтеза усиливаются, накопление сухого вещества в растениях озимой пшеницы значительно возрастает. Так, в опыте 2 в контрольном варианте (без удобрения) в фазу колошения содержание сухого вещества в растениях по сравнению с фазой выхода в трубку увеличилось в 2,3 раза, а в опыте 6 - в 1,5 раза. Как видно из табл. 8.2.4, в фазу колошения сухой вес 25 растений в среднем по всем опытам составил 140 г, с колебаниями от 105,5 до 186,2 г. Наименьшее количество сухого вещества в растениях накапливается в засушливые годы. В связи с недостатком влаги в фазу колошения - цветения нарушаются процессы развития генеративных органов, снижается озерненность колоса, формируется щуплое зерно, происходит снижение урожая.

Таблица 8.2.4

Влияние удобрений на рост и сухой вес озимой пшеницы Заларинка
в фазу колошения

Вариант	N опыта, год					Среднее	
	1 1993	2 1994	3 1995	5 1997	6 1998	за 5 лет	в % к контролю
Высота растений, см							
Контроль	61,3	74,6	77,6	49,8	71,6	67,0	100
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	62,9	75,3	78,0	52,6	76,8	69,5	104
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	63,3	81,4	82,1	55,5	78,3	72,1	108
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	74,3	-	82,9	59,2	78,9	73,8	110
Длина колоса, см							
Контроль	6,0	5,6	6,8	5,8	7,0	6,2	100
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	5,8	5,2	6,9	5,5	7,1	6,1	98
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	6,4	6,3	7,6	7,2	7,8	7,0	113
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	7,0	-	7,7	8,1	7,9	7,7	124
Сухой вес 25 растений, г							
Контроль	132,7	169,0	186,2	105,5	107,0	140,0	100
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	145,8	184,8	206,2	108,0	104,8	149,9	107
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	172,6	238,5	256,0	113,2	109,0	175,4	125
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	232,9		255,0	117,2	110,2	178,8	128

Применение азота как отдельно, так в составе полного удобрения повышает уровень минерального питания и улучшает его сбалансированность по питательным элементам, что способствует повышенному накоплению сухого вещества в растениях. Как видно из табл. 8.2.4, при внесении средней дозы азота в составе полного удобрения (N₆₀P₃₀₋₄₅K₃₀₋₄₅) в среднем за 5 лет содержание сухого вещества в растениях по сравнению с контролем увеличилось на 25%. Применение повышенной дозы азота способствовало увеличению накопления сухого вещества в растениях. На почвах стационара, высоко обеспеченных фосфором и

калием, одностороннее применение фосфорно-калийного удобрения (вариант $P_{30-45}K_{30-45}$) является малоэффективным приемом - в среднем за 5 лет уровень накопления сухого вещества в растениях превысил контроль всего на 7%.

После выхода колоса из пазухи последнего листа (окончание фазы колошения), в последующие фазы цветения и формирования зерновки при благоприятных условиях увлажнения рост стебля (соломины) еще продолжается, но более низкими темпами. Наиболее значительно увеличиваются размеры колоса. Как показали измерения опытных растений в фазу полной спелости зерна, по сравнению с фазой колошения средняя высота растений по вариантам опыта увеличилась на 6-11%, а длина колоса возросла на 19-26%. Перед уборкой урожая средняя высота стебля в контроле (без удобрения) и в варианте с повышенной дозой азота в опыте 1 составила, соответственно, 63,3 и 78,7 см, в опыте 3, соответственно, 94,4 и 97,0 см, в опыте - 5 52,8 и 62,5 см, в опыте 6 - 84,6 и 87,3 см. В обычные и засушливые годы высота стебля в среднем 60-80 см, в годы с повышенным увлажнением высота его достигает 100-110 см. Соломина прочная, сорт устойчив к полеганию

3. ЭЛЕМЕНТЫ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ

При оценке эффективности удобрений важнейшим показателем служит урожай зерна. Наиболее полное представление об условиях формирования урожая, влияния уровня минерального питания растений и факторов внешней среды на продуктивность посевов дает анализ элементов структуры урожая. К числу важнейших элементов структуры урожая озимой пшеницы относятся: густота колосоносного (продуктивного) стеблестоя, озерненность колоса и выполненность зерна. В свою очередь, каждая из этих величин зависит от других элементов структуры урожая - нормы высева, полевой всхожести, выживаемости растений, продуктивной кустистости. Совокупность и соотношение указанных элементов и характеризует структуру урожая зерновых культур, изучение которой позволяет полнее выявить влияние изучаемых факторов на формирование урожая.

Выше, при характеристике роста и развития озимой пшеницы в полевых опытах на Заларинском стационаре, приводились некоторые

элементы структуры урожая (норма высева, густота всходов), оказывающие в начальный период роста растений существенное влияние на формирование густоты стояния растений, как важного исходного условия, определяющего потенциальную продуктивность посева. Было показано, что рекомендуемая норма высева 500-600 семян на 1 м² была выдержана только в опытах 2 и 3, а в опытах 1 и 5 в связи с недостатком семян посев производился из расчета 400 семян на 1 м². Однако в связи с низкой полевой всхожестью семян (64-70%) во всех этих опытах не удалось получить нормальные по густоте всходы: в фазу начала осеннего кущения в опытах в среднем насчитывалось от 258 до 395 растений на 1 м² (см. табл. 8.1.1). В опыте 6, в котором сев производился перекрестным способом при загущенной норме высева, а свежесобранное зерно, используемое на семена, отличалось высокой полевой всхожестью (95%), посев имел высокую густоту стояния растений. Так как данные по оптимальной густоте всходов озимой пшеницы в Иркутской области отсутствуют, для сведения укажем, что согласно литературным данным оптимальная густота всходов озимой пшеницы в Нечерноземной полосе России составляет 400-450 растений на 1 м² (Стихин, Денисов, 1977).

Завершая рассмотрение начальных элементов структуры урожая (норма высева, густота всходов) в полевых опытах на Заларинском стационаре следует отметить, что использование семян с низкой всхожестью (опыты 1, 2, 3, 5) приводит к увеличению нормы высева и непроизводительному расходованию ценного зерна озимой пшеницы, получению всходов с недостаточной густотой. Для повышения семенных качеств зерна следует большое внимание уделять послеуборочной обработке зерна (очистке, сушке, калибровке), правильному хранению семян в зимний период. Немаловажное значение для получения дружных густых всходов имеет также улучшение качества подготовки почвы под посев, оптимальная глубина заделки семян с учетом свойств почвы и степени ее увлажнения.

Как установлено в полевых опытах, внесение различных видов и доз удобрений перед посевом не оказывает существенного влияния на полевую всхожесть семян и густоту всходов озимой пшеницы.

Важным элементом структуры урожая является выживаемость растений - число сохранившихся растений к концу вегетационного

периода в процентах к числу растений в осеннее время. От густоты всходов и степени выживаемости зависит число растений перед уборкой.

В табл.8.3.1 представлены данные за все годы полевых опытов о числе растений в начальный и конечный периоды вегетации и показатель выживаемости растений. В большинстве опытов выживаемость растений изменяется в пределах от 50 до 74%. В опыте 5, как указано выше, показатель выживаемости завышен в результате исключения из учета одной повторности опыта.

В среднем по всем опытам выживаемость растений озимой пшеницы составляет 68%, а общие потери в период вегетации достигают 32%, из которых 17% приходится на потери в период перезимовки (см. табл. 8.2.1), а 15% - потери в весенне-летний период. Изреживание посевов происходит в жаркие летние месяцы, когда при повышенном температурном режиме, недостаточном и нерегулярном выпадении осадков пахотный слой иссушается и растения, испытывая дефицит влаги, приостанавливают рост, а наиболее ослабленные из них отмирают.

Следует отметить, что полученные данные в наших опытах о выживаемости растений укладываются в пределы колебаний выживаемости озимой пшеницы, которые характерны для большинства районов Нечерноземья (Стихин, Денисов, 1977).

Наблюдается определенная зависимость числа сохранившихся перед уборкой растений от густоты всходов. Показатели числа растений в осеннее время и выживаемости находятся в положительной связи с урожайностью. Согласно обобщенным результатам исследований опытных сельскохозяйственных учреждений в Нечерноземной полосе за счет увеличения числа сохранившихся растений создается около половины прироста урожая озимой пшеницы (Стихин, Денисов, 1977).

В табл. 8.3.2 представлены данные о количестве растений озимой пшеницы Заларинка перед уборкой урожая. Эти сведения получены на основании разборки пробных снопов с 1 м², которые отбирали по вариантам опытов. Повторность трехкратная. Для сравнительной характеристики влияния удобрений на численность растений в таблице приведены только те варианты с видами и дозами удобрений, которые применялись в большинстве опытов.

Таблица 8.3.1

Среднее число растений озимой пшеницы в опытах в начальный и конечный периоды вегетации (шт./м²) и выживаемость растений (%)

Фаза, показатель	№ опыта, год					Среднее
	1 1992/93	2 1993/94	3 1994/95	5 1996/97	6 1997/98	
Осеннее кущение	258	390	395	278	760	416
Перед уборкой	170	230	196	252*	566	283
Выживаемость	66	59	50	91	74	68

*В опыте 5 в период весеннего кущения из дальнейшего учета была исключена одна повторность (с изреженным с осени стоянием растений), по деланкам которой проходил сток талых вод, вызвавший сильное разрушение почвенного покрова и смыв значительной части опытных растений. Исключение из учета этой повторности привело к искусственному завышению показателя выживаемости растений в опыте 5,

Как видно из табл. 8.3.2, имеются значительные различия между опытами по числу растений перед уборкой, что обусловлено неодинаковой нормой высева семян и различиями в их полевой всхожести, а также разной степенью выживаемости растений в период вегетации. Наибольшее число растений перед уборкой насчитывается в опыте 6, в котором, как уже указывалось, посев производился перекрестным способом с применением повышенной нормы высева, а семена имели высокую полевую всхожесть. В среднем по всем опытам число растений на 1 м² в контрольном варианте (без удобрений) составляет 272, с значительными колебаниями по годам.

Применение различных видов удобрений по-разному оказало влияние на численность растений в опытах. Внесение азота в составе полного удобрения способствовало увеличению по сравнению с контролем численности растений перед уборкой урожая: в варианте с N₆₀ в среднем на 10%, а в варианте с N₉₀ - в среднем на 19%. Как показывают наблюдения, повышение количества растений в этих вариантах происходит в основном за счет лучшей выживаемости растений в летний

период. В варианте с применением фосфорно-калийного удобрения без азота численность растений на единицу площади по сравнению с контролем в среднем по всем опытам практически не изменяется.

Таблица 8.3.2

Число растений озимой пшеницы Заларинка в полевых опытах перед уборкой урожая (шт./м²)

Вариант	N опыта, год уборки					Среднее
	1 1993	2 1994	3 1995	5 1997	6 1998	
Контроль	164	210	217	254	514	272
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	159	250	158	300	522	278
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	176	217	193	282	623	298
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	174	-	208	285	624	323

Более существенное значение для характеристики продуктивности посевов имеет число стеблей, образующихся в результате кущения озимой пшеницы. Кустистость, или энергия кущения (Носатовский, 1965), зависит от особенностей сорта, агротехники, гидротермических условий в осенний и весенний периоды, обеспеченности растений питательными веществами. В сельскохозяйственной практике различают кустистость общую (общее число побегов на растение) и продуктивную (число колосоносных стеблей). Кустистость может изменяться не только по годам, но и в течение вегетационного периода, снижаясь в жаркий засушливый период в результате отмирания части побегов. По исследованиям А.И.Носатовского (1965) у сильно кустящихся сортов пшеницы продуктивная кустистость может быть вдвое-втрое меньше, чем общая.

В табл. 8.3.3 представлены данные о кущении озимой пшеницы Заларинка в полевых опытах. Как видно из этих данных, новый сорт озимой пшеницы характеризуется невысокой кустистостью, а продуктивная кустистость незначительно отличается от показателя общей кустистости, что благоприятствует более полному использованию

растениями синтезируемых пластических веществ на формирование продуктивности колоса.

Таблица 8.3.3

Общая и продуктивная кустистость озимой пшеницы Заларинка
перед уборкой урожая

Вариант	N опыта, год уборки					Среднее
	1 1993	2 1994	3 1995	5 1997	6 1998	
Общая кустистость						
Контроль	2,0	2,4	2,5	2,0	1,4	2,1
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	2,2	2,6	3,1	1,7	1,4	2,2
N ₆₀ P ₂₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	2,3	3,0	3,1	2,4	1,3	2,4
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	2,3	-	3,3	2,2	1,4	2,4
Продуктивная кустистость						
Контроль	1,9	2,2	2,4	1,8	1,2	1,9
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	2,1	2,2	2,9	1,5	1,2	2,0
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	2,0	2,7	3,0	2,0	1,2	2,2
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	2,1	-	3,2	1,9	1,2	2,1

Сравнение показателей кустистости по годам показывает, что наиболее низкая кустистость наблюдается в опыте 6 с загущенным посевом, пониженная кустистость по сравнению с средними многолетними данными отмечается в опытах 1 и 5, в которых вегетация растений в летний период проходила в условиях сильной засухи.

Применение удобрений оказывает положительное влияние на общую и продуктивную кустистость опытных растений. При внесении средней и повышенной дозы азота в составе полного удобрения в среднем по всем опытам общая кустистость по сравнению с контролем повысилась на 14%, продуктивная кустистость - на 16%. Одностороннее применение фосфорно-калийного удобрения (без азота) оказывает значительно

меньший эффект: кустистость по сравнению с контролем увеличивается в среднем на 5%.

В среднем за 5 лет показатель продуктивной кустистости сорта Заларинка в наших опытах в зависимости от условий минерального питания изменяется от 1,9 (контроль) до 2,2 (полное удобрение), что выше среднего показателя продуктивной кустистости (1,6) озимой пшеницы в Нечерноземной полосе (Стихин, Денисов, 1977).

В табл. 8.3.4 представлены данные об общей численности стеблей по вариантам опытов с озимой пшеницей Заларинка перед уборкой урожая. Как видно из этих данных, в результате кущения общее число стеблей на опытных участках увеличилось в среднем в два раза по сравнению с числом растений. Более значительно возросло число стеблей в опытах 2 и 3 (в 2,5-3 раза), в которых отмечается повышенная энергия кущения. В опыте 6, напротив, в связи с очень высокой густотой стояния растений значительно понизилась энергия кущения, увеличение общего числа стеблей по сравнению с числом растений в вариантах опыта составляет 1,3-1,4 раза, что является наиболее низким показателем.

Как видно из табл. 8.3.4, во всех вариантах с применением полного удобрения, содержащего в своем составе азот, общее число стеблей возрастает по сравнению с контролем на 21-23%.

В составе общего стеблестоя наряду с колосоносными (продуктивными) содержатся непродуктивные стебли (подгон, подсада) - не несущие колоса, или имеющие мелкий колос, который не созревает к уборке урожая. Результаты изучения состава непродуктивного стеблестоя в опытных посевах озимой пшеницы Заларинка представлены в табл. 8.3.5.

Как видно из табл. 8.3.5, количество непродуктивных стеблей значительно изменяется по годам. По средним показателям за все годы опытов число стеблей с зеленым колосом мало отличается от числа стеблей без колоса. Суммарное количество непродуктивных стеблей в среднем составляет 9% от общего числа стеблей. Как видно из табл. 8.3.5, в вариантах с внесением азотного удобрения абсолютное количество непродуктивных стеблей возрастает больше, чем в контроле и варианте с применением фосфорно-калийного удобрения. Однако по отношению к общему числу стеблей в вариантах с внесением азота процентный показатель содержания непродуктивных стеблей изменяется мало.

Таблица 8.3.4

Общее число стеблей озимой пшеницы Заларинка в полевых опытах
перед уборкой урожая (шт./м²)

Вариант	N опыта, год уборки					Среднее
	1 1993	2 1994	3 1995	5 1997	6 1998	
Контроль	331	516	543	516	698	521
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	350	641	484	506	729	542
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	398	647	604	663	836	630
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	399	-	693	615	857	641

Следует отметить, что при оценке урожайности посевов общее число стеблей не может служить прямым показателем продуктивности поля, так как урожай формируется за счет колосоносных (продуктивных) стеблей. Как было показано выше, при сильной загущенности стояния растений продуктивная кустистость снижается, а в изреженных посевах - возрастает. Результаты учета количества продуктивных стеблей в полевых опытах с озимой пшеницей представлены в табл. 8.3.6.

В варианте без применения удобрений (контроль) в среднем по опытам количество плодоносящих стеблей составляет 483 на 1 м². Максимальное число продуктивных стеблей (632 на 1 м²) в контрольном варианте насчитывается в опыте 6, в котором растения имеют наибольшую густоту стояния (выше средней по всем опытам), несмотря на то, что продуктивная кустистость самая низкая (1,2) по сравнению с другими опытами.

В опыте 3, в котором густота стояния растений ниже средней по опытам, благодаря наиболее высокой в опытах продуктивной кустистости (2,4), в контрольном варианте сформировалось высокое число колосоносных стеблей (530 на 1 м²).

Таблица 8.3.5

Состав непродуктивного стеблестоя в опытных посевах озимой
пшеницы Заларинка перед уборкой урожая, шт./м²

Вариант	N опыта, год уборки					Среднее
	1 1993	2 1994	3 1995	5 1997	6 1998	
С зеленым мелким колосом						
Контроль	3	34	1	31	45	23
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	1	29	1	18	60	22
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	3	37	0	38	68	29
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	3	-	0	39	52	24
Без колоса						
Контроль	15	10	12	19	21	15
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	14	58	18	30	13	26
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	36	15	15	61	31	32
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	28	-	23	46	32	32
Общее число непродуктивных стеблей						
Контроль	18	44	13	50	66	38
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	15	87	19	48	73	48
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	39	52	15	99	99	61
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	31	-	23	85	84	56

В опытах 2 и 5, в которых посевы изреженные, а продуктивная кустистость невысока, число колосоносных стеблей в контроле к уборке составило, соответственно, 472 и 466 на 1 м², что несколько ниже среднего показателя.

Как видно из табл. 8.3.6, минимальное количество продуктивных стеблей перед уборкой урожая в варианте без применения удобрений насчитывалось в опыте 1 (313 на 1 м²). В этом опыте, как отмечалось

ранее, в связи с недостатком семян посев производился сниженной нормой, а в летний засушливый период произошел значительный выпад стеблестоя.

Таблица 8.3.6

Число продуктивных стеблей озимой пшеницы Заларинка в полевых опытах перед уборкой урожая, шт./м²

Вариант	N опыта, год уборки					Среднее
	1 1993	2 1994	3 1995	5 1997	6 1998	
Контроль	313	472	530	466	632	483
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	335	554	465	458	656	494
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	359	595	589	564	737	569
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	368	-	670	530	773	585

Выше было показано, что применение удобрений, содержащих в своем составе азот, способствует повышению числа растений к уборке урожая за счет их лучшей выживаемости, а также увеличения продуктивной кустистости. В табл. 8.3.6 видно, что в среднем по всем опытам при внесении 60 кг/га азота совместно с фосфором и калием число колосоносных стеблей увеличилось на 18% (с колебаниями по опытам от 11 до 26%), а в варианте с применением дозы азота 90 кг/га - увеличение составило 21% (колебания от 14 до 26%). При одностороннем применении фосфорно-калийного удобрения условия минерального питания растений ухудшаются вследствие усиливающегося дисбаланса между фосфором и азотом в составе питательных веществ. В фосфорно-калийном варианте в среднем по опытам прибавка числа колосоносных стеблей незначительна, а в некоторых из них (опыты 3 и 5) число колосоносных стеблей снижается по сравнению с контролем.

Увеличение продуктивного стеблестоя в результате рационального применения удобрений, обеспечивающего оптимизацию минерального питания растений, - важный фактор повышения урожайности. По

исследованиям Е.С.Улановой (1975) в зоне черноземных почв для получения высокого урожая озимой пшеницы в период созревания в посевах должно быть 500-800 колосоносных стеблей на 1 м².

Показателями структуры колоса служат его размеры, озерненность и масса 1000 зерен - важнейшие составные элементы, определяющие урожай. Результаты пятилетних полевых исследований элементов структуры колоса сорта Заларинка представлены в табл. 8.3.7.

Как показали измерения, средняя длина колоса в варианте без применения удобрений у этого сорта составляет 7,8 см, что характеризует его как средний по размерам. Применение минеральных удобрений, содержащих азот, способствует увеличению длины колоса в варианте с дозой азота 60 кг/га в среднем до 8,5 см, что на 9% больше, чем в контроле. Более высокий эффект оказывает внесение повышенной дозы азота (90 кг/га) - средняя длина колоса увеличивается до 9,2 см, что превышает длину колоса в контроле на 18%. В этом варианте встречается немало крупных колосьев, длина которых достигает 11-12 см. В варианте с применением одного фосфорно-калийного удобрения размер колоса несколько уменьшается по сравнению с контролем. Сравнение размеров колоса в отдельных опытах показывает, что наибольшую величину колос имеет в опытах 3 и 6, которые отличаются более высокой урожайностью.

Как видно из табл. 8.3.7, число колосков в колосе в варианте без применения удобрений в среднем по опытам составляет 14,3, с колебаниями по годам от 13,1 до 16,3. Действие различных видов удобрений на число колосков в колосе проявляется аналогично их влиянию на длину колоса.. Азот в дозе 60 кг/га, внесенный совместно с фосфором и калием, способствует увеличению численности колосков в среднем до 15,3, что превышает этот показатель в контроле на 7%. В варианте с повышенной дозой азота (90 кг/га) среднее число колосков в колосе повышается до 16,1 (с колебаниями от 15,7 до 16,9), что больше чем в контроле на 13%. В варианте с фосфорно-калийным удобрением (P₃₀-K₃₀₋₄₅), в котором размеры колоса несколько уменьшаются, наблюдается также некоторое снижение числа колосков по отношению к контролю.

По числу колосков в колосе озимая пшеница Заларинка мало уступает Безостой 1. По данным Е.С.Улановой (1975) в зоне черноземных почв на полях колхозов число колосков в колосе Безостой 1 колеблется от

10 до 19 при посеве по различным предшественникам, а при посеве по черному пару - от 14 до 19.

Таблица 8.3.7

Структура колоса озимой пшеницы Заларинка

Вариант	N опыта, год					Среднее	%
	1 - 1993	2 - 1994	3 - 1995	5 - 1997	6 - 1998		
Длина колоса, см							
Контроль	7,3	7,1	8,3	7,7	8,4	7,8	100
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	7,0	6,7	8,4	7,8	8,8	7,7	99
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	7,7	8,3	8,7	8,7	8,9	8,5	109
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	8,7	-	8,7	9,5	9,9	9,2	118
Число колосков в колосе							
Контроль	14,0	13,1	16,3	13,6	14,5	14,3	100
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	13,7	12,7	16,3	13,1	14,6	14,1	99
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	15,3	15,3	16,7	14,2	15,0	15,3	107
N ₉₀ H ₃₀₋₄₅ R ₃₀₋₄₅	15,7	-	16,9	15,9	16,0	16,1	113
Число зерен в колосе							
Контроль	30,3	24,1	35,3	28,1	32,1	30,0	100
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	31,0	23,3	35,9	27,8	33,3	30,3	101
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	34,3	30,2	37,3	33,4	34,3	33,9	113
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	38,3	-	39,1	37,8	37,6	38,2	127
Масса 1000 зерен, г							
Контроль	28,1	30,6	33,7	26,2	30,6	29,9	100
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	30,4	31,9	34,5	26,?	30,5	30,8	103
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	29,9	32,4	33,9	27,4	33,3	31,4	105
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	31,8	-	34,9	28,4	35,5	32,6	109

Число зерен в колосе и масса 1000 зерен относятся к главнейшим компонентам структуры урожая озимой пшеницы.. Число зерен в колосе, или озерненность колоса, варьирует по годам в зависимости от условий выращивания (табл. 8.3.7). В среднем по опытам в варианте без применения удобрений в колосе Заларинки содержится 30 зерен (с колебанием по годам от 24,1 до 35,5). Озерненность колоса в контрольном варианте тесно коррелирует с числом колосков в колосе, в варианте без удобрений коэффициент корреляции равен $+0,933 \pm 0,212$.

Применение азотного удобрения совместно с фосфорным и калийным оказывает значительное влияние на озерненность колоса (табл. 8.3.7). При внесении дозы азота 60 кг/га в среднем по опытам число зерен в колосе увеличилось до 33,9, что превышает число зерен в контроле на 13%. Но особенно большой эффект получен от внесения повышенной дозы азота (90 кг/га) - содержание зерен в колосе увеличилось до 38,2, что превышает этот показатель в контроле на 27%. При этом наблюдается уравнивание числа зерен в колосе в разных опытах, что обуславливает утрату прямой связи между озерненностью колоса и числом колосков в колосе (коэффициент корреляции равен $-0,546 \pm 0,718$).

Как уже отмечалось, азот в почвах Заларинского стационара играет основную роль в оптимизации минерального питания растений. Исключение азота из состава удобрительной смеси резко снижает эффективность действия удобрения на некоторые элементы структуры колоса: размеры колоса, число колосков в колосе. Фосфор и калий без азота не оказывают положительного влияния на число зерен в колосе. По сравнению с контролем в варианте $P_{30-45}K_{30-45}$ в среднем по опытам озерненность колоса практически не изменяется, а в отдельных опытах (2 и 5) наблюдается некоторое снижение числа зерен в колосе (табл. 8.3.7).

Озерненность колоса зависит не только от условий выращивания (метеорологические условия, агротехника, применение удобрений), но и от особенностей сорта. Сравнивая озерненность колоса Заларинки с имеющимися в литературе данными, следует отметить, что по этому показателю Заларинка мало уступает лучшим сортам озимой пшеницы. Так, по данным Е.С.Улановой (1975) число зерен в колосе Безостой 1 на полях колхозов в зоне черноземных почв изменяется от 20 в неблагоприятные годы до 40 в благоприятные при посеве по любым предшественникам, а при посеве по черному перу - от 27 до 40. В

Нечерноземной полосе по обобщенным данным большого количества опытов, которые проводились с различными сортами озимой пшеницы, в группе сортов с высокой урожайностью (40-50 ц/га) среднее число зерен в колосе колеблется от 21,1 до 25,7. У озимой пшеницы Мироновская 808 на различных сортоучастках Нечерноземной полосы при урожае 33-38 ц/га число зерен в колосе изменяется от 25 до 34 (Стихин, Денисов, 1977).

Масса 1000 зерен, характеризующая выполненность (налив) зерна, отличается большой изменчивостью в зависимости от гидротермических условий в период формирования и налива зерна, минерального питания растений, биологических особенностей сорта. Выполненность зерна оказывает существенное влияние на уровень урожая.

Как видно из табл. 8.3.7, в наших полевых опытах в среднем за 5 лет в варианте без применения удобрений (контроль) масса 1000 зерен у сорта Заларинка составила 29,9 г. При этом не отмечается значительного влияния на массу 1000 зерен как загущения, так и изреживания посевов. Более существенное влияние на выполненность зерна оказывают условия влагообеспечения и теплообеспеченности растений в период от колошения до восковой спелости зерна. Так, в опыте 1 в связи с недостатком влаги в почве в период колошения - восковая спелость и повышенным температурным режимом зерно сформировалось щуплое, легковесное, с массой 1000 зерен 28,1 г. Наиболее легковесное зерно сформировалось в опыте 5 (масса 1000 зерен 26,2 г), в котором растения от фазы выхода в трубку до фазы восковой спелости испытывали недостаток влаги. При благоприятных условиях увлажнения в период налива в варианте без применения удобрений масса 1000 зерен составляет 30,6-33,7 г (опыты 3 и 6).

Применение азотного удобрения совместно с фосфорным и калийным во всех опытах оказывает положительное влияние на массу 1000 зерен (табл. 8.3.7). Наибольший эффект получен при внесении повышенной дозы азота (90 кг/га) - в среднем по всем опытам масса 1000 зерен увеличилась до 32,6 г. По сравнению с контролем прибавка составила 9%, с колебаниями по опытам от 3,6 до 16%. Фосфорно-калийное удобрение без азота оказывает незначительное влияние на массу 1000 зерен.

Для сравнения показателей массы 1000 зерен сорта Заларинка отметим, что по литературным данным (Уланова, 1975) на черноземных почвах масса 1000 зерен районированных сортов озимой пшеницы на полях колхозов изменяется от 25 г в годы с засушливыми условиями в период налива зерна до 50-51 г в благоприятные годы. В Нечерноземной полосе в значительном числе случаев масса 1000 зерен не превышает 30 г, но бывает и выше 46 г, что зависит от особенностей районированных сортов и условий произрастания (Стихин, Денисов, 1977).

Выше были рассмотрены отдельные элементы структуры колоса и их влияние на продуктивность колоса. Интегральным показателем продуктивности колоса служит масса зерна с одного колоса. Продуктивность колоса, наряду с густотой колосоносного стеблестоя, играет ведущую роль в формировании урожая.

Таблица 8.3.8

Масса зерна с одного колоса озимой пшеницы Заларинка в полевых опытах, г (продуктивность колоса)

Вариант	N опыта, год уборки					Среднее
	1 1993	2 1994	3 1995	5 1997	6 1998	
Контроль	0,85	0,74	1,19	0,73	0,98	0,90
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	0,94	0,74	1,24	0,74	1,02	0,93
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	1,02	0,98	1,26	0,92	1,14	1,06
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	1,22	-	1,36	1,07	1,33	1,24

В табл. 8.3.8 представлены данные о продуктивности колоса озимой пшеницы Заларинка на серой лесной почве. При сравнении этих данных с показателями структуры колоса (табл. 8.3.7) наблюдается тесная взаимосвязь между основными элементами структуры колоса и его продуктивностью. Важнейшую роль в формировании продуктивности колоса играют озерненность колоса и масса 1000 зерен.

Колос Заларинки в зависимости от условий выращивания характеризуется повышенной и высокой продуктивностью. В среднем за все годы опытов в варианте без применения удобрений (контроль) продуктивность колоса составила 0,90 г (с колебаниями от 0,73 до 1,19 г). В годы с недостатком влаги в летние месяцы (опыты 1, 2, 5) продуктивность колоса снижалась до 0,73-0,85 г, а в благоприятные годы по увлажнению (опыты 3, 6) масса зерна с одного колоса повышалась до 0,98-1,19 г. Для сравнения отметим, что по данным М.Ф.Стихина и П.В.Денисова (1977) в Нечерноземной полосе в среднем по всем опытам продуктивность колоса озимой пшеницы составляет 0,65 г.

При внесении на почвах опытных участков фосфорно-калийного удобрения без азота (вариант $P_{30-45}K_{30-45}$) средний многолетний показатель продуктивности колоса практически остается на уровне контроля.

Внесение азотных удобрений как отдельно, так и совместно с фосфором и калием оказывает высокий положительный эффект на продуктивность колоса. Как видно из табл. 8.3.8, применение в составе полного удобрения азота в дозе 60 кг/га увеличивает продуктивность колоса в среднем до 1,06 г, что выше чем в контроле на 18% (в отдельных опытах превышение составляет 20-32%).

При внесении повышенной дозы азота (90 кг/га) продуктивность колоса увеличивается в среднем по опытам до 1,24 г, или на 38% по сравнению с контролем. Наиболее высокая продуктивность колоса (1,36 и 1,33 г) отмечается в опытах 3 и 6 за счет одновременного повышения озерненности колоса и увеличения массы 1000 зерен. Следует также отметить значительное по сравнению с контролем повышение продуктивности колоса в опытах 1 и 5 (соответственно на 43 и 46%), в которых под влиянием применения азотного удобрения намного увеличилось число зерен в колосе.

Показатели продуктивности колоса в варианте с применением полного удобрения, содержащего повышенную дозу азота, характеризуют очень высокую потенциальную продуктивность нового сорта озимой пшеницы Заларинка. Как показывает пересчет среднего показателя продуктивности колоса в варианте с повышенной дозой азота в урожай с 1 га, при оптимальном числе колосоносных стеблей (500 шт./м²) потенциальная урожайность этого сорта составляет 60-70 ц/га. Как будет

показано ниже, именно такой урожай (59-64 ц/га) фактически и был получен в опытах 3 и 6.

ГЛАВА 9. УДОБРЕНИЕ И УРОЖАЙ

Выше были рассмотрены основные элементы структуры урожая и влияние применения удобрений и воздействия факторов внешней среды (температурный режим, влажность почвы) на изменение параметров этих элементов и продуктивность растений. При оценке эффективности удобрений важнейшим показателем служит сбор основной продукции - зерна - с единицы площади, или урожайность растений.

Исследования влияния удобрений и агротехники на урожайность пшеницы Заларинка проводили в крупноделяночных полевых опытах на стационаре института, расположенном в Заларинском районе Иркутской области в лесостепной зоне. Почвенный покров стационара представлен одним типом почв - серыми лесными неоподзоленными, которые имеют наиболее широкое распространение в лесостепной зоне. Серые лесные легкосуглинистые почвы стационара, на которых проводились полевые опыты с озимой пшеницей, расположены на вершине и склоне увала, имеют малую мощность перегнойного горизонта и характеризуются низким содержанием гумуса и азота, повышенной и высокой обеспеченностью легкодоступными для растений формами фосфора и калия. Физико-химические свойства почв благоприятны для сельскохозяйственных растений - реакция почвенного раствора слабокислая, насыщенность поглощающего комплекса основаниями высокая. Механический состав почв легкосуглинистый, почвообразующей породой служит супесь.

Схемой полевых опытов предусматривалось изучить влияние различных видов и доз удобрений на урожай озимой пшеницы и качество зерна, определить питательные элементы, недостаток которых в почве лимитирует урожай, установить рациональные дозы удобрений, обеспечивающие получение наиболее высоких урожаев. Методика учета урожая в полевых опытах была приведена выше. Отметим лишь, что

урожай по каждому варианту опыта учитывался в четырехкратной повторности, с пересчетом на влажность зерна 14% и 100%-ную чистоту.

1. ОПЫТ 1 (1992/93 г.)

Предшественником озимой пшеницы служил донник 2-го года, уборка которого проводилась в первой половине июля, более чем за месяц до посева озимой пшеницы. После уборки донника и вспашки почвы для лучшей очистки поля от сорняков дважды проводилась культивация. Выпавшие в конце лета обильные осадки создали в метровом слое почвы высокие запасы продуктивной влаги, что обеспечило благоприятные условия для роста озимой пшеницы в осенний период. Схема применения удобрений в опыте 1 включала следующие варианты: 1) контроль (без удобрений), 2) P₄₅K₄₅, 3) P₆₀K₆₀, 4)N₆₀P₄₅, 5)N₆₀K₄₅, 6) N₉₀P₄₅, 7) N₉₀K₄₅, 8)N₃₀P₄₅K₄₅, 9) N₆₀P₄₅K₄₅, 10) N₉₀P₄₅K₄₅. Удобрения перед посевом вносили вручную 23.08.92 г., заделка культиватором. Посев озимой пшеницы производили рядовым способом 24.08.92 г. на глубину 4-5 см, с последующим прикатыванием почвы. Всходы появились 31.08.92 г. В опыт 1 для изучения эффективности влияния на урожай и качество зерна весенней азотной подкормки растений были дополнительно включены делянки, на которых по специально разработанной схеме вносили удобрения как осенью, так и весной (азотная подкормка).

Как указывалось ранее, в первый год опытов в связи с ограниченным запасом семян Заларинки посевная норма была ниже оптимальной и составляла 4 млн. всхожих семян на 1 га (400 шт./м²). В результате уменьшения нормы высева, невысокой полевой всхожести семян, всходы на опытном участке сформировались изреженные (в среднем по опыту 258 растений на 1 м²), не обеспечивающие потенциально высокий уровень продуктивности посевов.

В осенний период благоприятные погодные условия, хорошая обеспеченность почвы влагой и питательными веществами способствовали росту и развитию растений. Перезимовка растений проходила удовлетворительно, при благоприятных агроклиматических условиях (умеренно-холодный зимний сезон, высота снежного покрова близка к норме), выпад растений в период перезимовки был небольшой и не превышал 14%.

В начальный период весеннего отрастания и кущения озимой пшеницы температурный режим и высокие запасы продуктивной влаги в почве благоприятствовали росту и развитию растений. Как показали наблюдения, в мае 1993 г. у хорошо раскустившихся растений имелось от 4 до 6 побегов.

В летний период 1993 г. значительная часть лесостепной зоны Иркутской области в связи с установившейся очень жаркой погодой и недостатком осадков была охвачена сильной засухой. По наблюдениям метеостанции Залари в районе стационара, где проводились полевые опыты с озимой пшеницей, за период от начала выхода в трубку опытных растений до фазы восковой спелости выпало всего 63 мм осадков, что составляет 44% нормы. Особенно засушливым был июль, в котором насчитывалось 27 дней без дождей. Летом 1993 г. в Иркутской области засухой было охвачено 13 административных районов, в которых сосредоточены основные посевы яровых культур, 55% которых сильно пострадали от засухи, а на 24% площади произошла полная гибель посевов. Особенно большие площади яровых зерновых культур погибли от засухи в Заларинском районе, где находится стационар института.

Засуха оказала также неблагоприятное влияние на рост и урожай озимой пшеницы в опыте 1. Однако, даже в период острого водного дефицита, когда почва была иссушена до глубины 60 см и во всей этой толще не содержалось продуктивной влаги, массовой гибели опытных посевов не произошло. Озимая пшеница благодаря глубоко развитой корневой системе в период засухи использовала для влагоснабжения доступную влагу из более глубоких слоев почвы.

В связи с неблагоприятными условиями влагоснабжения и минерального питания у растений в период засухи значительно снизилась интенсивность ростовых процессов, на опытных делянках сформировался низкорослый стеблестой (60-80 см) с коротким и средним колосом, мелким и легковесным зерном. Засуха оказала значительное влияние на состав и численность стеблестоя на делянках опыта (табл. 9.1.1).

Как видно из представленных данных, в период засухи в результате гибели растений произошло изреживание посевов, в среднем по опыту число растений к фазе полной спелости по сравнению с фазой весеннего кущения уменьшилось на 23%. Перед уборкой урожая в среднем по опыту

насчитывалось 171 растение на 1 м², что характеризует эти посевы как сильно изреженные (Уланова, 1975; Интенсивная технология..., 1988). Вследствие высыхания и гибели значительного числа боковых побегов к концу вегетации более чем в 2 раза снизилась общая кустистость растений, а численность колосоносных стеблей в посевах насчитывалась вдвое меньше их оптимального количества

Таблица 9.1.1

Состав стеблестоя озимой пшеницы Заларинка перед уборкой
урожая в опыте 1 (1992/93 г.)

N	Вариант	Число растений	Общее число стеблей	Колосоносные стебли	Кустистость	
					общая	продуктивная
1	Контроль	164	328	313	2,0	1,9
2	P ₄₅ K ₄₅	168	353	336	2,1	2,0
3	P ₆₀ K ₆₀	167	351	334	2,1	2,0
4	N ₆₀ P ₄₅	174	365	348	2,1	2,0
5	N ₆₀ K ₄₅	172	361	327	2,1	1,9
6	N ₉₀ P ₄₅	175	402	367	2,3	2,1
7	N ₉₀ K ₄₅	173	381	363	2,2	2,1
8	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	175	385	350	2,2	2,0
9	N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅	172	413	378	2,4	2,2
Среднее		171	371	346	2,2	2,0

В табл. 9.1.2 представлены результаты учета урожая зерна по вариантам опыта 1. Как указывалось выше, основными факторами, оказавшими неблагоприятное влияние на урожай, послужили сильная засуха в период интенсивного роста растений, формирования и налива зерна, а также изреженность посева. Вследствие этого в опыте 1 получен урожай, который, основываясь на принятых градациях оценки урожая озимой пшеницы в Нечерноземной полосе (Стихин, Денисов, 1977), в

варианте без применения удобрений (контроль) может быть охарактеризован как низкий, а в вариантах с внесением удобрений - как средний.

Как видно из табл. 9.1.2, наиболее низкий урожай зерна получен в контрольном варианте, в котором удобрения не вносили - 13,8 ц/га. В этом варианте, как отмечалось при характеристике элементов структуры урожая, наиболее низкая в опыте густота стеблестоя и наименьшее число колосоносных стеблей, мелкий колос, имеющий невысокую озерненность, щуплое зерно. (см. табл. 8.3.7). Показатель продуктивности одного колоса в контрольном варианте наиболее низкий в опыте (см. табл. 8.3.8).

При внесении фосфорно-калийного удобрения в дозе 45 кг/га действующего вещества каждого элемента (вариант 2) получена небольшая прибавка урожая по отношению к контролю - 2,1 ц/га, или 15%. Повышение сбора зерна в этом варианте произошло за счет некоторого увеличения густоты колосоносного стеблестоя, небольшого повышения озерненности колоса и увеличения массы 1000 зерен. Несколько возросла и продуктивность одного колоса в этом варианте.

На почвах опытного участка, высоко обеспеченных фосфором и калием, при увеличении дозы фосфора и калия с 45 до 60 кг/га (вариант 3) не происходит дальнейшего повышения урожая - прибавка в сборе зерна остается на том же уровне.

В вариантах опыта с внесением парной смеси удобрений (варианты 4-5) сравнивалась эффективность влияния на урожай средней (60 кг/га) дозы азота на фоне фосфора и калия. Как видно из табл. 9.1.2, азот в составе парных удобрений (NP) и (NK) способствует дальнейшему увеличению урожайности. При внесении средней дозы азота совместно с фосфором (вариант 4) прибавка урожая повысилась до 3,2 ц/га, что составляет 23% к урожаю на контроле. В варианте 5, в котором вносили среднюю дозу азота совместно с калием, прибавка урожая ниже - 2,4 ц/га, или 17% к контролю. В этих вариантах с внесением средней дозы азота рост урожая происходит в результате увеличения числа продуктивных стеблей, повышения озерненности колоса и улучшения налива зерна.

Таблица 9.1.2

Влияние удобрений на урожай зерна озимой пшеницы Заларинка
в опыте 1 (1992/93 г.)

N	Вариант	Урожай ц/га	Прибавка к контролю	
			ц/га	%
1	Контроль	13,8	-	-
2	P ₄₅ K ₄₅	15,9	2,1	15
3	P ₆₀ K ₆₀	15,8	2,0	14
4	N ₆₀ P ₄₅	17,0	3,2	23
5	N ₆₀ K ₄₅	16,2	2,4	17
6	N ₉₀ P ₄₅	18,7	4,9	36
7	N ₉₀ K ₄₅	18,1	4,3	31
8	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	15,4	1,6	12
9	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	16,9	3,1	22
10	N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅	18,9	5,1	37
НСР ₀₅			3,6	26

При внесении повышенной дозы азота (90 кг/га) совместно с фосфором или калием (варианты 6 и 7) отмечается дальнейшее увеличение урожая. В варианте N₉₀P₄₅ сбор зерна составил 18,7 ц/га, что превышает урожай на контроле на 4,9 ц/га, или на 36%; в варианте N₉₀K₄₅ урожай получен 18,1 ц/га, прибавка составила 4,4 ц/га, или 31% от контроля. Применение повышенной дозы азота в виде парной смеси с фосфором или калием способствует дальнейшему улучшению всех основных элементов структуры урожая - возрастает численность продуктивного стеблестоя, озерненность колоса и выполненность зерна.

В опыте 1 в вариантах 8, 9 и 10 изучали эффективность влияния на урожай различных доз азота в составе полного удобрения (NPK). Как видно из табл. 9.1.2, низкая доза азота (30 кг/га) на малопродуктивных серых лесных почвах опытного участка не оказывает существенного

влияния на урожай озимой пшеницы. Вариант 8 по урожайности мало чем отличается от вариантов 2 и 3, в которых применяли фосфор и калий без азота.

Средняя доза азота (60 кг/га) в составе полного удобрения (вариант 9) по эффективности влияния на урожай не имеет значительных отличий от действия такой же дозы азота, внесенной в виде парной смеси с фосфором (вариант 4).

Наиболее высокий урожай в опыте 1 получен в варианте 10, в котором применялась повышенная доза азота (90 кг/га) на фоне фосфора и калия. Прибавка урожая по отношению к контролю в этом варианте составляет 5,1 ц/га, или 37%. По урожайности вариант 10 мало отличается от вариантов 6 и 7, в которых применяли повышенные дозы азота в составе парных смесей с фосфором или калием.

Анализ структуры урожая в варианте с внесением повышенной дозы азота в составе полного удобрения ($N_{90}P_{45}K_{45}$) показывает, что наиболее высокий урожай в опыте 1 сформировался не только за счет повышения численности колосоносного стеблестоя (на 21% по сравнению с контролем), но и в результате значительного увеличения озерненности колоса (на 26%) и массы 1000 зерен (на 13%), что и обеспечило повышение продуктивности колоса на 43% по сравнению с контролем.

Результаты статистической обработки данных по урожайности с использованием дисперсионного анализа (Доспехов, 1965) показывают (табл. 9.1.2), что в опыте 1 статистически значимые прибавки урожая при 95%-ном уровне вероятности получены только в вариантах с внесением повышенной дозы азота (90 кг/га) как в составе парных смесей, так и при применении полного удобрения (варианты 6, 7, 10). При внесении средней дозы азота (60 кг/га) совместно с фосфором (вариант 4) и в составе полного удобрения (вариант 9) отклонения средних урожаев от контроля достаточно высокие и близко подходят к показателю наименьшей существенной разности, но не превышают его, что характеризует эти прибавки урожая как незначимые при 95%-ном уровне вероятности.

2. ВЛИЯНИЕ ВЕСЕННЕЙ АЗОТНОЙ ПОДКОРМКИ НА УРОЖАЙ В ОПЫТЕ 1

Как показывают научные исследования и опыт земледелия, в системе удобрений озимой пшеницы эффективным приемом служит азотная подкормка растений, способствующая повышению урожая и улучшению качества зерна (Найдин, 1963). Установлено, что наибольший эффект на урожай оказывает азотная подкормка озимой пшеницы ранней весной в дозе 30-45 кг/га действующего вещества азота (Авдонин, 1972). Азотная подкормка в начале весеннего отрастания растений способствует созданию оптимальных условий роста и развития озимой пшеницы после перезимовки. Наиболее значительное действие азотной подкормки проявляется в зонах с повышенным атмосферным увлажнением почв, когда в осенний период происходит вымывание подвижных форм азота из корнеобитаемого слоя почвы в глубокие горизонты и весной озимая пшеница испытывает недостаток в азотном питании. Наибольшая эффективность азотной подкормки проявляется на дерново-подзолистых и серых лесных почвах, оподзоленных и выщелоченных черноземах (Минеев, Арзыбова, 1973; Пруцков, 1977)

Как установлено по материалам Географической сети опытов с удобрениями, в пределах Европейской части России эффективность влияния азотной подкормки на урожай озимой пшеницы ослабевает при движении с севера на юг и с запада на восток, что объясняется различием почвенно-климатических условий (Минеев, Арзыбова, 1973). Существенным фактором, снижающим эффективность этого приема, определяющим нестабильность его действия по годам, служит недостаток влаги в почве весной, особенно при раннем и дружном таянии снега, когда почва быстро подсыхает и азотную подкормку трудно произвести в производственных условиях в оптимальные сроки. Д. Н. Прянишников (1963), анализируя опыт применения азотной подкормки, указывал, что "практикующаяся сейчас довольно часто замена основного удобрения зерновых культур подкормками нерациональна... Применение небольшой дозы азота на поверхность почвы во многих случаях оказывается менее эффективным, чем внесение азота в почву осенью перед посевом".

Обобщение материалов Географической сети опытов с удобрениями показало, что в Нечерноземной полосе при размещении озимой пшеницы

по непаровым предшественникам (горох, вико-овсяная смесь, кукуруза на силос) действие азотного удобрения, внесенного в равных дозах в различные сроки (осенью до посева, весной в подкормку), было примерно равноценным (Минеев, Ивлев, 1975). Однако на оподзоленных и выщелоченных черноземах Украины преимущество было за допосевным внесением азотных удобрений, а в Поволжье азотная подкормка без основного (осеннего) удобрения была неэффективна. Наиболее высокий урожай в большинстве случаев обеспечивается при внесении с осени средней или повышенной дозы азота, а весной - азотной подкормки (Панников, Минеев, 1977).

В зоне черноземных почв при размещении озимой пшеницы по чистому пару и рано убираемым бобовым травам при высокой обеспеченности почвы азотом необходимость осеннего внесения азотного удобрения обычно отпадает, допосевное внесение азота рекомендуется заменять весенней азотной подкормкой (Панников, Минеев, 1977). Это обосновывается тем, что после парования в почве создается очень высокий уровень азотного питания и при дополнительном внесении в осенний период азота у озимой пшеницы значительно усиливаются ростовые процессы, а развитие растений задерживается. Переросшие в осенний период растения не получают необходимой закалки к низким температурам и в зимнее время сильно повреждаются морозами. Применение азота весной в виде подкормки улучшает условия минерального питания растений, способствует усилению роста, повышению кустистости.

В методических указаниях по интенсивной технологии производства озимой пшеницы, изданных в последний период (Методические указания..., 1984; Интенсивная технология..., 1988), при посеве озимой пшеницы на высокоплодородных почвах по чистому пару и лучшим предшественникам рекомендуется азот с осени не применять, а всю норму азотных удобрений вносить в весенне-летний период дробно, в два срока, в виде подкормки: весной (в фазу отрастания - выхода в трубку) и летом (в фазу колошения). Однако при посеве озимой пшеницы после непаровых предшественников при недостаточной обеспеченности растений минеральным азотом часть азотных удобрений рекомендуется вносить до посева, а остальную часть - в подкормку.

В целях изучения эффективности влияние весенней азотной подкормки на урожай и качество зерна озимой пшеницы Заларинка на серых лесных почвах лесостепи Иркутской области, в опыт 1 были включены варианты с весенней азотной подкормкой растений. Подкормка азотом проводилась в начале отрастания озимой пшеницы (в третьей декаде апреля) на делянках, получивших с осени различные дозы фосфорно-калийного (РК) и полного (NPK) удобрения. Азотную подкормку из расчета 30 кг/га вносили вручную рано утром на промерзшую с поверхности почву ("по черепку"). В качестве удобрения использовали аммиачную селитру. Эффективность влияния азотной подкормки на урожай оценивали по сравнению с контролем (без удобрений), а также с действием основного удобрения.

Схема опыта по изучению влияния азотной подкормки на урожай озимой пшеницы Заларинка включала следующие варианты: 1) контроль (без удобрений), 2) $P_{45}K_{45} + N_{30}$ весной, 3) $N_{60}P_{45} + N_{30}$ весной, 4) $N_{60}K_{45} + N_{30}$ весной, 5) $N_{60}P_{45}K_{45} + N_{30}$ весной.

Как отмечалось выше, в 1993 г. весенне-летний период вегетации проходил в условиях сильной засухи. В связи с этим, внесенные на поверхность почвы азотные удобрения в условиях засушливой весны не растворялись осадками и не вмывались в почву, а оставались на поверхности и были недоступны для питания растений. В условиях засухи не проявилось положительного действия азотной подкормки на азотный режим почвы и минеральное питание растений. Как показали исследования, азотная подкормка на оказала существенного влияния на рост растений, накопление сухого вещества, кустистость и густоту продуктивного стеблестоя, массу 1000 зерен. В вариантах опыта, получивших дополнительно азот в виде подкормки, продуктивность колоса мало изменилась по сравнению с основным внесением удобрения.

Результаты учета урожая в вариантах опыта 1 с внесением весенней азотной подкормки представлены в табл. 9.2.1. Как видно из этих данных, в варианте 2 с внесением по фосфорно-калийному фону азотной подкормки в дозе 30 кг/га прибавка урожая практически не отличается от прибавки урожая, полученной от действия такой же дозы одного фосфорно-калийного удобрения, внесенного с осени (см. табл. 9.1.2, вар. 3).

Таблица 9.2.1

Влияние весенней азотной подкормки в опыте 1 (1992/93 г.) на урожай озимой пшеницы Заларинка на серой лесной почве

N	Вариант	Урожай зерна ц/га	Прибавка к контролю	
			ц/га	%
1	Контроль	13,8	-	-
2	P ₄₅ K ₄₅ + N ₃₀ весной	15,7	1,9	14
3	N ₆₀ P ₄₅ + N ₃₀ весной	17,0	3,2	23
4	N ₆₀ K ₄₅ + N ₃₀ весной	16,3	2,5	18
5	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅ + N ₃₀ весной	17,1	3,3	24

Азотная подкормка не способствовала дальнейшему повышению урожая и в вариантах 3, 4, 5 (табл. 9.2.1), в которых подкормка применялась по фону парных смесей (NP и NK) и полного удобрения (NPK), внесенных с осени и содержащих в своем составе среднюю дозу азота (см. табл. 9.1.2, вар. 4, 5, 9). Более высокий уровень урожаев в этих вариантах объясняется действием азота, внесенного в пахотный слой почвы перед посевом. А азотная подкормка, внесенная на пересохшую поверхность почвы, не оказала положительного влияния на урожай.

Сравнение данных, которые приведены в табл. 9.1.2 и 9.2.1, показывает, что наиболее высокий урожай получен в вариантах опыта с однократным внесением повышенной дозы азота (90 кг/га) перед посевом. Варианты, в которых перед посевом внесена доза азота 60 кг/га, не были обеспечены оптимальным азотным питанием и урожай здесь сформировался более низкий. Дополнительное внесение на фоне N₆₀ азотной подкормки в агрометеорологических условиях весенне-летнего периода 1993 г. оказалось малоэффективным приемом, так как внесенный при подкормке азот находился в верхнем иссушенном слое и был недоступен для растений. Поэтому в вариантах опыта с азотной подкормкой, получивших в общей сумме 90 кг/га азота, уровень урожаев не превышает продуктивность озимой пшеницы в вариантах с осенним внесением 60 кг/га азота в составе удобрения.

3. ОПЫТ 2 (1993/94 г.)

Посев озимой пшеницы проводили по чистому черному пару, содержащему повышенные запасы минерального азота. В связи с повышенной обеспеченностью растений азотным питанием после пара, в задачу опыта входило изучение эффективности влияния на урожай низкой (30 кг/га) и средней (60 кг/га) дозы азота при внесении этого элемента в почву перед посевом как в чистом виде (N), так и в виде смеси с фосфором и калием (NPK). Эффективность фосфорно-калийного удобрения, как фона, изучали в варианте с внесением средней дозы фосфора и калия (по 45 кг/га) в виде парной смеси (PK). Основное (допосевное) внесение удобрений производили 17.08.93 г.

В схему опыта были включены также два дополнительных варианта с целью изучения влияния весенней азотной подкормки посевов на урожай и качество зерна. Подкормку азотом в дозе 30 кг/га вносили на делянках, получивших с осени фосфорно-калийное (PK) и полное (NPK) удобрение. Весенняя подкормка опытных растений проводилась, как и в опыте 1, вручную, путем внесения азотного удобрения (аммиачная селитра) на поверхность почвы в начале возобновления вегетации озимой пшеницы (третья декада апреля). Схема применения удобрений в опыте 2 включала следующие варианты: 1) контроль (без удобрений), 2) N₃₀, 3) N₆₀, 4) P₄₅K₄₅, 5) N₃₀P₄₅K₄₅, 6) N₆₀P₄₅K₄₅, 7) P₄₅K₄₅ + N₃₀ весной, 8) N₃₀P₄₅K₄₅ + N₃₀ весной.

Посев в опыте проводили в оптимальные сроки, норма высева составляла 6 млн. всхожих семян на 1 га (600 на 1 м²). Осенняя вегетация озимой пшеницы проходила при благоприятных условиях температуры и влажности почвы, густота посевов в фазу осеннего кущения в среднем по опыту составила 390 растений на 1 м², полевая всхожесть - 65%. В зимний период благодаря хорошей защитной роли снежного покрова, высота которого несколько превышала климатическую норму, перезимовка озимой пшеницы проходила удовлетворительно. Как показали наблюдения в весенний период, гибель растений по вариантам опыта в период перезимовки в среднем не превышала 16%, что характеризует сравнительно невысокую степень повреждения посевов в зимнее время.

Весной и в начале лета гидротермические условия складывались благоприятно для роста и развития растений. В связи с высокой энергией

кушения, интенсивным побегообразованием, в фазу весеннего кушения на одном растении насчитывалось в среднем 8,0 побегов (с колебанием от 7,6 до 8,4), что способствовало формированию оптимального по густоте стеблестоя. Однако в летний период вегетации (трубкование-колошение) при недостаточном и нерегулярном выпадении осадков происходит значительная потеря влаги из верхнего слоя почвы (0-40 см), его пересыхание. Растения испытывают водный дефицит, их влагоснабжение происходит в основном за счет запасов продуктивной влаги, содержащейся в более глубоких слоях почвы. В этот период происходит изреживание посевов, наблюдается усыхание и отмирание части боковых побегов. В фазу колошения их число в расчете на одно растение сократилось в среднем по опыту до 4,8 (с колебаниями по вариантам от 4,4 до 5,1). В связи с засухой в период интенсивного роста растений и развития генеративных органов, сформировался стеблестой средней высоты (70-80 см) с относительно небольшим по размеру колосом.

При посеве озимой пшеницы по пару на серой лесной почве с низким содержанием гумуса, азотные удобрения, как показывают наблюдения в опыте 2, играют важнейшую роль в улучшении вегетативного роста и генеративного развития растений, формировании высоких показателей структуры урожая. Уже весной, по мере отрастания и перехода к активной вегетации, растения на делянках, получивших азотное удобрение, выделяются по высоте и накоплению вегетативной массы. Так, в фазу выхода в трубку в варианте $N_{60}P_{45}K_{45}$ растения превышали контроль (без удобрения) по высоте на 7,4%, а по накоплению сухого вещества - на 15,9%; в фазу колошения эти превышения были еще более значительны и составляли 9,1 и 41,1%, соответственно. Показательно, что при уменьшении дозы азота в составе удобрения различия между удобрённым вариантом и контролем снижаются. Так, в фазу выхода в трубку в варианте $N_{30}P_{45}K_{45}$ по сравнению с контролем разница в содержании сухого вещества составляет 3,3, а в фазу колошения - 11,8%

Фосфорно-калийные удобрения, внесенные как в чистом виде ($P_{45}K_{45}$), так и совместно с азотом, оказывают менее эффективное влияние на рост растений и накопление сухого вещества. В варианте $P_{45}K_{45}$ растения в фазы трубкования и колошения мало отличались от контроля

как по высоте (соответственно на 0,9 и 2,4%), так и по накоплению сухого вещества (соответственно на 2,5 и 4,9%).

В табл. 9.3.1 приведены данные о влиянии удобрений на важнейшие элементы структуры урожая - состав стеблестоя и кустистость растений озимой пшеницы в опыте 2 перед уборкой урожая. Как видно из этих данных, применение азотного удобрения по пару оказало существенное влияние на густоту и состав стеблестоя: увеличилось общее число стеблей, и что имеет особенно важное значение - возросло количество колосоносных стеблей, определяющих потенциальную продуктивность посева. По числу колосоносных стеблей перед уборкой урожая (в среднем по опыту 556 на 1 м²) посева в опыте 2 могут быть охарактеризованы как средние по густоте. Наиболее значительное влияние на густоту колосоносного стеблестоя оказывает средняя доза азота как в составе полного удобрения, так и в чистом виде, при осеннем внесении удобрения: в этих вариантах число колосоносных стеблей наивысшее и на 23-26% превышает контроль.. При исключении азота из состава удобрительной смеси (вариант РК) количество колосоносных стеблей на опытных делянках снижается.

Анализ структуры колоса по вариантам опыта показывает, что применение средней дозы азота в составе полного удобрения, или в чистом виде (вариант N₆₀), способствует увеличению длины колоса и числа колосков в колосе по сравнению с контролем на 10-17%. (см. табл. 8.3.7). В этих вариантах также значительно (на 17-25% по сравнению с контролем) возрастает число зерен в колосе. В варианте с внесением P₄₅K₄₅ колос формируется несколько меньших размеров чем в контроле, снижается количество колосков в колосе и число зерен в колосе (в среднем на 3-6%).

По массе 1000 зерен различия между вариантами в опыте 2 незначительны, зерно в условиях дефицита влаги в период налива сформировалось недостаточно выполненное, легковесное. Следует также отметить, что в связи с низкой озерненностью колоса и легковесностью зерна в этом опыте продуктивность колоса одна из самых низких в годы полевых опытов на Заларинском стационаре (см. табл. 8.3.8).

Таблица 9.3.1

Состав стеблестоя (шт./м²) и кустистость озимой пшеницы
Заларинка перед уборкой урожая в опыте 2 (1993/94 г.)

N	Вариант	Количество растений	Общее число стеблей	Продуктивные стебли		Кустистость	
				всего	%	общая	продуктивная
1	Контроль	210	516	472	100	2,5	2,2
2	N ₃₀	230	623	554	117	2,7	2,4
3	N ₆₀	224	679	579	123	3,0	2,6
4	P ₄₅ K ₄₅	210	641	554	117	3,0	2,6
5	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	217	700	588	124	3,2	2,7
6	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	217	647	595	126	3,0	2,7
7	P ₄₅ K ₄₅ +N ₃₀ весно й	207	654	547	116	3,1	2,6
8	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ +N ₃₀ "	210	650	561	119	3,1	2,7
Среднее		216	639	556	-	3,3	2,6

Данные об урожае зерна в вариантах опыта 2 представлены в табл. 9.3.2. Пользуясь имеющейся в литературе оценочной шкалой уровней урожайности озимой пшеницы в Нечерноземной полосе, урожай озимой пшеницы Заларинка во всех вариантах опыта 2 может быть охарактеризован как выше среднего (повышенный).

При посеве озимой пшеницы по пару без применения удобрения (контроль) урожай зерна составил 27,2 ц/га. Это свидетельствует о высоком уровне мобилизации питательных элементов (особенно азота) при паровой обработке почвы, что обеспечило благоприятные условия азотного питания растений. Формированию повышенного урожая в контроле способствовала хорошая густота стеблестоя, составившая в среднем по опыту 472 колосоносных стебля на 1 м². Число колосоносных стеблей в этом варианте опыта 2 незначительно отличается от их среднего показателя по всем опытам.

Таблица 9.3.2

Влияние удобрений на урожай зерна озимой пшеницы Заларинка
в опыте 2 (1993/94 г.)

N	Вариант	Урожай ц/га	Прибавка к контролю	
			ц/га	%
1	Контроль	27,2	-	-
2	N ₃₀	29,4	2,2	8
3	N ₆₀	30,5	3,3	12
4	P ₄₅ K ₄₅	28,7	1,5	6
5	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	30,6	3,4	12
6	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	31,6	4,4	16
7	P ₄₅ K ₄₅ + N ₃₀ весной	30,3	3,1	11
8	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + N ₃₀ весной	31,7	4,5	16
НСР ₀₅			3,4	12

Внесение фосфора и калия по 45 кг/га в виде парной смеси (вариант 4) оказало незначительное влияние на урожай - сбор зерна по сравнению с контролем увеличился на 1,5 ц/га, или на 6%, и составил 28,7 ц/га. В этом варианте, как уже указывалось, содержится больше колосоносных стеблей, чем в контроле, однако это не привело к существенному повышению урожая, так как в связи с избыточным фосфорным питанием колос сформировался более мелкий, с меньшим числом зерен. Однако по продуктивности колос в варианте P₄₅K₄₅ не имеет отличий от контроля.

При внесении низкой дозы азота (30 кг/га) в чистом виде (вариант 2) получен урожай 29,4 ц/га. Несколько повысился урожай и по сравнению с РК (вариант 4). При одинаковом с этим вариантом количестве колосоносных стеблей, увеличение урожая при внесении азотного удобрения произошло в результате улучшения элементов структуры колоса - повышения числа колосков и озерненности колоса, лучшего налива зерна, что и обусловило повышение продуктивности колоса.

Повышение дозы азота до 60 кг/га (вариант 3), внесенного перед посевом, способствовало дальнейшему увеличению урожая - сбор зерна увеличился до 30,5 ц/га, что выше чем на контроле на 3,3 ц/га, или на 12%. Увеличение урожая в этом варианте произошло не только в результате повышения продуктивности колоса (лучшая озерненность и выполненность зерна), но также благодаря некоторому увеличению числа колосоносных стеблей.

В варианте 5, в котором перед посевом вносили низкую дозу азота (30 кг/га) совместно с фосфорно-калийным удобрением, получен урожай 30,6 ц/га, превышающий контроль на 3,4 ц/га, или на 12%. Как видно из табл. 9.3.2, по урожайности варианты 5 и 3 (в последнем применяли среднюю дозу азота) практически не имеют различий. Анализ структуры урожая показывает, что в варианте 5 колос имеет более низкую продуктивность, но благодаря повышенному числу колосоносных стеблей происходит некоторое увеличение урожая и выравнивание с вариантом 3.

Наиболее высокий урожай при предпосевном применении удобрений получен при внесении средней дозы азота (60 кг/га) совместно с фосфорно-калийным удобрением (вариант 6). Сбор зерна составил 31,6 ц/га, что превышает урожай на контроле на 4,4 ц/га, или на 16%. Повышение дозы азота в составе полного удобрения способствовало дальнейшему росту продуктивности колоса, особенно благодаря значительному увеличению его озерненности, а также увеличению числа плодоносящих стеблей.

Как видно из табл. 9.3.2, внесение весной в начале возобновления вегетации озимой пшеницы азота в дозе 30 кг/га в виде внекорневой подкормки не имело преимущества перед внесением азота в почву осенью (до посева) в один прием. В вариантах 7 и 8, в которых применяли азотную подкормку, урожай получен такой же, как и в вариантах 5 и 6 с внесением перед посевом аналогичных доз азота. В связи с низкой эффективностью действия весенней азотной подкормки на урожай озимой пшеницы в полевых опытах на Заларинском стационаре, отсутствием преимущества перед основным применением удобрений, в дальнейшем опыты с азотной подкормкой были прекращены.

Результаты статистической обработки урожая в опыте 2 показывают, что достоверные прибавки урожая при 95%-ном уровне вероятности

получены в вариантах с применением средней дозы азота (60 кг/га) в составе полного удобрения (варианты 6 и 8). При этом, в варианте 6 вся доза азота была внесена в почву осенью перед посевом; в варианте 8 азот в дозе 30 кг/га был внесен совместно с фосфором и калием в почву перед посевом, а еще 30 кг/га азота - в весеннюю подкормку.

В вариантах с внесением низкой (30 кг/га) дозы азота совместно с фосфором и калием (вариант 5) и средней дозы азота (вариант 3) разность между средними урожаями в этих вариантах и контролем находится в пределах (или вблизи) $НСР_{05}$, что позволяет охарактеризовать прибавку урожая в этих вариантах как близкую к достоверной. Прибавки урожая в вариантах с низкой дозой азота, внесенного в чистом виде (вариант 2) и при одностороннем применении фосфорно-калийного удобрения (вариант 4), статистически недостоверны.

4. ОПЫТ 3 (1994/95 г.)

Предшественник озимой пшеницы в опыте - однолетние травы (горохо-овсяная смесь), уборка которых была произведена 20.07.94 г. Урожай зеленой массы трав получен высокий. Опытный участок вспахан 30.07.94 г. и до посева озимой пшеницы был дважды прокультивирован.

В опыте была поставлена задача: изучить после непарового предшественника эффективность влияния на урожай различных доз азота (от средних до высоких) и при оптимальной численности продуктивного стеблестоя определить потенциальный уровень урожайности нового сорта озимой пшеницы Заларинка.

Для получения оптимальной густоты стеблестоя, создания более благоприятных условий почвенного питания растений, посев на опытном участке 21.08.94 г. был произведен рядовой сеялкой в двух направлениях (вкрест) из расчета высева 6 млн. всхожих семян на 1 га. Всходы появились на 5-й день, быстрому прорастанию семян способствовали повышенный температурный режим и часто выпадавшие дожди, которые хорошо увлажнили пахотный слой и восполнили в метровом слое почвы запасы продуктивной влаги, значительно израсходованные предшествующей культурой.

Осеннее развитие растений проходило в благоприятных гидротермических условиях, наблюдения показали, что в фазу осеннего кущения в среднем по опыту насчитывалось 395 растений на 1 м², в опыте 3 полевая всхожесть семян мало отличалась от опытов 1 и 2 и составила 66%. Растения озимой пшеницы перед уходом в зиму находились в хорошем состоянии, имели 2-3 побега.

Зима 1994/95 г. была умеренно холодная, снежная, агрометеорологические условия по среднемесячным показателям температуры и высоты снежного покрова были благоприятные для перезимовки озимой пшеницы. Однако осмотр состояния посевов весной, в период возобновления вегетации, показал, что после перезимовки в рядках имеются выпадения растений, а во многих местах опытного поля наблюдаются небольшие пятна погибших растений.

Анализ данных метеорологических наблюдений в период перезимовки показал, что в начале зимы, в сравнительно непродолжительный отрезок времени, а также при выходе растений из перезимовки временами складывались условия губительные для зимующих растений. Так, во второй декаде декабря 1994 г, когда еще не образовался достаточно глубокий снежный покров, установилась очень холодная погода, средняя декадная температура воздуха понизилась до -30,3⁰, что на 7,4⁰ ниже нормы, а в отдельные дни морозы усиливались до -35, -37⁰. При таких сильных морозах, удерживающихся даже сравнительно непродолжительное время, и недостаточной защищенности почвы снежным покровом, на глубине узла кущения происходит понижение температуры почвы ниже критической для озимой пшеницы, что и приводит к гибели растений

Весна в 1995 г. наступила в сверхранние сроки: переход средней суточной температуры через 0⁰ в сторону повышения отмечался на 20 дней раньше среднего срока. В период от разрушения снежного покрова и до возобновления вегетации озимой пшеницы (период выхода растений из перезимовки) удерживалась неустойчивая погода с большим суточным ходом температуры. В третьей декаде марта, когда на опытном поле не оставалось снега, при похолодании средняя суточная температура воздуха в течение четырех дней удерживалась от -5 до -9⁰, а на поверхности почвы - от -15 до -21⁰. Уже в начале апреля в дневные часы максимальная температура на поверхности почвы повышалась до 17⁰, 23⁰, а в ночное

время минимальная температура понижалась до -3° , -6° и происходило промерзание поверхностного слоя почвы. Систематическое промерзание и оттаивание поверхностного слоя почвы, в котором расположен узел кущения, в весеннее время представляет большую опасность для озимых и может вызвать повреждение и гибель ослабленных растений. При значительных суточных колебаниях температуры почвы ухудшаются также условия корневого питания растений и влагоснабжения, что приводит к истощению и гибели растений, особенно находящихся под воздействием солнечных лучей.

Как показали подсчеты густоты стояния растений после перезимовки, в весенний период число растений в среднем по опыту составило 300 на 1 м^2 , потери по отношению к числу растений до ухода в зиму составили в среднем 24%. Лучше перенесли перезимовку растения в вариантах опыта с применением азотного удобрения на фоне небольшой дозы фосфора и калия - сохранность растений здесь на 8-11% выше, чем в контроле.

В весенний период отрастание озимой пшеницы проходило при благоприятных условиях увлажнения и температуры - в мае сумма осадков значительно (в 2,9 раза) превышала норму, а температурный режим несколько превосходил средние многолетние показатели. Выпавшие осадки глубоко промокли толщу почвы и создали высокий запас продуктивной влаги в метровом слое. Как показали наблюдения, в мае быстрыми темпами происходило отрастание надземной массы и кущение озимой пшеницы. К началу фазы выхода в трубку большинство растений имели 4-5 побегов, по высоте растений и накоплению вегетативной массы по сравнению с контролем заметно выделялись варианты опыта с применением повышенной и высокой дозы азотного удобрения.

Однако в летнее время в связи с недостатком и неравномерным выпадением осадков условия увлажнения озимой пшеницы ухудшились. Периодически отмечалось пересыхание пахотного слоя, ухудшение влагоснабжения растений. В засушливый летний период снизилась интенсивность ростовых процессов, ускорилось развитие растений, на опытном участке отмечались выпадения наиболее ослабленных растений, у некоторых растений наблюдалось усыхание и гибель поздно сформировавшихся боковых побегов. Однако летняя засуха не нанесла значительных повреждений посевам, так как озимая пшеница благодаря

своей глубокой корневой системе использовала для влагоснабжения запасы продуктивной влаги, содержащиеся в нижних слоях почвы. Выживаемость растений в среднем по опыту перед уборкой урожая составила 65% по отношению к числу растений в фазу весеннего кущения

В табл. 9.4.1 представлены данные о составе стеблестоя и кустистости озимой пшеницы в опыте 3 перед уборкой урожая. Благодаря применению перекрестного способа посева, при котором для растений создаются более благоприятные условия корневого питания, внесению в почву полной нормы семян, хорошей кустистости растений, в опыте 3 получена оптимальная густота стеблестоя как важного условия формирования высокого урожая. Неоднородность в численности растений и в составе стеблестоя в вариантах опыта в основном обусловлена различным влиянием видов и доз удобрений на рост и развитие растений, а также выпадами растений, которые происходили в период перезимовки и в летнюю засуху.

В среднем по опыту число растений на 1 м² составляет 196, с значительными колебаниями по вариантам - от 158 до 241. Наименьшее число растений в варианте 5 с односторонним применением фосфорно-калийного удобрения, наибольшее - при внесении высокой дозы азота (вариант 4). Большей густотой стояния растений отличаются варианты 6, 7, 8, в которых азот вносили совместно с фосфором и калием. Однако, прямой зависимости между числом растений и применением удобрений не наблюдается, по-видимому, решающее влияние на выживаемость растений оказали условия перезимовки и влияние раннелетней засухи.

Показатель общего числа стеблей зависит от густоты стояния растений, но в еще большей степени - от энергии кущения. Как видно из представленных данных, в целом по опыту общая кустистость составляет 3,1, применение азотных удобрений способствует повышению общей кустистости и увеличению густоты стеблестоя. Максимальная густота стеблестоя отмечается в варианте 7 (N₉₀P₄₅K₄₅), - 693 стебля, а минимальная в варианте 5 (P₄₅K₄₅) - 484.

Число колосоносных стеблей на единице площади - важнейший показатель, характеризующий продуктивность посевов. Как видно из табл. 9.4.1, в среднем по опыту число продуктивных стеблей на 1 м² составляет 580, что характеризует густоту колосоносного стеблестоя как

оптимальную. Продуктивная кустистость высокая и составляет в среднем по опыту 3,0, с колебаниями от 2,4 до 3,3. Во всех вариантах с применением азотного удобрения число продуктивных стеблей превышает средний показатель по опыту. Максимальное число колосоносных стеблей в вариантах 7 и 8 (соответственно 670 и 603), содержащих повышенную и высокую дозу азота в составе полного удобрения, которые характеризуются и наивысшей урожайностью. Минимальное число колосоносных стеблей в вариантах без внесения азотного удобрения (в контроле и P₄₅K₄₅), которые также отличаются пониженной кустистостью и наиболее низким сбором зерна в опыте.

Таблица 9.4.1

Состав стеблестоя (шт./м²) и кустистость озимой пшеницы Заларинка перед уборкой урожая в опыте 3 (1994/95 г.)

N	Вариант	Количество растений	Общее число стеблей	Продуктивные стебли		Кустистость	
				всего	%	общая	продуктивная
1	Контроль	217	543	530	100	2,5	2,4
2	N ₆₀	176	612	587	111	3,5	3,3
3	N ₉₀	187	612	601	113	3,3	3,2
4	N ₁₂₀	241	636	591	116	2,6	2,4
5	P ₄₅ K ₄₅	158	484	465	88	3,1	2,9
6	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	193	604	589	111	3,1	3,0
7	N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅	208	693	670	126	3,3	3,2
8	N ₁₂₀ P ₄₅ K ₄₅	189	621	603	114	3,3	3,2
Среднее		196	601	580	-	3,1	3,0

Применение азотных удобрений в опыте 3 оказало также положительное влияние на элементы структуры колоса (см. табл. 8.3.7). В варианте с применением повышенной дозы азота (90 кг/га) в составе полного удобрения длина колоса по сравнению с контролем увеличилась на 5%, число зерен в колосе повысилось на 11%, а масса 1000 зерен - на

4%. Как показали исследования, еще более значительное влияние на элементы структуры колоса оказывает высокая доза азота (120 кг/га) в составе полного удобрения: длина колоса возрастает на 20% по сравнению с контролем, число зерен в колосе - на 21%, а масса 1000 зерен увеличивается на 5%. Применение фосфорно-калийного удобрения без азота малоэффективно: показатели элементов структуры колоса в варианте P₄₅K₄₅ не имеют заметных отличий от контроля (см табл. 8.3.7).

Сравнение показателей продуктивности колоса в годы полевых опытов на Заларинском стационаре показывает, что в опыте 3 колос характеризуется наивысшей продуктивностью за счет одновременного увеличения озерненности колоса и массы 1000 зерен (см. табл. 8.3.8). По сравнению с средней за 5 лет величиной продуктивности колоса в варианте контроль, продуктивность колоса в этом варианте в опыте 3 выше на 32%, а в варианте с внесением фосфорно-калийного удобрения (без азота) - продуктивность колоса в опыте 3 выше на 33%. В вариантах с применением средней и повышенной дозы азота в составе полного удобрения колос в опыте 3 также выделяется повышенной продуктивностью по сравнению с другими опытами.

В табл. 9.4.2 представлены результаты учета урожая зерна озимой пшеницы Заларинка в опыте 3. Как видно из этих данных, во всех вариантах опыта - в контроле (без удобрений), а также при внесении различных видов и доз удобрений - получен очень высокий урожай зерна. Формированию очень высокого урожая благоприятствовали следующие факторы: оптимальная густота стеблестоя (перед уборкой урожая содержалось 550-650 колосоносных стеблей на 1 м²); очень высокая продуктивность колоса; высокий уровень азотного питания растений во все фазы развития (благодаря дополнительному поступлению минеральных форм азота в результате мобилизации азотсодержащих соединений пожнивных и корневых остатков однолетних трав); обеспечение потребностей растений в воде в засушливый период за счет использования запасов продуктивной влаги, содержащейся в глубоких слоях почвы.

В контрольном варианте (без применения удобрений) сбор зерна составил 52,2 ц/га. Такой высокий урожай зерна в естественных условиях (без удобрений) получен в основном за счет оптимального числа колосоносных стеблей и очень высокой продуктивности колоса. Для

сравнительной характеристики продуктивности колоса отметим, что озерненность и масса 1000 зерен в контрольном варианте опыта 3 превосходят соответствующие показатели во всех других опытах (см. табл. 8.3.7).

В вариантах 2, 3 и 4 изучали влияние на урожай возрастающих доз азота (соответственно 60, 90 и 120 кг/га), внесенного в чистом виде. Как видно из табл. 9.4.2, на почвах с высоким содержанием фосфора и калия повышение уровня азотного питания способствует дальнейшему росту урожая. Однако при внесении средней дозы азота (вариант 2) урожай по отношению к контролю повышается незначительно - на 3,9 ц/га, или на 7%. Применение повышенной дозы азота (вариант 3) способствует более значительному росту урожая - прибавка по отношению к контролю возросла до 6,3 ц/га, или до 12%. При повышении дозы азота до 120 кг/га (вариант 4) дальнейшего роста урожая не происходит, урожай получен 55,4 ц/га, что несколько ниже урожая в вариантах 2 и 3. Как показывают наблюдения, в этом варианте в связи с образованием большого числа подгона (поздно образовавшихся побегов без колоса или с невызревающим к уборке колосом) уменьшилось число колосоносных стеблей и несколько снизилась продуктивность колоса (число зерен в колосе и масса 1000 зерен), что и послужило основной причиной снижения уровня урожая.

Фосфорные и калийные удобрения при одностороннем их применении (без азота) не оказали положительного влияния на урожай в опыте 3 (вариант 5). Внесение даже относительно невысоких доз фосфора и калия на почвах, содержащих повышенное количество подвижных форм этих элементов, ухудшает условия минерального питания вследствие усиления дисбаланса между азотом и фосфором. При снижении концентрации азота в растениях и повышении содержания фосфора ухудшается рост растений, развитие генеративных органов, снижается урожай. В варианте 5 ($P_{45}K_{45}$) урожай получен ниже чем в контроле на 1,4 ц/га. Снижение урожая произошло в основном за счет уменьшения числа колосоносных стеблей (см. табл.9.4.6), при мало отличающихся от контроля показателях структуры колоса.

Наиболее высокие прибавки урожая получены при внесении азота совместно с фосфором и калием (варианты 6, 7 и 8). Применение азота способствует увеличению потребления растениями питательных

элементов (особенно в фазы интенсивного роста и развития генеративных органов), что обеспечивает формирование полновесного зерна, высокую продуктивность колоса.

Таблица 9.4.2

Влияние удобрений на урожай зерна озимой пшеницы Заларинка в опыте 3 (1994/95 г.)

N	Вариант	Урожай ц/га	Прибавка к контролю	
			ц/га	%
1	Контроль	52,2	-	-
2	N ₆₀	56,1	3,9	7
3	N ₉₀	58,5	6,3	12
4	N ₁₂₀	55,4	3,2	6
5	P ₄₅ K ₄₅	50,8	-1,4	-
6	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	60,6	8,4	16
7	N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅	63,9	11,7	22
8	N ₁₂₀ P ₄₅ K ₄₅	64,0	11,8	23
НСР ₀₅			8,8	17

Результаты исследований влияния на урожай различных доз азота на фоне фосфорно-калийного удобрения представлены в табл. 9.4.2 в вариантах 6, 7 и 8. В варианте 6, в котором применяли среднюю дозу азота (60 кг/га) совместно с фосфором и калием, получен урожай 60,6 ц/га, что на 8,4 ц/га, или на 16%, выше чем на контроле. При средней густоте колосоносного стеблестоя повышение урожая произошло за счет улучшения показателей структуры колоса и возрастания его продуктивности.

При повышении дозы азота до 90 кг/га, внесенного на фоне фосфора и калия (вариант 7), происходит дальнейшее значительное увеличение урожая. В этом варианте получен наиболее высокий урожай - 63,9 ц/га, прибавка по отношению к контролю составила 11,7 ц/га, или 22%. Рост

урожая обусловлен как значительным увеличением числа колосоносных стеблей, так и дальнейшим одновременным повышением озерненности колоса и налива зерна, что и обеспечило наиболее высокую за все годы опытов продуктивность колоса (см. табл.8.3.8).

В варианте 8 с применением наиболее высокой в опыте дозы азота (120 кг/га) в составе полного удобрения получен также очень высокий урожай - 64,0 ц/га, но лишь незначительно отличающийся от урожая в варианте 7 (на 0,1 ц/га). Как показал анализ структуры урожая в варианте 8, повышение дозы азота до 120 кг/га способствовало дальнейшему увеличению числа зерен в колосе (до 42,7), улучшению налива зерна (масса 1000 зерен повысилась до 35,3 г). Однако это не привело к заметному повышению урожая, так как в этом варианте значительно (на 10% по сравнению с вариантом 7) уменьшилось число колосоносных стеблей..

Сравнение эффективности влияния на урожай повышенной (90 кг/га) и высокой (120 кг/га) дозы азота дает основание полагать, что доза 90 кг/га является рациональной и экономически наиболее целесообразной.

Статистическая обработка результатов полевого опыта 3 по изучению действия удобрений на урожай озимой пшеницы Заларинка показала, что в вариантах 7 ($N_{90}P_{45}K_{45}$) и 8 ($N_{120}P_{45}K_{45}$) прибавка урожая является достоверной при 95%-ном уровне вероятности (табл. 9.4.2). В варианте 6 ($N_{60}P_{45}K_{45}$) разность между средним урожаем и контролем находится вблизи $НСР_{05}$, что позволяет рассматривать эту прибавку как близкую к достоверной. В вариантах с внесением разных доз азота в чистом виде (варианты 2, 3, 4) прибавки урожая статистически недостоверны.

5. ОПЫТ 5 (1996/1997 г.)

В лесостепи Иркутской области в связи с расчлененным рельефом значительная часть посевов зерновых культур размещается на склонах, подверженных эрозии. В задачу опыта 5 входило изучение условий возделывания озимой пшеницы на склоновых эродированных землях, влияния процессов эрозии на плодородие почвы, эффективность действия удобрений, рост растений и урожай зерна озимой пшеницы. В этих целях в

пределах стационара был заложен опыт 5 в верхней части слабо покатого склона восточной экспозиции, имеющего уклон 5-7°. Почва опытного участка светло-серая эродированная, отличающаяся коротким перегнойным горизонтом, глубина которого не превышает пахотный слой (20 см), с низким содержанием гумуса и азота, неблагоприятными водно-физическими свойствами. Обеспеченность почвы подвижными соединениями фосфора и калия - высокая.

Предшественником озимой пшеницы в опыте 5 служил чистый пар. Схема применения удобрений включала следующие варианты: 1) без удобрений (контроль), 2) N₆₀, 3) N₉₀, 4) P₄₅K₄₅, 5) N₆₀P₄₅K₄₅, 6) N₉₀P₄₅K₄₅. Удобрения на делянках в соответствии со схемой опыта вносили вручную 22.08.96 г., заделка в почву культиватором. Посев озимой пшеницы Заларинка произведен в оптимальный срок - 23.08., норма высева 4 млн. всхожих семян на 1 га, глубина заделки семян 4-5 см. В соответствии с агротехническими правилами защиты почв от эрозии посев сеялкой СЗ-3,6 произведен с размещением рядков поперек склона.

Прорастание семян проходило при оптимальных температурных условиях и хорошем увлажнении пахотного слоя, всходы появились на 7-й день. В период роста побегов и начала кущения (первая и вторая декады сентября) погодные условия изменились: похолодало, часто выпадали осадки в виде дождя и снега, преобладала пасмурная погода. Это ухудшило условия роста растений и несколько снизило полноту всходов. Как показали наблюдения, растения в начале кущения (18.09.) были низкорослые, у значительной их части сформировались 3-4 листа, отмечен рост боковых побегов. Однако в посевах имелось также немало растений, у которых в связи с задержкой всходов и замедленным ростом имелось 1-2 листа.

Подсчет числа растений на опытных делянках в начале фазы осеннего кущения показал, что количество растений в среднем по опыту составляет 278 на 1 м², полевая всхожесть 70%. В осенний период в связи с неустойчивой погодой отмечалась низкая интенсивность ростовых процессов, слабое кущение. В целом погодные условия октября - чередование кратковременных потеплений и похолоданий, большой суточный ход температуры - благоприятствовали закалке растений.

Как показали наблюдения, в связи с тем, что в осенний период осадки выпадали в виде слабых дождей, которые впитывались в почву и не образовывали поверхностного стока, на склоне, где расположены опытные посеы, осенью не происходило развития эрозионных процессов.

В зимний период 1996/97 г. растения в опыте 5 были покрыты глубоким снежным покровом (30-40 см), при таянии которого образовалось большое количество талых вод. Как показали наблюдения, при выходе из-под снега посеы озимой пшеницы на склоне не обладают защитной способностью против эрозии почв, так как в период перезимовки надземная масса растений отмирает, а слабо развитая корневая система плохо скрепляет поверхностный слой и не обеспечивает защиту почвы от размывающего действия талых вод.

Весной 1997 г. связи с повышенной мощностью снежного покрова, содержащего большие запасы воды, в период снеготаяния на склоне, где расположен опыт 5, образовался интенсивный сток талых вод, что привело к развитию эрозии почвы. Талые воды, стекая по оттаявшему с поверхности переувлажненному слою почвы, подстилаемому мерзлотой, которая служила водупором, производили на делянках струйчатые размывы на глубину оттаивания почвы (3-5 см). Вследствие обнажения узла кущения и верхней части корневой системы, в местах размыва почвы произошла гибель растений. Наиболее значительно пострадали от эрозии растения на делянках первой повторности опыта, расположенной в вогнутой части склона, по которой проходил наиболее концентрированный поверхностный сток. В связи с этим, первая повторность опыта, на которой от эрозии погибло более 50% растений, была исключена из опыта и распахана.

Повреждения, которые были нанесены эрозией опытными посевам, значительно ухудшили условия роста озимой пшеницы в весеннее время, ослабили энергию кущения, что послужило одной из причин низкой продуктивности растений. Как показали наблюдения весной 1997 г., в период возобновления вегетации и отрастания надземной массы на опытных делянках отмечалась неоднородность посевов по высоте растений, развитию вегетативных органов, густоте стеблестоя. У части растений, расположенных в местах более разреженных посевов, отмечалось образование в поздние сроки вторичных побегов кущения (подгона), которые в засушливый летний период погибли.

В связи с повышенным температурным режимом в летний период и недостаточным увлажнением, в опыте 5 отмечалось ускорение развития растений на 7-10 дней по сравнению с обычными сроками, формирование низкорослого стеблестоя с мелким колосом. Как показали наблюдения, в фазу колошения высота стеблестоя во всех вариантах опыта была меньше на 20-26% соответствующих средних показателей за все годы опытов (см. табл. 8.2.4).

В межфазный период выход в трубку - колошение, когда происходит интенсивный рост растений, в вариантах опыта с различным применением удобрений начали заметно проявляться различия по высоте растений и накоплению сухого вещества. Азотные удобрения, внесенные как отдельно, так и совместно с фосфорно-калийными, оказали положительное влияние на рост растений, размеры колоса, накопление сухого вещества (см. табл. 8.2.4). Как и в других опытах, наиболее высокий эффект оказало применение повышенной дозы азота (90 кг/га) на фоне фосфорно-калийного удобрения: высота растений по сравнению с контролем (без удобрений) увеличилась на 19%, длина колоса - на 40%, содержание сухого вещества - на 11%. В опыте 5, аналогично другим опытам на Заларинском стационаре, применение фосфорно-калийного удобрения без азота было малоэффективным, а на формирование колоса оказало отрицательное влияние - по сравнению с контролем размер колоса уменьшился на 5%.

В табл. 9.5.1 представлены данные о составе стеблестоя озимой пшеницы в опыте 5 перед уборкой урожая. Как видно из этих данных, перед уборкой урожая по числу растений на 1 м² посева в опыте относятся к средним по густоте и по этому показателю мало отличаются от средней численности растений за все годы опытов. Однако в опыте 5 в связи с развитием эрозии почвы и повреждением посевов кущение растений проходило слабо и образовался стеблестой с пониженной продуктивностью (см. табл.8.3.6)..Особенно значительное изреживание стеблестоя наблюдалось в летний засушливый период, когда происходило отмирание поздно образовавшихся боковых побегов.

Как видно из табл. 9.5.1, в опыте 5 показатели кустистости, как общей, так и продуктивной, низкие. В связи с низкой продуктивной кустистостью в составе стеблестоя содержалось пониженное число колосоносных (продуктивных) стеблей, что и послужило одним из

факторов получения низкого урожая в опыте 5.. Применение азотных удобрений повысило кустистость растений: при внесении средней и повышенной дозы азота на фоне фосфорно-калийного удобрения показатель кустистости увеличился по сравнению с контролем на 10-20%. Ранее уже указывалось, что внесение фосфорно-калийного удобрения без азота нарушает баланс в минеральном питании растений, ухудшает условия роста и развития растений, снижает число колосоносных стеблей. В варианте P₄₅K₄₅ самый низкий в опыте показатель продуктивной кустистости (1,5), что является одним из факторов снижения урожая.

Таблица 9.5.1

Состав стеблестоя (шт./м²) и кустистость озимой пшеницы
Заларинка перед уборкой урожая в опыте 5 (1996/97 г.)

N	Вариант	Количество растений	Общее число стеблей	Продуктивные стебли		Кустистость	
				всего	%	общая	продуктивная
1	Контроль	254	516	466	100	2,0	1,8
2	N ₆₀	236	496	418	90	2,1	1,8
3	N ₉₀	212	478	423	91	2,2	2,0
4	P ₄₅ K ₄₅	300	506	458	98	1,7	1,5
5	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	282	663	564	121	2,4	2,0
6	N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅	285	615	530	114	2,2	1,9
Среднее		261	546	476	-	2,1	1,8

В связи с сильной засухой в период интенсивного роста и развития генеративных органов, в опыте 5 растения сформировались не только низкорослые, но и с пониженными показателями структуры колоса (см. табл. 8.3.7). По сравнению с большинством других опытов, колос в опыте 5 имеет меньшие размеры, содержит меньшее число колосков и характеризуется низкой озерненностью. В условиях засухи сформировалось щуплое, легковесное зерно, имеющее самую низкую за годы проведения опытов массу 1000 зерен (28,7 г).

Применение азотного удобрения в опыте 5 оказало положительное влияние на все элементы структуры колоса. При внесении повышенной дозы азота в составе полного удобрения, такие показатели структуры колоса как число колосков,, озерненность колоса и масса 1000 зерен возросли по сравнению с контролем соответственно на 17, 34 и 8%, однако они оставались ниже уровня соответствующих показателей в других опытах. Фосфорно-калийное удобрение без азота не оказало существенного влияния на структуру колоса: в варианте $P_{45}K_{45}$ по сравнению с контролем длина колоса не изменилась, а число колосков в колосе и озерненность колоса несколько уменьшились. Не претерпела заметных изменений по сравнению с контролем и масса 1000 зерен. В связи с отмеченными особенностями структуры колоса (малые размеры, низкая озерненность, легковесность зерна), продуктивность его в опыте 5 наиболее низкая за все годы опытов (см. табл. 8.3.8).

Результаты учета урожая в опыте 5 приведены в табл. 9.5.2. Как отмечалось выше, существенными факторами, оказавшими неблагоприятное влияние на рост и урожай озимой пшеницы, служили эрозия почвы в период стока талых вод, что привело к изреживанию посевов и повреждению растений, а также засуха в период интенсивного роста растений, формирования и налива зерна. Поэтому в опыте получен средний урожай, уровень которого в варианте с применением оптимальной дозы удобрения может быть охарактеризован как выше среднего. Однако продуктивность растений в опыте 5 значительно ниже потенциальных возможностей урожайности озимой пшеницы сорта Заларинка.

Как видно из табл. 9.5.2, в варианте контроль (без удобрений) урожай составил 25,7 ц/га. При внесении азота в дозе 60 и 90 кг/га (варианты 2, 3) сбор зерна повысился по сравнению с контролем соответственно на 2,1 и 2,9 ц/га, или на 8 и 11%. Невысокая прибавка урожая в вариантах 2 и 3, в которых растения имеют более крупный и лучше озерненный колос, объясняется меньшим чем в контроле (на 7-16%) числом колосконосных стеблей.

В варианте опыта с внесением по 45 кг/га фосфора и калия в виде парной смеси (вариант 4) вследствие ухудшения структуры урожая (снижение кустистости, уменьшение числа колосков в колосе и

озерненности колоса) сбор зерна уменьшился по сравнению с контролем на 1,6 ц/га.

Таблица 9.5.2

Влияние удобрений на урожай зерна озимой пшеницы Заларинка
в опыте 5 (1996/97)

N	Вариант	Урожай, ц/га	Прибавка к контролю	
			ц/га	%
1	Контроль	25,7	-	-
2	N ₆₀	27,8	2,1	8
3	N ₉₀	28,6	2,9	11
4	P ₄₅ K ₄₅	24,1	-1,6	-
5	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	29,3	3,6	14
6	N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅	33,3	7,6	30
НСР ₀₅			5,6	20

Применение азотного удобрения совместно с фосфорно-калийным способствовало более эффективному влиянию удобрений на урожай озимой пшеницы В варианте 5 (N₆₀P₄₅K₄₅) за счет повышения озерненности колоса и увеличения абсолютного веса зерна прибавка урожая по отношению к контролю составила 3,6 ц/га, или 14%.

Наиболее высокий урожай в опыте - 33,3 ц/га - получен в варианте 6 при внесении повышенной дозы азота совместно с фосфором и калием (N₉₀P₄₅K₄₅). В этом варианте сбор зерна превысил урожай на контроле на 7,6 ц/га, или на 30%.

Результаты статистической обработки данных по урожайности в опыте 5 показывают, что при внесении средней и повышенной дозы азота в чистом виде (варианты 2, 3), а также средней дозы азота в составе полного удобрения (вариант 5), полученные прибавки урожая статистически недостоверны при 95%-ном уровне вероятности. И только применение повышенной дозы азота совместно с фосфором и калием

(вариант б) обеспечивает получение статистически достоверной прибавки урожая.

Результаты полевого опыта 5, заложенного на слабо покатоном склоне на эродированной почве, позволяют установить рациональные дозы и виды удобрений, применение которых повышает плодородие почвы, способствует оптимизации минерального питания растений и получению высокой прибавки урожая. Вместе с тем опыт показал, что озимая пшеница, посева которой размещаются на склоне, в период стока талых вод и во время весеннего возобновления вегетации не обладает способностью противостоять размывающему действию воды, защищать почву от эрозии, а растения от смыва. Учитывая это, в лесостепной зоне Иркутской области на легко податливых эрозии длительно сезонно-мерзлотных почвах при выделении полей под озимую пшеницу необходимо учитывать условия рельефа и под посева этой культуры отводить ровные поверхности или слабые склоны.

6. ОПЫТ 6 (1997/98 г.)

Заложено на ровной водораздельной поверхности увала, почва серая лесная незэродированная. Предшественником озимой пшеницы служил чистый пар. В этом опыте, как и в опыте 3, была поставлена задача определения доз удобрений, обеспечивающих получение высокого урожая при создании оптимальной густоты стеблестоя. Для изучения влияния повышения густоты стеблестоя на продуктивность посева и условия минерального питания растений, посев на опытном участке производили в двух направлениях (вкрест). Это позволило увеличить численность растений в посева и достигнуть оптимальной уборочной густоты продуктивного стеблестоя, обеспечивающего получение наивысшего урожая.

Схема применения удобрений разрабатывалась с учетом результатов предшествующих полевых опытов и включала следующие варианты: 1) контроль (без удобрений), 2) $P_{30}K_{30}$, 3) $N_{30}P_{30}K_{30}$, 4) $N_{60}P_{30}K_{30}$, 5) $N_{90}P_{30}K_{30}$. Удобрения на делянках вносили вручную 24.08.97 г., заделка культиватором. Посев озимой пшеницы Заларинка произведен в оптимальный срок 25.08, при проходе сеялки в двух направлениях в почву

было внесено 8 млн. всхожих семян на 1 га. После посева поле было прикатано.

Прорастание семян озимой пшеницы проходило при благоприятных гидротермических условиях, всходы появились на 6-й день после посева. В осенний период температурный режим и высокие запасы влаги в почве способствовали хорошему развитию растений. В фазу кущения растения имели 3-5 листьев, у них сформировалось 2-3 стебля. Средний показатель кущения по опыту составил 2,6. По вариантам опыта с различными видами и дозами удобрений существенных отличий в высоте растений не наблюдалось.

Подсчет густоты посевов в фазу осеннего кущения показал, что при посеве в двух направлениях (вкрест) число растений в среднем по опыту составило 760 на 1 м² и мало различалось по вариантам опыта. В связи с очень хорошими посевными качествами свежесобранных семян, полевая всхожесть в этом опыте была наиболее высокая за все годы полевых опытов и достигала 95%. Перед уходом растений в зиму погодные условия благоприятствовали закаливанию растений к низким зимним температурам.

Начальный период перезимовки (октябрь-декабрь) для озимой пшеницы в опыте 6 складывался неблагоприятно - снежный покров образовался поздно и в первую половину зимы высота его составляла 8-10 см. В декабре, когда установились сильные морозы и средняя суточная температура составляла от -20 до -29⁰, понижаясь в отдельные дни до -34⁰, маломощный снежный покров недостаточно защищал растения от морозов и на части посевов произошла гибель растений от вымерзания. Вымерзание посевов не было сплошным на большой площади, а отмечалось в виде отдельных пятен, небольших участков, приуроченных к микробугоркам, микроповышениям, которые были слабее прикрыты снегом. В январе-феврале 1998 г., когда после выпавших осадков высота снежного покрова увеличилась, условия перезимовки озимой пшеницы улучшились.

Весной после возобновления вегетации озимой пшеницы на опытных посевах наблюдалось много пятен, лишенных растений вследствие их вымерзания. Общая площадь пятен, на которых произошло вымерзание растений, по нашим подсчетам составляла в среднем 16% от

площади опытного участка. Как показывают многолетние наблюдения в полевых опытах, в суровые малоснежные зимы не проявляется отчетливой связи между применением различных видов и доз удобрений и гибелью растений от вымерзания. Пятна выпавших растений после малоснежных зим встречаются на делянках с применением различных удобрений, а также на контрольных делянках (без удобрений), и приурочены они обычно к микроповышениям, бугоркам, с которых снег сносится ветром.

Весна 1998 г. была ранняя, очень теплая, с недостаточным количеством осадков. Возобновление вегетации и отрастание озимой пшеницы проходило в условиях повышенного температурного режима, что привело к быстрому расходованию запасов продуктивной влаги из верхних слоев почвы. Осмотр посевов в фазу весеннего кущения показал, что растения имеют 3-5 листьев, высота растений 10-15 см, у большинства из них развивается от 3-х до 5-ти стеблей. В фазу весеннего кущения в среднем по опыту количество растений составляло 640 на 1 м², по сравнению с осенним кущением их численность значительно сократилась (на 120 шт./м², или на 16%), но все же густота стояния растений оставалась высокой.

В июне, когда у озимой пшеницы наступает фаза трубкования и значительно возрастает интенсивность вегетативного роста и развития генеративных органов, произошло ухудшение температурного режима и условий увлажнения. Средняя температура июня опустилась ниже нормы, особенно прохладными были вторая и третья декады, средняя температура которых была ниже нормы соответственно на 2,4 и 1,7⁰. В июне отмечался и дефицит увлажнения - сумма осадков за месяц составила 68% нормы. Неблагоприятные агрометеорологические условия в июне вызвали приостановку в росте и развитии растений, что в конечном итоге привело к задержке сроков созревания урожая. Как показали наблюдения на опытных делянках, в начале трубкования стеблестой был низкорослый, в среднем по опыту высота растений составляла 33 см, при этом заметных различий по высоте растений между вариантами опыта не проявлялось.

В июле в связи с повышением температурного режима и частым выпадением эффективных осадков, которые устранили дефицит влаги в верхних слоях почвы, отмечается значительное усиление ростовых процессов, в среднем по опыту высота растений возросла на 43 см, причем между вариантами опыта не наблюдалось значительных различий по

высоте растений и накоплению сухого вещества (см. табл. 8.2.4). Более значительное влияние оказало применение азотного удобрения на формирование колоса - его длина по отношению к контролю возросла на 11-13%.

Подсчет числа растений на единицу площади по вариантам опыта 6 в фазу колошения показал, что в среднем по опыту густота посева составляет 580 растений на 1 м², а выпад растений в период раннелетней засухи достигает 9%. В связи с усыханием и гибелью боковых побегов понизилась кустистость растений.

В завершающий период вегетации (колошение-полная спелость) при благоприятных условиях температуры и увлажнения отмечается дальнейший небольшой прирост надземной массы и увеличение размера колоса.

В табл. 9.6.1 представлены данные о составе стеблестоя озимой пшеницы и кустистости в опыте 6 перед уборкой урожая. По сравнению с фазой колошения к периоду уборки урожая средняя численность растений в опыте уменьшилась незначительно (на 2%). Благодаря применению перекрестного способа посева и высоким посевным качествам семян в этом опыте достигнута высокая уборочная численность растений (500-600 на 1 м²), которая обеспечила получение очень высокого урожая озимой пшеницы Заларинка в почвенно-климатических условиях лесостепи Иркутской области. При такой численности растений на единицу площади и невысокой степени кустистости достигается оптимальная густота продуктивного стеблестоя - необходимое условие высокой продуктивности посевов. Наблюдающиеся различия в численности растений и в количестве продуктивных стеблей по вариантам опыта в значительной мере обусловлены действием различных видов и доз удобрений

Как видно из табл. 9.6.1, меньшее число растений и продуктивных (колосноносных) стеблей содержится в вариантах без применения удобрений (контроль) и при внесении фосфорно-калийного удобрения в чистом виде. При применении средней и повышенной дозы азота на фоне фосфорно-калийного удобрения (варианты 4 и 5) число растений в посевах и количество продуктивных стеблей по отношению к контролю увеличивается в варианте 4 соответственно на 21 и 17%, а в варианте 5 - на

21 и 22%. В варианте 3 с небольшой дозой азота влияние удобрений на состав стеблестоя проявляется слабо.

Таблица 9.6.1

Состав стеблестоя (шт./м²) и кустистость озимой пшеницы
Заларинка перед уборкой урожая в опыте 6 (1997/98 г.)

N	Вариант	Количество растений	Общее число стеблей	Продуктивные стебли		Кустистость	
				всего	%	общая	продуктивная
1	Контроль	514	698	632	100	1,4	1,2
2	P ₃₀ K ₃₀	522	729	656	104	1,4	1,2
3	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	547	730	664	105	1,3	1,2
4	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	623	836	737	117	1,3	1,2
5	N ₉₀ P ₃₀ K ₃₀	624	857	773	122	1,4	1,2
Среднее		566	770	692	-	1,4	1,2

Анализ состава стеблестоя показывает, что в посевах содержится большое количество непродуктивных стеблей - подгона, численность которых особенно увеличивается (до 10-12% от общего количества стеблей) при внесении средней и повышенной дозы азота (см. табл. 8.3.5).

В опыте 6 с повышенной густотой стеблестоя общая и продуктивная кустистость невысокая и не имеет различий по вариантам опыта.

Как известно, для формирования высокого урожая зерна наряду с густотой продуктивного стеблестоя важное значение имеет также размер колоса, содержание в нем зерна. Как можно видеть из табл. 8.3.7, по сравнению с другими опытами колос в опыте 6 сформировался более крупный, с повышенным числом зерен и хорошим наливом зерна. На важнейшие элементы структуры колоса положительное влияние оказывает применение азотного удобрения. Так, в опыте 6 озерненность колоса при внесении 60 кг/га азота (совместно с фосфором и калием) возрастает по сравнению с контролем на 7%, а при повышении дозы азота до 90 кг/га - на 17%. Масса 1000 зерен при внесении N₆₀ по сравнению с контролем

возрастает на 9%, а при повышении дозы азота до 90 кг/га - на 16%. Фосфорно-калийное удобрение (без азота), а также полное удобрение, содержащее низкую дозу азота, не оказало существенного влияния на элементы структуры колоса.

При сравнении показателей продуктивности колоса в различных опытах на Заларинском стационаре (см. табл. 8.3.8) видно, что колос в опыте 6, как и в опыте 3, отличается наивысшей продуктивностью, особенно в варианте с применением повышенной дозы азота совместно с фосфором и калием. Наивысшая продуктивность колоса обусловлена одновременным повышением его озерненности и увеличением массы 1000 зерен.

Как показал учет урожая в опыте 6, при оптимальной густоте стеблестоя (600-700 колосоносных стеблей на 1 м²) и высоком уровне минерального питания озимая пшеница Заларинка сформировала очень высокий урожай зерна (табл. 9.6.2). В варианте без применения удобрений (контроль) урожай зерна по пару составил 41,3 ц/га. Такой высокий урожай без применения удобрений в наших опытах на Заларинском стационаре получен не впервые. Ранее, в опыте 3, который проводился в 1994/95 г. (предшественник горохо-овсяная смесь, почва высоко обеспечена азотом), при посеве перекрестным способом и уборочной густоте 550-600 продуктивных стеблей на 1 м² урожай зерна получен 52,2 ц/га. Однако необходимо отметить, что в опыте 3 в период вегетации озимой пшеницы агроклиматические условия были более благоприятные, чем в опыте 6.

Анализ структуры урожая в контроле (вариант 1) показал, что при оптимальной густоте продуктивного стеблестоя (632 стебля на 1 м²) высокая урожайность обусловлена повышенной озерненностью колоса и хорошей выполненностью зерна (см. табл. 8.3.7).

Как и в других наших опытах с озимой пшеницей на Заларинском стационаре, почвы которого отличаются высоким содержанием фосфора и калия, при одностороннем применении фосфорно-калийного удобрения (вариант 2) не получено существенного повышения урожая. Сбор зерна составил 44,4 ц/га, прибавка к контролю 3,1 ц/га, или 7,5%. По основным элементам структуры урожая (длина колоса, число колосков, масса 1000 зерен) этот вариант мало отличается от контроля. Небольшая прибавка

урожая по отношению к контролю получена за счет некоторого увеличения числа колосоносных стеблей и повышения числа зерен в колосе.

Таблица 9.6.2

Влияние удобрений на урожай зерна озимой пшеницы Заларинка
в опыте 6 (1997/98 г.)

N	Вариант	Урожай, ц/га	Прибавка к контролю	
			ц/га	%
1	Контроль	41,3	-	-
2	P ₃₀ K ₃₀	44,4	3,1	7,5
3	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	45,6	4,3	9,4
4	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	53,9	12,6	30,5
5	N ₉₀ P ₃₀ K ₃₀	59,2	17,9	43,3
НСР ₀₅			8,2	16,8

Не оказало существенного влияния на урожай внесение низкой дозы азота (30 кг/га) совместно с фосфором и калием (вариант 3). Сбор зерна в этом варианте по отношению к контролю несколько увеличился (на 4,3 ц/га, или на 9,4%), однако эта прибавка статистически недостоверна. По показателям структуры урожая этот вариант мало отличается от контроля и варианта P₃₀K₃₀. Прибавка урожая в рассматриваемом варианте получена, главным образом, за счет увеличения числа продуктивных стеблей.

Существенно повысилась эффективность азотных удобрений при увеличении дозы азота. В варианте с внесением средней дозы азота (60 кг/га) совместно с фосфорно-калийным удобрением (вариант 4) получен урожай 53,9 ц/га, сбор зерна по отношению к контролю увеличился на 12,6 ц/га, или на 30,5%. Эта прибавка урожая статистически достоверна (табл. 9.6.2). Повышение урожая произошло за счет значительного увеличения числа колосоносных стеблей и некоторого улучшения элементов структуры урожая (длины колоса, числа колосков, озерненности колоса, массы 1000 зерен).

Наиболее высокий урожай в опыте 6 получен при внесении повышенной дозы азота (90 кг/га) совместно с фосфором и калием (вариант 5). Сбор зерна составил 59,2 ц/га, а прибавка урожая к контролю 17,9 ц/га, или 43,3%. Прибавка урожая в варианте 5 статистически достоверна при 95%-ном уровне вероятности. Вариант с повышенной дозой азота в составе полного удобрения выделяется более высокими показателями всех элементов структуры урожая, но наиболее значительно - по озерненности колоса и массе 1000 зерен.

В связи с тем, что в опыте 6, как и в других опытах, наблюдается неравенство между вариантами по числу колосоносных стеблей, при оценке эффективности влияния удобрений на урожай очень важно учитывать не только густоту стеблестоя, но и продуктивность колоса. Как показано выше (см. табл. 8.3.8). применение азотных удобрений, особенно средних и повышенных доз, во всех опытах оказывает положительное влияние на важнейшие показатели продуктивности колоса - его озерненность и массу 1000 зерен, что и обеспечивает получение достоверной прибавки урожая. Полученные в опыте 6 данные также показывают, что значительное увеличение урожая под действием азотного удобрения происходит в результате повышения продуктивности колоса за счет одновременного возрастания озерненности колоса и улучшения налива зерна. Однако, в связи с тем, что урожай служит интегральным показателем продуктивности посева, величина урожая в значительной мере зависит также и от числа колосоносных стеблей на единице учетной площади.

7. СРЕДНИЙ УРОЖАЙ В ПЕРИОД ИССЛЕДОВАНИЙ

В табл. 9.7.1 представлены данные о средних урожаях озимой пшеницы по вариантам опытов за пятилетний период (1992-1998 г.). Расчет средних урожаев проводился в тех вариантах, в которых в течение всего периода исследований схемы внесения удобрений применялись без изменений. Но в отдельные годы в некоторых вариантах все же вносились некоторые изменения, о чем указывается в "Примечаниях" к этой таблице. Для получения более полного ряда данных по урожайности в табл. 9.7.1 в отдельных вариантах были внесены некоторые дополнения. Однако эти изменения и дополнения не оказывают существенного влияния на

установленные как в отдельных опытах, так и в целом за 5-летний период закономерностей в действии удобрений на урожай озимой пшеницы.

Как видно из табл. 9.7.1, пшеница Заларинка отличается высокой продуктивностью, в среднем за 5 лет урожай зерна в варианте без применения удобрений составил 32,0 ц/га, что в соответствии с принятой в Нечерноземье оценкой уровней урожаев (Стихин, Денисов, 1977) характеризует его как выше среднего.

Таблица 9.7.1

Влияние удобрений на урожай озимой пшеницы Заларинка в полевых опытах на стационаре СИФИБР и средняя урожайность за 1992-1998 г. (ц/га)

Вариант	N опыта, предшественник					Среднее	
	1 мн. травы	2 пар	3 одн. травы	5 пар	6 пар	ц/га	%
Контроль	13,8	27,2	52,2	25,7	41,3	32,0	100
N ₆₀	(17,0) ¹	30,5	56,1	27,8	(41,3) ²	34,5	108
(PK) ³	15,9	28,7	50,8	24,1	44,4	32,8	102
N ₆₀ (PK) ³	16,9	31,6	60,6	29,3	53,9	38,5	120
N ₉₀ (PK) ³	18,9	(31,6) ⁴	63,9	33,3	59,2	41,4	129

Примечания. ¹ -Дополнительно к N₆₀ внесено P₄₅; ²-В опыте 6 вариант N₆₀ отсутствует, для расчетов использован урожай контроля; ³ - Дозы фосфора и калия по годам изменялись от 30 до 45 кг/га д. в.; ⁴ - В опыте 2 вариант N₉₀(PK) отсутствует, для расчетов использован урожай в варианте N₆₀(PK).

В варианте без применения удобрений (контроль) по годам отмечаются значительные колебания урожайности, что связано с изменением гидротермических условий, особенностями перезимовки растений, влиянием предшественника, уровнем агротехники. Очень низкий урожай в опыте 1 (13,8 ц/га) обусловлен сильнейшей засухой в весенне-летний период 1993 г., когда гидротермический коэффициент (по Селянинову) в июне понизился до 0,7, а в июле - до 0,2, при норме, соответственно, 1,3 и 1,4. В период сильной засухи в лесостепной зоне Иркутской области на значительной площади отмечалась гибель яровых хлебов. Посевы озимой пшеницы в опыте 1 уже в начале осенней

вегетации имели недостаточную густоту стояния в связи с высевом пониженной нормы. В весенне-летний засушливый период происходил значительный выпад растений и изреживание посевов, перед уборкой урожая в опыте 1 колосоносный стеблестой был сильно изрежен, что и послужило основной причиной получения низкого урожая.

В опытах 2 и 5 в нормальный по увлажнению (1994) и слабо засушливый (1997) годы озимая пшеница размещалась по пару и посев ее производился рядовым способом. Урожай в контрольном варианте в этих опытах превысил 25 ц/га, что, в соответствии с принятыми для Нечерноземья оценками, позволяет характеризовать этот урожай как выше среднего. Следует отметить, что в опыте 5, заложенном на склоне, неблагоприятное влияние на рост и продуктивность растений оказала эрозия почвы, получившая наиболее значительное развитие ранней весной в период стока талых вод.

Очень высокий урожай получен в контрольном варианте опытов 3 и 6 (соответственно 52,2 и 41,3 ц/га). В этих опытах предшественником служили однолетние травы (опыт 3) и чистый пар (опыт 6), а посев озимой пшеницы производился перекрестным способом с повышенной нормой высева. Из числа важнейших факторов, обусловивших формирование очень высокого урожая, следует отметить высокую обеспеченность растений минеральным питанием, оптимальную густоту колосоносного стеблестоя, а также наибольшую за годы опытов продуктивность колоса.

Полученные данные в варианте контроль (без удобрений) свидетельствуют о том, что озимая пшеница Заларинка обладает высокой потенциальной продуктивностью и в условиях полевых опытов на серой лесной почве в годы с благоприятными гидротермическими условиями, достаточным уровнем минерального питания, оптимальной численностью колосоносного стеблестоя и повышенной продуктивностью колоса обеспечивает получение высоких урожаев зерна и без применения удобрений (41-52 ц/га).

Применение азотного удобрения в чистом виде на серой лесной почве оказывает положительное влияние на рост и урожай озимой пшеницы, однако эффективность азота в значительной мере зависит от применяемой дозы. Как показывают имеющиеся опытные данные, низкая доза азота (30 кг/га) малоэффективна, повышение урожая по отношению к

контролю составляет 6-8%. Более эффективное влияние на урожай оказывает применение средней дозы азота (60 кг/га): урожай повышается на 8-11% по отношению к контролю. Следует заметить, что представленный в табл. 9.7.1 в варианте N₆₀ средний урожай за все годы опытов при подсчете несколько занижен, так как для расчета вместо варианта N₆₀ в опыте 6 был использован контроль, урожай в котором обычно имеет более низкую величину. Еще более высокие прибавки урожая получены при одностороннем применении повышенной дозы азота (90 кг/га). По сравнению с контролем сбор зерна в этом варианте повышается на 11-12%. Однако, как показала статистическая обработка результатов полевых опытов, прибавки урожая от применения указанных выше доз одного азотного удобрения статистически недостоверны при 95%-ном уровне вероятности.

Обобщение многолетних данных подтвердило ранее сделанные выводы о том, что применение фосфорно-калийного удобрения без азота (вариант РК) на почвах опытного участка является малоэффективным приемом. Это относится ко всем изучаемым в опытах дозам фосфора и калия. На богатых фосфором и калием почвах одностороннее внесение этих элементов ухудшает условия минерального питания растений, усиливая дисбаланс между азотом и фосфором в минеральном питании, что оказывает отрицательное влияние на рост, развитие и урожай растений. Как видно из табл. 9.7.1, в опытах 3 и 5 в варианте РК урожай получен ниже, чем в контроле. В целом за годы опытов при односторонним применением фосфорно-калийного удобрения (вариант РК) средний урожай незначительно превысил урожай на контроле - всего на 0,8 ц/га, или на 2%. Следует отметить, что в отдельных опытах с применением различных доз фосфора и калия, в которых отмечалось некоторое превышение урожая в варианте РК над контролем, прибавка урожая была статистически недостоверна.

Результаты испытаний различных доз азота, внесенного совместно с фосфором и калием (полное удобрение) по паровому и непаровому предшественникам показали, что применение низкой дозы азота (вариант (N₃₀РК) малоэффективно (см. опыты 1, 2, 6). Прибавка урожая по отношению к контролю в варианте N₃₀РК составляет 9-12% и является статистически недостоверной.

Как установлено в полевых опытах, применение средней (60 кг/га) и повышенной (90 кг/га) дозы азота совместно с фосфором и калием (полное удобрение) во всех случаях более эффективно, чем внесение в отдельности азотного и фосфорно-калийного удобрения. При внесении средней и повышенной дозы азота значительно улучшаются условия азотного питания растений, что благоприятствует формированию высокого урожая. Возрастающие при этом потребности в фосфоре и калии, растения обеспечивают за счет легкоусвояемых форм фосфора и калия, содержащихся в составе удобрений, что и обеспечивает получение более высокого урожая, чем в случае внесения одного азота.

В табл. 9.7.1 представлены данные об эффективности влияния на урожай средней дозы азота в составе полного удобрения (вариант N₆₀PK). Как видно из этих данных, средний урожай за все годы опытов в этом варианте составил 38,5 ц/га, что превышает контроль на 6,5 ц/га, или на 20%. Оценка существенности прибавок урожая в опытах с применением средней дозы азота на фоне PK показывает, что в опытах 2 и 6 прибавки урожая выше значения НСР₀₅ и являются достоверными. В опыте 3 прибавка урожая при ее значительной абсолютной величине все же несколько не достигает критерия существенности, а в опытах 1 и 5, в которых посевы сильно пострадали от засухи и эрозии почвы, прибавка урожая статистически недостоверна.

Наиболее высокий эффект от применения азотного удобрения получен при внесении повышенной дозы азота совместно с фосфором и калием (вариант N₉₀PK). Средний урожай за все годы опытов в этом варианте составил 41,4 ц/га, прибавка к контролю 9,4 ц/га, или 29%. По годам отмечаются значительные колебания уровня урожаев в связи с агроклиматическими особенностями и применяемой агротехникой: в двух опытах урожай получен очень высокий (в среднем 61,6 ц/га), в двух опытах - выше среднего (32,4 ц/га). и в одном (в сильно засушливом году) - низкий (18,9 ц/га). Во всех опытах с применением повышенной дозы азота на фоне PK прибавки урожаев превышают величину НСР₀₅ и статистически достоверны.

Испытания высокой дозы азота (120 кг/га) при внесении как отдельно, так и в составе полного удобрения, показали, что по эффективности влияния на урожай эта доза азота не превосходит вариант N₉₀PK. Однако применение высокой дозы азота приводит к

непроизводительным затратам удобрений, к значительному уменьшению окупаемости, что снижает эффективность их применения.

В результате многолетних полевых опытов на серой лесной почве в лесостепной зоне Иркутской области изучено влияние минеральных удобрений на урожай озимой пшеницы Заларинка, установлены виды и дозы удобрений, применение которых в зависимости от свойств почв и предшественника в севообороте обеспечивает получение высоких урожаев зерна.

ГЛАВА 10. ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА КАЧЕСТВО УРОЖАЯ

Важнейшие качества пшеницы - питательная ценность и хлебопекарные свойства в значительной степени зависят от содержания в зерне белка и его состава, количества и качества клейковины. Исследованиям накопления белка в зерне и хлебопекарных качеств зерна посвящено большое число работ (Княгиничев, 1951; Шарапов, 1954; Вакар, 1961; Козьмина, 1961; Павлов, 1967; Корнилов, 1968; Конарев, 1980; Созинов, 1976; Рядчиков, 1978; Кретович, 1981; и др.).

Установлено, что на содержание белка в зерне существенное влияние оказывают элементы климата (осадки, температура), его континентальность, генетические свойства почв, особенности сорта и агротехника. Погодные условия оказывают наиболее значительное влияние на качество урожая в период налива и созревания зерна. Показано, что при повышении и понижении урожаев нередко наблюдается обратная связь между высотой урожая и содержанием белка в зерне..

Как показали исследования М.И.Княгиничева (1951), содержание белка в зерне пшеницы может варьировать от 9,6 до 25,2%. По обобщенным результатам большого числа анализов, выполненных центральной лабораторией Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур в 1953-1964 гг. (Самсонов, 1967), в зерне озимых пшениц наиболее низкое количество белка содержится в Северо-Западном районе Нечерноземья - в среднем

11,0% (с колебаниями по отдельным годам от 8,4 до 12,1%), наиболее высокое - в Северо-Кавказском районе - в среднем 15,6% (с колебаниями от 14,1 до 16,4%). Работами Н.С.Авдонина (1965, 1978, 1979) и других исследователей установлено, что низкий урожай сельскохозяйственных культур в Нечерноземной полосе и пониженное содержание белка в зерне озимой пшеницы в значительной степени обусловлено неблагоприятными физико-химическими и агрохимическими свойствами почв, их слабой окультуренностью, недостаточным обеспечением растений азотным питанием.

По данным Краснодарского НИИСХ в среднем за 1972-1975 гг. содержание белка в зерне наиболее распространенных районированных сортов озимой пшеницы составляло: Безостая 1 - 14,2%, Кавказ - 14,9, Краснодарская 39 - 14,2, Мироновская 808 - 15% (Рядчиков, 1978). Колебания содержания белка по годам у Безостой 1 в указанный период составляли от 13,2 до 15,6%. Однако, как указывает В.Г.Рядчиков (1978), в условиях производства содержание белка в зерне озимой пшеницы часто бывает ниже на 1-2,5% из-за недостаточного внесения азотных удобрений.

Количество клейковины в муке и ее качество (растяжимость, упругость, эластичность) определяют хлебопекарные достоинства пшеницы, объемный выход хлеба, его пористость. Работами Н.П.Козьминой (1961, 1969) установлена тесная положительная корреляционная связь между содержанием белка и клейковины в зерне пшеницы. Содержание клейковины в зерне и ее качество в наибольшей степени связано с сортом пшеницы, а колебания в ее содержании обусловлены теми же внешними факторами, которые влияют на белковость зерна (почвенно-климатические условия, погодные особенности года, агротехника, применение удобрений).

По исследованиям М.И.Княгиничева (1951) содержание сырой клейковины в зерне пшеницы в зависимости от сорта, почвенно-климатических условий, погодных особенностей и агротехники может изменяться от 16 до 52%, сухой клейковины - от 5 до 20%. По обобщенным многолетним данным Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (Самсонов, 1967) в Северо-Западном районе Европейской части России среднее содержание клейковины в муке из зерна озимой пшеницы составляет 24,6% (с колебаниями от 17,1 до 29,4%), в Центральном - 26,7% (колебания от 24,1 до 31,3%, в Центрально-

Черноземном районе - 32,4% (колебания от 27,2 до 42,2%), в Северо-Кавказском районе - 36,2% (колебания от 31,0 до 39,7%).

Установлено, что для получения хлеба хорошего качества необходимо, чтобы в муке содержалось не менее 28% сырой клейковины с нормальной упругостью и растяжимостью, а нижний предел содержания белка должен составлять около 14%. Сорты мягкой пшеницы с указанными выше показателями белковости и содержания клейковины согласно Государственному стандарту (ГОСТ 9354-67) относятся к группе сильных пшениц, которые используются в качестве улучшителей слабых пшениц при их технологической переработке. В последующем, при оценке новых сортов в процессе селекции и сортоиспытания в качестве стандартных показателей содержания белка в зерне озимой пшеницы были приняты величины 13,5-15,0% (Рядчиков, 1978).

В настоящее время имеется много работ, в которых по почвенно-климатическим зонам обобщены многолетние исследования влияния плодородия почв и условий минерального питания растений на качество зерна озимой пшеницы, содержатся рекомендации по агротехнике и рациональному применению удобрений для повышения содержания белка в зерне и улучшения хлебопекарных качеств пшеницы (Культура пшеницы, 1956; Носатовский, 1965; Суднов, 1965; Самсонов, 1967; Мосолов, 1968; Корнилов, 1968; Физиология пшеницы, 1969; Коданев, 1970; Шарапов, 1973; Толстоусов, 1974; Стихин, Денисов, 1977; Минеев, Павлов, 1981; Павлов, 1984; Губанов, Иванов, 1988; и др.). Однако необходимо отметить, что все эти исследования и практические разработки проводились в Европейской части страны, почвенно-климатические условия которой в значительной мере отличаются от лесостепи Средней Сибири, где ведутся наши опыты. Это исключает возможность непосредственного использования в данном регионе рекомендаций, разработанных в западных районах страны, без проверки их эффективности в местных условиях.

В связи с этим, в период наших полевых опытов с озимой пшеницей Заларинка, которые проводились в новом районе возделывания этой культуры - в лесостепи Иркутской области, в программу работ были включены также исследования влияния удобрений на продовольственные и хлебопекарные свойства зерна. Для определения питательной ценности зерна и эффективности влияния различных видов и доз удобрений на

качество зерна во всех вариантах опытов проводили химический анализ зерна. Содержание азота в зерне, размолотом на лабораторной мельнице, определяли по Кьельдалю, для перевода содержания азота в зерне в содержание белка использовали белковый коэффициент равный 5,7. Анализ содержания клейковины выполняли по Ермакову (Ермаков и др.,1952). Кроме содержания сырой клейковины определяли также количество сухой клейковины, чтобы получить более полное представление о водопоглотительной способности (степени гидратации) клейковины, которая имеет большое значение в технологии хлебопечения. Изучали также важнейшие физические свойства клейковины (растяжимость, упругость, эластичность). Результаты этих исследований представлены ниже по каждому опыту.

1. СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА И КЛЕЙКОВИНЫ В ЗЕРНЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ЗАЛАРИНКА

В *опыте 1 (1992/93 г.)* озимую пшеницу высевали по непаровому предшественнику - многолетним бобовым травам (донник второго года пользования), скошенным в ранний срок. В задачу опыта входило изучение влияния различных видов и доз удобрений на урожай и качество зерна при основном их внесении (перед посевом), а также в качестве весенней азотной подкормки. Испытывались средние и повышенные дозы основных питательных элементов. Посев озимой пшеницы произведен рядовым способом в рекомендуемые агротехнические сроки. В связи с ограниченным количеством семян Заларинки в опыте 1 посевная норма была снижена до 4 млн. всхожих семян на 1 га, что при низкой полевой всхожести семян не обеспечило получение нормальных по густоте посевов - важного условия формирования высокого урожая.

В начальные фазы развития озимой пшеницы осенью 1992 г. (всходы и кущение) условия температуры и увлажнения были благоприятны для растений, перезимовка опытных растений проходила удовлетворительно, повреждения и гибель посевов от вымерзания были незначительные.

В летний период 1993 г., как указывалось ранее, центральные и южные районы лесостепи Иркутской области были охвачены сильной засухой. От засухи наиболее сильно пострадали яровые зерновые

культуры, на большой площади посевы их полностью погибли. Засуха оказала неблагоприятное влияние на рост и развитие озимой пшеницы, формирование элементов структуры урожая. Однако на опытных делянках не отмечалось гибели растений от засухи, так как при иссушении верхних горизонтов почвы растения озимой пшеницы благодаря глубоко развитой корневой системе для влагоснабжения использовали запасы воды из глубоких слоев почвы. В засуху значительно снизилась эффективность действия минеральных удобрений на урожай и качество зерна.

В условиях сильной засухи в опыте 1 в целом по всем вариантам получен урожай зерна 16,6 ц/га, который в соответствии с градациями, принятыми для озимой пшеницы в Нечерноземной полосе (Стихин, Денисов, 1977), характеризуется как средний урожай. Наиболее высокий урожай в этом опыте получен в варианте $N_{90}P_{45}K_{45}$ - 18,9 ц/га. Однако и этот показатель не превышает уровня среднего урожая. В варианте без применения удобрений сбор зерна наиболее низкий в опыте и составляет 13,8 ц/га, что соответствует показателям низкого урожая.

Данные о влиянии удобрений на питательные (белок) и технологические (клейковина) качества зерна в опыте 1 представлены в табл. 10.1.1. Как видно из этих данных, в условиях сильной засухи в большинстве вариантов опыта получено зерно с средним содержанием белка (11,9-12,9%). Минеральные удобрения в зависимости от вида, дозы и способа применения оказали неодинаковое влияние на качество зерна.

В зерне контрольного варианта (без удобрений) белка содержалось 11,9%. При осеннем внесении повышенной дозы азота (90 кг/га) совместно с средней дозой калия (вариант 3), и в составе полного удобрения (вариант 4), содержание белка в зерне повысилось незначительно - по сравнению с контролем на 0,5%. Более эффективное влияние на качество зерна оказало применение азота в виде весенней подкормки (варианты 5 и 6) - белковость зерна по сравнению с контролем повысилась на 0,7-1,0%. В этих вариантах получено зерно с наивысшим в опыте содержанием белка.

Как уже отмечалось ранее, на хорошо обеспеченных фосфором и калием почвах опытного участка дополнительное внесение фосфорно-калийного удобрения (без азота) нарушает сбалансированность в азотно-фосфорном питании растений, что приводит к ухудшению роста растений и снижению урожая. Как видно из табл. 10.1.1, одностороннее внесение

фосфорно-калийного удобрения (вариант 2) оказывает неблагоприятное влияние на синтез белка, снижает содержание белка в зерне по сравнению с контролем на 0,2%. Однако при применении весенней азотной подкормки по фосфорно-калийному удобрению, внесенному осенью, белковость зерна значительно повысилась (вариант 5).

Таблица 10.1.1

Влияние удобрений на качество зерна озимой пшеницы Заларинка
в опыте 1 (1992/93 г.)

N	Вариант	Белок, %	Клейковина, %		Степень гидратации клейковины, %
			сырая	сухая	
1	Контроль	11,9	34,4	11,8	191
2	P ₄₅ K ₄₅	10,7	30,2	10,4	190
3	N ₉₀ K ₄₅	12,4	41,2	13,9	196
4	N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅	12,4	41,8	14,6	186
5	P ₄₅ K ₄₅ +N ₃₀ весной	12,9	41,2	14,3	188
6	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅ +N ₃₀ весной	12,6	44,3	14,6	203

Как показано ранее (см. табл. 9.1.2), в опыте 1 наиболее высокий урожай был получен в вариантах с осенним внесением повышенной дозы азота, а весенняя азотная подкормка не оказала существенного влияния на урожайность. Однако, как это видно из табл. 10.1.1, весенняя азотная подкормка способствует повышению белковости зерна по сравнению с осенним сроком применения азотного удобрения. В вариантах с внесением весенней азотной подкормки (варианты 5 и 6) зерно отличается наиболее высоким содержанием белка (12,6-12,9%).

Количество и качество клейковины служат основным показателем хлебопекарных качеств зерна. Между содержанием общего белка в нормально развитом и созревшем зерне и количеством в нем клейковины (запасные белки) существует прямая связь, а показатель отношения сырой клейковины к белку в среднем составляет 2,2 (Козьмина, 1969). Однако эта связь может изменяться, так как соотношение между количеством общего

белка и белка клейковины не является постоянной величиной. Установлено также, что клейковина пшеницы, произрастающей в разных географических районах, имеет различную способность поглощать воду, что влияет на выход сырой клейковины. В среднем влажность сырой клейковины составляет 65%.

Как видно из табл. 10.1.1, зерно пшеницы Заларинка в опыте 1 отличается высоким содержанием клейковины. В варианте без применения удобрений содержание сырой клейковины составляет в среднем 34,4%, что является показателем высоких хлебопекарных качеств зерна. Применение азотных удобрений способствует повышению содержания клейковины в зерне. В варианте 3, в котором с осени вносили повышенную дозу азота совместно с калием, а также в варианте 4, в котором применяли полное удобрение, количество сырой клейковины в зерне значительно увеличилось по сравнению с контролем (на 6,8-7,4%) и достигло показателей, соответственно, 41,2 и 41,8%. Зерно с наивысшим содержанием сырой клейковины (44,3%) получено в варианте 6, в котором перед посевом вносили полное удобрение, а весной - азотную подкормку. При этом содержание сырой клейковины по сравнению с контролем увеличилось на 9,9%.

Данные табл. 10.1.1 показывают, что при внесении в почву одного фосфорно-калийного удобрения происходит не только снижение содержания белка, но и ухудшение технологических качеств зерна - снижение содержания сырой клейковины по сравнению с контролем на 4,2%.

Как видно из данных табл. 10.1.1, в зерне озимой пшеницы Заларинка отношение сырой клейковины к белку составляет в среднем по опыту 3,2 (с колебаниями по вариантам от 2,8 до 3,5), что служит показателем высоких технологических качеств зерна нового сорта. Влажность сырой клейковины близка к ее среднему показателю и в целом по опыту составляет 65,8% (колебания по вариантам от 65,1 до 67%). Степень гидратации клейковины средняя и в целом по опыту составляет 171% (колебания по вариантам от 168 до 178%). Для сравнения отметим, что по обобщенным данным М.И.Княгиничева (1951) степень гидратации клейковины у озимой пшеницы изменяется от 140 до 280%.

Как показывают результаты анализов, сырая клейковина пшеницы Заларинка имеет светлый цвет и обладает хорошими физическими свойствами: растяжимость средняя (!2-16 см), эластичность хорошая - при растягивании и сдавливании постепенно восстанавливает свою первоначальную форму. По растяжимости и эластичности сырая клейковина относится к 1-й группе.

В *опыте 2 (1993/94 г.)* изучали влияние удобрений на качество зерна озимой пшеницы, высеваемой по предшественнику чистому пару. В этом опыте почва перед посевом озимой пшеницы содержала высокие запасы доступного азота, поэтому при изучении эффективности влияния на урожай и качество зерна удобрений применяли низкие (30 кг/га) и средние (60 кг/га) дозы азота, внесенного как в чистом виде, так совместно с средними дозами фосфора и калия. Сравнивалось также действие азота на урожай и качество зерна при основном его внесении (перед посевом), и в виде весенней азотной подкормки. В опыте применяли рядовой способ посева, норма высева соответствовала рекомендуемой для данной зоны посевной норме (6 млн. семян на 1 га), что обеспечило формирование оптимального по густоте посева. Перезимовка озимой пшеницы проходила при благоприятных условиях, выпадения растений в зимний период были сравнительно невелики.

В весенне-летний период 1994 г. гидротермические условия также складывались благоприятно для роста и развития опытных растений - температурные условия и суммы осадков существенно не отличались от климатической нормы. Однако в межфазный период выход в трубку-колошение в связи с нерегулярным выпадением осадков ухудшился водный режим верхних слоев почвы, что оказало неблагоприятное влияние на элементы структуры урожая, привело к снижению продуктивности посевов.

Данные о влиянии различных видов и доз удобрений на качество зерна в опыте 2 представлены в табл. 10.1.2. Как видно из этих данных, зерно, выращенное в благоприятных погодных условиях по предшественнику чистому пару в варианте без применения удобрений (контроль) содержит 12,8% белка. Это превышает лучшие показатели

белковости зерна в опыте 1, в котором предшественником служили многолетние травы.

Таблица 10.1.2

Влияние удобрений на качество зерна озимой пшеницы Заларинка
в опыте 2 (1993/94 г.)

N	Вариант	Белок, %	Клейковина, %		Степень гидратации клейковины, %
			сырая	сухая	
1	Контроль	12,8	39,2	14,6	168
2	N ₃₀	12,9	38,8	14,4	169
3	N ₆₀	14,0	42,2	15,7	169
4	P ₄₅ K ₄₅	12,9	40,0	14,8	170
5	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	13,2	40,4	14,5	179
6	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	14,7	43,8	16,1	172
7	P ₄₅ K ₄₅ + N ₃₀ весной	12,8	43,5	16,1	170
8	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + N ₃₀ весной	14,5	44,9	16,4	174

В опыте 2 содержание белка в зерне по сравнению с контролем мало изменяется при внесении низкой дозы азота (вариант 2), а также фосфорно-калийного удобрения (вариант 4). По сравнению с контролем не изменился показатель белковости зерна и при внесении весенней азотной подкормки по фосфорно-калийному фону (вариант 7), в результате которой растения получили всего 30 кг/га азота. Следует также отметить слабую эффективность применения низкой дозы азота в составе полного удобрения, внесенного перед посевом (вариант 5), - содержание белка в зерне повысилось по сравнению с контролем на 0,4%. Приведенные выше показатели содержания белка в зерне в контроле и в вариантах с внесением низкой дозы азота соответствуют нормативам средней по питательной ценности озимой пшеницы.

Существенно улучшается питательная ценность зерна при внесении средней дозы азота (N₆₀) как отдельно, так и в составе полного удобрения.

Так, в вариантах 3 и 6 по сравнению с контролем белковость зерна повысилась на 1,2-1,9%, а содержание белка в зерне в указанных вариантах возросло, соответственно, до 14,0 и 14,7%. Высокое накопление белка в зерне (до 14,5%) происходит и в варианте 8, в котором средняя доза азота была внесена в два приема - в виде предпосевного внесения и весенней азотной подкормки. По содержанию белка зерно в вариантах 3, 6, 8, получивших среднюю дозу азота, соответствует стандартам на сильную пшеницу.

Как видно из табл. 10.1.2, по содержанию клейковины зерно Заларинки в опыте 2 характеризуется высокими хлебопекарными качествами. В варианте без применения удобрений (контроль) содержится 39,2% сырой клейковины, что превышает соответствующий показатель в опыте 1. Влияние различных доз азота на содержание клейковины проявляется аналогично действию азотного удобрения на белковость зерна. При внесении низкой дозы азота (варианты 2, 5) содержание сырой клейковины в зерне по сравнению с контролем (вариант 1) изменяется мало. Аналогичное действие оказывает фосфорно-калийное удобрение при его одностороннем внесении. При повышении дозы азота до средней (варианты 3, 6), относительное содержание сырой клейковины в зерне возрастает по сравнению с контролем на 8-12%. Значительное влияние на хлебопекарные качества зерна оказывает применение весенней азотной подкормки: в варианте 7 содержание сырой клейковины по отношению к контролю возросло на 11%, а в варианте 8 - на 14%. При сравнении с опытом 1 видно, что в зерне опыта 2 сырой и сухой клейковины содержится несколько больше, а степень гидратации клейковины ниже.

Сырая клейковина в зерне опыта 2 имеет хорошие физические свойства и по совокупности признаков (цвет светлый, растяжимость средняя, эластичность хорошая) относится к 1-й группе.

Таким образом, озимая пшеница Заларинка на серых лесных почвах при посеве по пару без применения удобрений формирует повышенный урожай зерна, имеющего среднюю белковость, но отличающегося высоким содержанием сырой клейковины, свойственным для сильных пшениц. Применение низкой дозы азота (30 кг/га) перед посевом не оказывает существенного влияния на продовольственные и хлебопекарные качества зерна. При внесении средней дозы азота (60 кг/га) формируется высокобелковое зерно (содержание белка 14% и более), с очень высоким

количеством сырой клейковины, что соответствует стандартам сильной пшеницы. Применение весенней азотной подкормки оказывает положительное влияние на качество зерна

В *опыте 3 (1994/95 г.)* озимую пшеницу высевали по занятому пару. Парозанимающей культурой служила горохо-овсяная травосмесь, которая была скошена на зеленый корм. После травосмеси в почве осталось большое количество пожнивно-корневых остатков, при минерализации которых почва обогащалась легкодоступными для растений формами азота, что способствовало улучшению минерального питания растений, формированию высокого урожая. В опыте была поставлена задача: в посевах с повышенной густотой стеблестоя при внесении различных доз азота установить генетический потенциал продуктивности озимой пшеницы Заларинка, определить питательные и технологические качества зерна при формировании высокого урожая. Для получения посевов с повышенной густотой стеблестоя посев озимой пшеницы на опытном участке проводили в двух направлениях ("вкрест") при норме 6 млн. семян на 1 га. В опыте испытывались три дозы азота (средняя 60 кг/га, повышенная 90 кг/га и высокая 120 кг/га) при внесении как отдельно, так и в составе полного удобрения. Сравнивалось также влияние на урожай и качество зерна фосфорно-калийного удобрения при его одностороннем внесении.

В опыте 3, как указывалось выше, складывались благоприятные условия минерального питания растений для получения высокого урожая. Период интенсивного роста растений, формирования и развития генеративных органов проходил при некотором недостатке влаги и повышенном температурном режиме, что, однако, не снизило продуктивность посевов. В период налива и созревания зерна складывались благоприятные гидротермические условия для формирования полновесного зерна. Перед уборкой урожая посевы имели оптимальную густоту стеблестоя - в среднем 580 колосоносных стеблей на 1 м² (см. табл. 9.4.1), а колос характеризовался наивысшей за годы опытов продуктивностью (см. табл. 8.3.8), что обеспечило получение очень высокого урожая (см. табл. 9.4.2). В среднем по опыту урожайность зерна составила 57,7 ц/га, с колебаниями по вариантам от 52,2 (контроль)

до 64,0 ц/га ($N_{120}P_{45}K_{45}$). Этот урожай значительно превышает показатели урожайности в опытах 1 и 2. Однако, как свидетельствуют результаты химических анализов зерна, в опыте 3 по сравнению с опытами 1 и 2 зерно сформировалось более низкого качества.

Как известно из литературных источников и опыта земледелия, качество зерна пшеницы (содержание и состав белка, клейковины) - показатель изменчивый, величина его изменяется не только в зависимости от географического положения территории (климат, почвы), но также от сортовых особенностей и условий возделывания. Качество урожая не остается постоянным по годам и изменяется в зависимости от погодных условий в период налива и созревания зерна, применяемой агротехники (предшественник в севообороте, сроки и способы посева, уборки, применение удобрений).

В послевоенные годы с введением в культуру новых сортов интенсивного типа урожайность зерновых значительно повысилась, но при этом произошло снижение белковости зерна по сравнению с его уровнем у старых менее продуктивных сортов (Созинов, 1976; Рядчиков, 1978; Конарев, 1980). Как показали исследования белковости зерна в процессе формирования урожая (Павлов, 1967, 1972, 1984; Созинов, 1976; Авдонин, 1978; Минеев, Павлов, 1981), уровень содержания белка в зерне зависит от количества азота в растении, которое приходится на единицу зрелого зерна (показатель обеспеченности зерна азотом). Поэтому при формировании высокого урожая, даже в случае достаточного уровня содержания азота в вегетативных органах, показатель обеспеченности зерна азотом снижается и зерно образуется с пониженным количеством белка. Однако при внесении азотного удобрения, применении азотной подкормки содержание азота в вегетативных органах повышается и в зерно поступает больше азота, который используется на синтез белка.

Как показали исследования, в высокопродуктивных посевах в связи с повышенным расходом азота на формирование большой массы вегетативных органов и зерна, значительно усиливается расход легкоусвояемого азота из почвы, снижаются его запасы. Вследствие этого в период налива и созревания зерна уменьшается поглощение азота корнями из почвы и поступление его в генеративные органы на синтез белка. При этом масса зерна не уменьшается, а белковость зерна снижается в результате "ростового разбавления". Однако применение

повышенных и высоких доз азота в качестве основного (предпосевного) удобрения способствует улучшению корневого азотного питания растений в период налива и созревания зерна и повышению белковости зерна.

Таблица 10.1.3

Влияние удобрений на качество зерна озимой пшеницы Заларинка
в опыте 3 (1994/95 г.)

N	Вариант	Белок, %	Клейковина, %		Степень гидратации клейковины, %
			сырая	сухая	
1	Контроль	10,9	28,3	11,0	156
2	N ₆₀	11,0	35,3	13,5	162
3	N ₉₀	11,1	33,5	12,5	167
4	N ₁₂₀	не опр.	35,6	13,0	174
5	P ₄₅ K ₄₅	10,4	29,9	11,0	173
6	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	12,2	36,6	13,5	171
7	N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅	13,0	34,9	13,2	174
8	N ₁₂₀ P ₄₅ K ₄₅	12,9	34,4	12,5	176

В табл. 10.1.3 представлены результаты анализа качества зерна, полученного в высокоурожайный год в опыте 3 по предшественнику однолетним травам. Следует отметить, что в связи с высоким урожаем в этом опыте значительно увеличился выход белка с гектара, однако процент белка в зерне понизился, так как прибавка урожая произошла в основном за счет накопления в зерне крахмала. При сравнении данных табл. 10.1.3 с соответствующими показателями опытов 1 и 2 (см. табл.10,1.1 и 10,1.2) видно, что зерно в опыте 3 отличается пониженным содержанием белка и клейковины.

В варианте этого опыта контроль (без применения удобрений) в зерне содержится 10,9% белка, значительно ниже показателей соответствующих вариантов в опытах 1 и 2, что характеризует зерно в опыте 3 как низкобелковое. Еще с более низким содержанием белка

(10,4%) получено зерно в варианте 5 этого опыта, в котором в почву перед посевом вносили фосфорно-калийное удобрение без азота.

Средняя и повышенная дозы азота, внесенные в чистом виде перед посевом (варианты 2 и 3), в высокоурожайном году оказали незначительное влияние на белковость зерна в опыте 3 - содержание белка в зерне по сравнению с контролем увеличилось на 0,1-0,2%. Более значительно (на 1,3-2,0% по отношению к контролю) возросла белковость зерна при внесении тех же доз азота в составе полного удобрения (варианты 6-8). Полученное в этих вариантах зерно по количеству белка (12-13%) характеризуется как среднебелковое, имеющее более высокую питательную ценность.

Как видно из табл. 10.1.3, зерно пшеницы Заларинка даже при снижении его белковости характеризуется высоким содержанием сырой клейковины, что свидетельствует о его хороших технологических свойствах. В зерне полученном в контроле (без удобрений), а также в варианте с внесением фосфорно-калийного удобрения (вариант 5), сырой клейковины содержится соответственно 28,3 и 29,9%, что соответствует стандартам сильной по хлебопекарным качествам пшеницы. Во всех вариантах опыта с применением азотного удобрения содержание сырой клейковины повышается, достигая наивысшего показателя 36,6% в варианте 6 ($N_{60}P_{45}K_{45}$). Следует, однако, отметить, что во всех вариантах опыта 3 показатели содержания сырой клейковины ниже, чем во всех других наших опытах. Степень гидратации клейковины, отражающая изменения ее качества, в опыте 3 ниже, чем в опыте 1, однако между опытами 2 и 3 различия в степени гидратации клейковины менее выражены.

Завершая рассмотрение эффективности действия удобрений в опыте 3, в котором получен высокий урожай зерна с низким содержанием белка, следует отметить, что применение повышенных и высоких доз азота в составе полного удобрения не только обеспечивает получение достоверных прибавок урожая, но и увеличивает в зерне содержание белка и клейковины, улучшая качество зерна до уровня ценных сортов пшеницы.

Опыт 5 (1996/97 г.) был заложен на слабо покатом склоне опытного поля Заларинского стационара с целью изучения влияния удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы. на почвах, подверженных эрозии. Почва опытного участка светло-серая эродированная, с маломощным гумусовым горизонтом, пониженным запасом общего азота и усвояемых его форм. Содержание в почве подвижных форм фосфора и калия, как и в других участках опытного поля, высокое. Предшественником озимой пшеницы служил чистый пар. Схемой опыта предусматривалось изучить эффективность влияния на урожай и качество зерна средних (60 кг/га) и повышенных (90 кг/га) доз азота, внесенных как отдельно, так и на фоне фосфорно-калийного удобрения. Сравнивалась также эффективность действия средних доз фосфорно-калийного удобрения, при его одностороннем применении. Удобрения вносили перед посевом,. Посев произведен в оптимальный срок (23 августа), норма высева 4 млн. всхожих семян на 1 га, глубина заделки семян 4-5 см, посевные рядки расположены поперек склона. Всходы появились на седьмой день после посева.

Начальный период вегетации проходил в условиях неустойчивой погоды, при частом выпадении осадков в виде дождя и снега, с большим числом пасмурных дней. Осадки слабой интенсивности, выпадавшие в осеннее время, не способствовали развитию эрозии - смыву и размыву почвы.

Перезимовка озимой пшеницы проходила при хорошем укрытии растений снежным покровом, высота которого достигала 30-40 см. В вогнутых участках склона, понижениях, высота снежного покрова была еще более значительной.. Температурный режим воздуха в зимнее время мало отличался от средних многолетних показателей. В целом условия для перезимовки озимой пшеницы были благоприятные, гибели растений от вымерзания не наблюдалось.

В период интенсивного таяния снежного покрова, содержащего повышенные запасы воды, на склоне, где расположен опыт 5, образовался интенсивный сток талых вод, что вызвало развитие эрозии почвы. На опытных делянках, где проходил сток талых вод, образовались многочисленные струйчатые размывы на глубину оттаивания почвы (3-5 см). В местах размыва почвы произошло обнажение узла кущения растений и верхней части корневой системы, что привело к повреждению

и гибели растений. Сильно поврежденные эрозией деланки первой повторности опыта, на которых погибло более 50% растений, были исключены из опыта, и наблюдения в последующем проводились на трех повторностях опыта, на которых посевы менее пострадали от эрозии.

В весенний и летний периоды вследствие больших потерь влаги в результате эрозии почвы, рост и развитие растений проходили в условиях недостаточного влагоснабжения, что оказало неблагоприятное влияние на продуктивность растений. Вместе с тем, повышенная температура воздуха (превышающая норму), которая отмечалась в период налива и созревания зерна, и некоторый недостаток влаги в почве, способствовали повышению качества урожая - увеличению накопления белка и клейковины в зерне

Данные об урожайности озимой пшеницы в опыте 5 приводились ранее (см. табл. 9.5.2). Отмечалось, что повреждение растений эрозией в весеннее время, изреживание посевов, недостаточное обеспечение растений влагой в летний период отрицательно повлияли на сбор зерна. В большинстве вариантов этого опыта получен средний урожай 25-28 ц/га, и только в варианте с внесением повышенной дозы азота совместно с фосфором и калием урожай был выше среднего (33 ц/га).

Данные о качестве зерна в опыте 5, эффективности влияния удобрений на питательную ценность и хлебопекарные качества зерна представлены в табл. 10.1.4. Как видно из этой таблицы, в опыте 5 зерно отличается высоким содержанием белка - в контроле (без удобрений) белковость составляет 15,3%. Этот показатель выше уровня белковости зерна, который соответствует требованиям стандарта для сильных пшениц (14%). Следует отметить, что содержание белка в зерне Заларинки в опыте 5 самое высокое за все годы наших опытов на стационаре (1992-1998). Накоплению высокого количества белка в зерне урожая 1997 г. способствовали своеобразные гидротермические условия и высокий уровень минерального питания растений. Как отмечалось выше, в летний период рост вегетативной массы и генеративных органов у пшеницы проходили при повышенном температурном режиме и недостатке влаги. Как известно, при недостаточном влагоснабжении растений в этот период замедляется отток пластических веществ из вегетативных органов в зерно. Установлено, что при этом в большей степени замедляется передвижение углеводов, чем азотистых веществ, что приводит к более высокому накоплению белка в зерне (Павлов, 1967).

Таблица 10.1.4

Влияние удобрений на качество зерна озимой пшеницы Заларинка
в опыте 5 (1996/97 г.)

N	Вариант	Белок, %	Клейковина, %		Степень гидратации клейковины, %
			сырая	сухая	
1	Контроль	15,3	44,7	15,9	181
2	N ₆₀	15,9	46,4	16,3	185
3	N ₉₀	не опр.	47,0	16,6	183
4	P ₄₅ K ₄₅	14,6	45,2	16,0	182
5	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15,6	46,5	16,1	189
6	N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅	15,7	47,0	16,5	185

В опыте 5 применение азота, как при одностороннем внесении, так и в составе полного удобрения, повышает содержание белка в зерне на 0,3-0,6% по сравнению с контролем. Наиболее высокое содержание белка в зерне отмечено в варианте N₆₀ - 15,9%.

При внесении фосфорно-калийного удобрения без азота (вариант 4) содержание белка в зерне снижается по сравнению с контролем на 0,7%. Как уже отмечалось, на почвах опытного участка, высоко обеспеченных фосфором и калием, при дополнительном внесении фосфорно-калийного удобрения (без азота) нарушается сбалансированность между азотом и фосфором в питании растений. Это оказывает неблагоприятное влияние на урожай и его качество – уменьшается сбор зерна и снижается его белковость. В литературе имеются экспериментальные данные и результаты производственных опытов на разных типах почв, показывающие, что при высоком содержании в почвах фосфора и калия одностороннее увеличение в питательной среде этих элементов снижает содержание белка в зерне (Мосолов, 1968; Коданев, 1976).

Как показывают результаты полевого опыта (табл. 10.1.4), высокобелковое зерно в опыте 5 отличается также и очень высоким содержанием клейковины. Так, в варианте без применения удобрений

(контроль) количество сырой клейковины в зерне достигает 44,7%, что значительно превышает показатель зерна первого класса (28%). Применение азотного удобрения как отдельно, так и в составе полного удобрения, способствует повышению содержания сырой клейковины в зерне на 1,7-2,3% по сравнению с контролем. Максимальный выход сырой клейковины отмечен в варианте с применением повышенной дозы азота ($N_{90}P_{45}K_{45}$) - 47%. Одностороннее внесение фосфорно-калийного удобрения, как видно из табл. 10.1.4, не оказывает существенного влияния на содержание клейковины в зерне.

Показатель соотношения между выходом сырой и сухой клейковины в опыте 5 в среднем составляет 2,8 и мало изменяется по вариантам, что характерно для клейковины хорошего качества. В изменении содержания сухой клейковины по вариантам опыта установлены те же закономерности, что и в изменении сырой клейковины: минимум в контроле и $P_{45}K_{45}$, максимум - в вариантах с повышенной дозой азота.

Качество клейковины характеризует комплекс ее физических свойств: растяжимость, упругость, эластичность. Как показали анализы, клейковина в этом опыте имеет среднюю растяжимость, хорошую упругость и эластичность и относится к первой группе качества. Показателем качества клейковины служит также степень ее гидратации. Как видно из представленных в табл. 10.1.4 данных, в вариантах с внесением азота как отдельно, так и совместно с фосфором и калием, степень гидратации клейковины увеличивается, что служит показателем повышения ее качества. По совокупности показателей качества (содержание белка и клейковины, качество клейковины) зерно в опыте 5 должно быть отнесено к сильным пшеницам.

Таким образом, результаты опыта 5 показывают высокую эффективность применения азотных удобрений на эродированной светло-серой лесной почве. Азот, внесенный отдельно, а также совместно с фосфором и калием, не только увеличивает урожай, но и повышает белковость и технологические качества зерна. Однако одностороннее внесение фосфорно-калийного удобрения (без азота) оказывает негативное влияние на качество зерна (снижается содержание белка), что необходимо учитывать при построении рациональной системы удобрений озимой пшеницы на почвах, высоко обеспеченных фосфором и калием.

Опыт 6 (1997/98 г) заложен на ровной поверхности опытного участка, предшественник - чистый пар. В этом опыте была поставлена задача получить высокий урожай зерна и определить эффективность влияния удобрений на качество зерна, полученного по чистому пару. В целях обеспечения оптимальной густоты стеблестоя посев на опытном участке проводился в двух направлениях ("вкрест"), семена использовались свежесобраные, урожая 1997 г., с высокой полевой всхожестью. Благодаря этому посевы сформировались густые, и после зимних и летних выпадов растений и изреживания оставались оптимальными по числу колосоносных стеблей, что послужило важным фактором получения высокого урожая.

В опыте 6, учитывая результаты исследований эффективности удобрений в предшествующие годы, схемой опыта предусматривалось изучить влияние на качество зерна низкой (30 кг/га), средней (60 кг/га) и повышенной (90 кг/га) доз азота, внесенных совместно с невысокой дозой фосфора и калия (по 30 кг/га). Для сравнения в опыт был также включен вариант с односторонним применением указанной выше дозы фосфорно-калийного удобрения.

Осенний период вегетации озимой пшеницы проходил при благоприятных гидротермических условиях, растения в зимовку ушли хорошо развитые. В начале зимы, когда еще не образовался достаточно глубокий снежный покров и растения не повсеместно были укрыты снегом, сильные морозы, удерживавшиеся непродолжительное время, нанесли повреждения зимующим посевам. Гибель растений от морозов произошла в основном на микробугорках и небольших повышениях, где растения были слабее защищены снежным покровом. Однако эти повреждения посевов во время перезимовки были не столь значительными и не привели к большому изреживанию посевов.

Весной 1998 г. в начале вегетации озимой пшеницы в связи с недостаточным количеством атмосферных осадков, снижением запасов продуктивной влаги в верхних слоях почвы, отмечалось ухудшение условий роста и развития растений. Однако в летние месяцы, в период интенсивного роста и развития растений (выход в трубку - колошение) условия увлажнения и температурный режим благоприятствовали росту растений, формированию генеративных органов, наливу и созреванию зерна, высокой продуктивности колоса. Получению очень высокого

урожая способствовала также повышенная густота стеблестоя - в среднем по опыту насчитывалось 692 колосоносных стебля на 1 м². Данные об урожайности по вариантам в опыте 6 были приведены ранее (см. табл. 9.6.2), отметим лишь, что в среднем по опыту сбор зерна составил 48,9 ц/га, с колебаниями по вариантам от 41,3 до 59,2 ц/га.

В табл. 10.1.5 представлены результаты анализов качества зерна в вариантах опыта 6. Как видно из этих данных, в варианте без применения удобрений (контроль) зерно содержит 13,8% белка, что соответствует верхнему уровню показателя, принятого для среднебелковой пшеницы.

Применение различных доз азота совместно с фосфором и калием способствовало повышению содержания белка в зерне до 14% и выше, что соответствует уровню белковости зерна, установленному для сильной пшеницы. Как видно из табл. 10.1.5, при увеличении дозы азота в составе полного удобрения эффективность его действия возрастает, содержание белка в зерне повышается. Максимальное количество белка в зерне отмечается в варианте 5, в котором применялась повышенная доза азота (90 кг/га) - 14,3%, что на 0,5% превышает этот показатель в контроле.

При изучении влияния на качество зерна озимой пшеницы фосфорно-калийного удобрения, внесенного без азота (вариант 2), в опыте 6 установлена та же закономерность, которая отмечалась и в большинстве других наших опытов - дополнительное внесение этих элементов приводит к снижению содержания белка в зерне.

Таким образом, применение удобрения, содержащего в своем составе азот, в опыте 6 способствует не только формированию очень высокого урожая, но и получению высококачественного зерна, по содержанию белка соответствующего стандартам сильных пшениц. Наиболее высокий эффект дает применение азота в дозе 90 кг/га.

Как видно из табл. 10.1.5, сорт Заларинка в опыте 6 отличается высоким содержанием клейковины. В зерне, выращенном без применения удобрений (контроль), содержание сырой клейковины составляет 39,7%, а в варианте с внесением повышенной дозы азота (N₉₀P₃₀K₃₀) количество клейковины возрастает до 41,6%, что на 5% выше, чем на контроле.

Отношение сырой клейковины к белку по вариантам в опыте 6 изменяется от 2,8 до 3, а показатель отношения сырая клейковина : сухая

клейковина составляет в среднем 2,9, что соответствует клейковине хорошего качества.

Таблица 10. 1 5

Влияние удобрений на качество зерна озимой пшеницы Заларинка
в опыте 6 (1997/98 г.)

N	Вариант	Белок, %	Клейковина, %		Степень гидратации клейковины, %
			сырая	сухая	
1	Контроль	13,8	39,7	13,8	188
2	P ₃₀ K ₃₀	13,7	40,9	14,0	192
3	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	14,0	40,7	13,8	194
4	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	14,2	40,2	13,8	191
5	N ₉₀ P ₃₀ K ₃₀	14,3	41,6	14,0	198

По показателям физических свойств (растяжимость, упругость, эластичность) клейковина в опыте 6 относится к первой группе качества. Степень гидратации клейковины повышенная, что свидетельствует о ее хороших технологических свойствах.

Таким образом, представленные выше данные показывают, что в опыте 6 при посеве озимой пшеницы Заларинка по паровому предшественнику в варианте без применения удобрений (контроль) формируется зерно, которое по содержанию белка (13,8%) и клейковины (39,7%) в соответствии с принятой классификацией характеризуется как ценное. В вариантах с внесением азотного удобрения содержание белка и клейковины в зерне повышается соответственно до 14,0-14,3% и 40,7-41,6%, то есть до показателей, свойственных сортам сильных пшениц.

2. СРЕДНИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЗА 5 ЛЕТ

Как видно из представленных выше результатов полевых опытов, качество зерна пшеницы Заларинка (содержание белка, клейковины) значительно изменяется по годам, а в каждом из опытов - по вариантам с различным применением удобрений. В связи с тем, что опыты

проводились в условиях стационара и почвенные условия оставались постоянными, различия в качестве зерна по годам в основном были обусловлены изменениями агроклиматических условий, элементов агротехники (предшественник в севообороте, обработка почвы), особенностями погодных условий в период налива и созревания зерна. Результаты опытов показывают, что наиболее высококачественное зерно формируется в годы с благоприятными агроклиматическими условиями, при посеве озимой пшеницы по чистому пару, когда почва наиболее высоко обеспечена запасами подвижных форм азота и продуктивной влаги. По непаровым предшественникам (однолетние и многолетние травы), особенно при получении высокого урожая, зерно озимой пшеницы содержит пониженный процент белка.

Значительные изменения в качестве зерна наблюдаются ежегодно по вариантам опытов в зависимости от видов и доз применяемых удобрений и способов их внесения. При изучении влияния различных удобрений на качество зерна было установлено, что наибольший эффект оказывает применение средних и повышенных доз азота, при внесении их в виде основного удобрения (перед посевом), а также весенней азотной подкормки. Однако по годам эффективность действия азотных удобрений на качество зерна не остается постоянной, а изменяется в зависимости от агроклиматических условий, агротехники, уровня урожая.

В связи с большой изменчивостью по годам качества зерна, а в пределах одного года - в зависимости от применения удобрений и агротехники, по вариантам опытов проведена обработка многолетних данных и получены средние показатели содержания белка и клейковины в зерне, которые могут служить обобщенными показателями качества пшеницы Заларинка..

В табл. 10.2.1 приведены средние данные за 5 лет по содержанию белка в зерне в вариантах, которые применялись в опытах во все годы. Исключение составляет вариант $N_{90}P_{45}K_{45}$, в котором средние данные представлены за 4 года, так как в одном из опытов (1994 г., опыт 2) этот вариант не применялся. Следует отметить, что период наших исследований охватывает годы значительно различающиеся по гидротермическим условиям. Так, в расчетный период входит один очень засушливый год (1993), два года с дефицитом влаги в весенне-летний период (1995 и 1997) и два года с нормальными условиями увлажнения

(1994 и 1998). Весьма значительны различия по годам и в агротехнике: в 1992 и 1994 гг. посев производили по непаровому предшественнику, а в 1993, 1996 и 1997 гг. предшественником служил пар.

Как видно из представленных в табл. 10.2.1 обобщенных средних данных, пшеница Заларинка характеризуется высоким содержанием белка в зерне. При выращивании без применения удобрений (контроль) содержание белка в зерне в среднем за 5 лет составило 13,0%. Сорт Заларинка очень сильно реагирует на уровень применяемой агротехники: по паровому предшественнику в контрольном варианте (без применения удобрений) содержание белка в зерне в среднем за три года повысилось до 14,0%, что соответствует нижнему пределу содержания белка в группе высокобелковых пшениц. В отдельные годы (опыт 5, 1997 г.) при посеве по пару без применения удобрений количество белка в зерне может повышаться до 15,3%. По непаровому предшественнику зерно формируется более низкого качества - в среднем за два года процент белка в зерне составил 11,4. Таким образом, на серой лесной почве при посеве без применения удобрений потенциальные способности Заларинки в накоплении белка в зерне наиболее полно проявляются при размещении ее по чистому пару.

Ранее, при обсуждении результатов полевых опытов за отдельные годы отмечалось, что применение азотного удобрения способствует не только повышению урожая, но и улучшению качества зерна. Из обобщенных данных табл. 10.2.1 видно, что при внесении средней и повышенной дозы азота на невысоком фоне фосфорно-калийного удобрения содержание белка в зерне в целом за 5 лет повышается по сравнению с контролем в среднем на 0,8-0,9% и достигает уровня 13,8-13,9%. При этом наиболее значительное влияние на белковость зерна оказывает применение азотного удобрения по паровому предшественнику, когда в почве содержатся повышенные запасы доступных для растений форм азота. Так, в варианте $N_{60}P_{30-45}K_{30-45}$ по паровому предшественнику в среднем за три года содержание белка в зерне составило 14,8%, а при посеве по непаровому предшественнику в среднем за два года зерно имело более низкий показатель содержания белка - 12,4%. В варианте с применением повышенной дозы азота ($N_{90}P_{30-45}K_{30-45}$) проявляется та же закономерность во влиянии различных предшественников на качество зерна: наиболее значительно возрастает содержание белка в зерне при

посеве пшеницы по пару, достигая в среднем за два года 15,0%; по непаровому предшественнику этот показатель ниже и составляет 12,7%. В варианте с повышенной дозой азота (90 кг/га) при посеве пшеницы по пару в 1997 г. был получен урожай зерна с наиболее высоким содержанием белка - 15,7%.

Таблица 10.2.1

Среднее содержание белка в зерне озимой пшеницы Заларинка по вариантам опытов и предшественникам, %

Вариант	В среднем за 5 лет	Предшественник	
		черный пар	занятый пар
Без удобрений (контроль)	13,0	14,0	11,4
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	12,4	13,7	10,6
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	13,9	14,8	12,4
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	13,8*	15,0	12,7

* Среднее за 4 года

Как было установлено ранее, на почвах опытного участка, содержащих высокие запасы фосфора и калия, дополнительное внесение под озимую пшеницу фосфорно-калийного удобрения без азота оказывает неблагоприятное влияние на продуктивность растений и качество урожая. Как видно из табл. 10.2.1, при одностороннем внесении фосфорно-калийного удобрения (вариант P₃₀₋₄₅K₃₀₋₄₅) в среднем за 5 лет содержание белка в зерне снизилось по сравнению с контролем (без удобрения) на 0,6%. Показатель белковости зерна в этом варианте при посеве пшеницы как по пару, так и по непаровому предшественнику оставался более низким, чем в контроле. В варианте с внесением фосфорно-калийного удобрения наиболее значительное снижение содержания белка в зерне - на 1,2% по отношению к контролю - отмечено в опыте 1993 г. (предшественник занятый пар). Установленные особенности влияния фосфорно-калийного удобрения на качество зерна необходимо учитывать при разработке системы удобрений озимой пшеницы на почвах с высоким содержанием фосфора и калия.

Таким образом, из представленных выше обобщенных данных видно, что пшеница Заларинка характеризуется высоким содержанием белка (в среднем за 5 лет по всем предшественникам при внесении NPK количество белка в зерне составляет 13,8-13,9%, по пару - 14,8-15,0%), что соответствует стандартным показателям качества современных сортов и гибридов озимой пшеницы. По занятому пару во всех вариантах опыта зерно формируется с более низким содержанием белка.

Ранее, при характеристике качества зерна пшеницы Заларинка в полевых опытах было отмечено высокое обогащение зерна клейковиной и показано, что содержание клейковины, как и белка, подвержено значительным колебаниям по годам, а также по вариантам опытов в зависимости от применения удобрений. Для получения средних многолетних показателей содержания сырой клейковины в зерне пшеницы Заларинка проведена обработка полевых опытов за 5 лет, результаты которой представлены в табл. 10.2.2. При этом обобщены данные о влиянии удобрений на содержание клейковины в зерне по вариантам опытов, а также в зависимости от элементов агротехники (различные предшественники в севообороте).

Как видно из данных табл. 10.2.2, средние показатели содержания клейковины во всех вариантах опытов достигают высоких уровней, характерных для зерна озимой пшеницы с лучшими технологическими качествами (зерно первого класса). Наиболее низкий показатель содержания сырой клейковины в зерне контрольного варианта (без удобрений) и составляет в среднем за 5 лет 37,3%. (Для сравнения отметим, что для зерна первого класса нижний предел содержания клейковины 28%). По годам в связи с изменением агрометеорологических условий отмечаются колебания этого показателя на 4-9% от среднего величины. Однако, даже при наиболее значительном понижении этого показателя в варианте без применения удобрений, он не опускается ниже уровня, характерного для зерна первого класса.

Как отмечалось выше при характеристике влияния удобрений на качество зерна в отдельных опытах, одностороннее применение фосфорно-калийного удобрения (вариант РК) в разные годы оказывало неоднозначное влияние на накопление клейковины, несколько понижая, или повышая ее содержание в зерне. Однако, как видно из табл. 10.2.2, в целом за годы опытов средний показатель содержания клейковины в этом

варианте не имеет отличий от контроля (без удобрений). При посеве по черному пару в зерне происходит небольшое увеличение количества клейковины по сравнению с контролем, а по непаровому предшественнику - заметное снижение ее содержания.

Таблица 10.2.2

Среднее содержание сырой клейковины в зерне озимой пшеницы Заларинка по вариантам опытов и в зависимости от предшественника, %

Вариант	В среднем за 5 лет	Предшественник	
		черный пар	занятый пар
Без удобрения (контроль)	37,3	41,2	34,1
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	37,3	42,1	30,0
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	42,3	43,5	40,4
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	42,0 *	44,3	38,4

* Среднее за 4 года

Применение азотного удобрения как отдельно, так и совместно с небольшими дозами фосфора и калия (полное удобрение), способствует дальнейшему накоплению клейковины в зерне. Из представленных данных в табл. 10.2.2 видно, что в вариантах с внесением полного удобрения содержание клейковины повышается, и в среднем за все годы опытов этот показатель достигает 42,0-42,3%, что на 5% превышает контроль. По годам отмечаются значительные колебания в содержании клейковины: максимальный показатель содержания клейковины в варианте с применением повышенной дозы азота составил 47,0%, а минимальный - 34,9%. Следует также отметить, что по эффективности влияния на накопление клейковины в зерне средняя и повышенная дозы азота не имеют больших различий.

Повышению содержания клейковины в зерне способствует также применение весенней азотной подкормки озимой пшеницы. Как было показано ранее, при характеристике влияния удобрений на качество зерна в опытах 1 и 2, внесение весенней азотной подкормки повышает содержание клейковины в зерне на 2,5-3,5% по сравнению с предпосевным (одноразовым) применением удобрений.

Как видно из табл. 10.2.2, на содержание клейковины оказывают также влияние отдельные приемы агротехники, в частности предшественник в севообороте. Так, в зерне пшеницы, выращиваемой по предшественнику черный пар, который обеспечивает повышенный уровень азотного питания растений, накапливается более высокое количество клейковины. В варианте без применения удобрений при посеве по черному пару в зерне содержится в среднем 41,2% клейковины, а при посеве по занятому пару значительно меньше - 31,4%. Во всех других вариантах опытов с применением удобрений черный пар также имеет преимущество по сравнению с занятым паром в накоплении клейковины в зерне.

Выше были представлены обобщенные данные о влиянии агротехники и применения удобрений на важнейшие показатели качества зерна озимой пшеницы Заларинка - содержание белка и сырой клейковины, от которых зависит питательная ценность и хлебопекарные свойства муки. В литературе имеются данные, что в нормально развитом и созревшем зерне пшеницы отношение сырой клейковины к белку величина достаточно постоянная и для большинства ранее возделываемых сортов составляет 2,2 (Козьмина, 1961). На основании обобщения большого числа данных по характеристике качества зерна П.Е.Суднов (1965) установил, что в зависимости от почвенно-климатических условий, погодных особенностей в период налива и созревания зерна показатель отношения сырой клейковины к белку в зерне может изменяться в пределах от 1,8 до 2,3. На основании имеющихся в литературе обобщенных данных о содержании белка и сырой клейковины в зерне озимой пшеницы (Самсонов, 1967) нами были произведены расчеты отношения сырой клейковины к белку для различных районов возделывания этой культуры в Европейской части России. Как показали эти расчеты, отношение сырой клейковины к белку в озимой пшенице в большинстве случаев находится в пределах 2,2-2,3. Однако в отдельные годы, отличающиеся по климатическим условиям, это отношение может изменяться как в сторону увеличения, так и понижения. Простые подсчеты также показывают, что у озимой пшеницы первого класса, в которой согласно ГОСТу нижний предел содержания белка составляет 14%, а количество сырой клейковины 28% и выше, величина рассматриваемого показателя должна составлять 2,0 и более.

Озимая пшеница Заларинка, для которой характерно высокое содержание сырой клейковины и повышенный процент белка (количество клейковины в среднем по вариантам изменяется от 37 до 42%, белка - от 13,0 до 13,9%) отличается более высоким показателем отношения сырая клейковина: белок. Так, в варианте без применения удобрений в среднем за 5 лет этот показатель составляет 2,9 (колебания по годам от 2,6 до 3,1), при внесении фосфорно-калийного удобрения - 3,0 (колебания от 2,8 до 3,1), в варианте с применением азота - 3,0 (колебания от 2,7 до 3,4). Повышенный показатель отношения сырой клейковины к белку, присущий высококачественному продовольственному зерну, является характерной сортовой особенностью пшеницы Заларинка.

При оценке технологических качеств зерна наряду с определением содержания сырой клейковины и изучением ее физических свойств учитывается также содержание сухой клейковины. Это позволяет установить соотношение между выходом сырой и сухой клейковины, которое зависит от особенностей сорта, определить степень гидратации клейковинных белков - важнейшего их свойства, во многом определяющего хлебопекарные достоинства пшеницы. Ранее, при характеристике качества зерна в отдельных опытах приводились данные о содержании сухой клейковины, отмечалось, что содержание сухой клейковины по годам и вариантам опытов изменяется под влиянием тех же факторов, которые влияют на содержание сырой клейковины (агрометеорологические условия, агротехника, применение удобрений).

В табл.10.2.3 представлены обобщенные данные за 5 лет о содержании сухой клейковины в пшенице Заларинка, а также показатели отношения сырой клейковины к сухой и степень гидратации клейковины. Как видно из этих данных, в содержании сухой клейковины по вариантам опыта проявляются те же закономерности, что и в содержании сырой клейковины. Под влиянием применения азотного удобрения содержание сухой клейковины возрастает по сравнению с контрольным вариантом. Одностороннее внесение фосфорно-калийного удобрения несколько снижает содержание сухой клейковины.

Как показывают литературные данные, соотношение между выходом сырой и сухой клейковины зависит от особенностей сорта, применяемой агротехники и погодных условий и для клейковины хорошего качества этот показатель составляет в среднем 2,8 (Прет, 1967), с

колебаниями от 2,5 до 3 (Коданев, 1970). Как видно из табл. 10.2.3, у пшеницы Заларинка в среднем за 5 лет этот показатель в большинстве вариантов опыта составляет 2,8, а при внесении повышенной дозы азота - 2,9, что соответствует клейковине хорошего качества. По годам колебания этого показателя не выходят за пределы 2,6-3.

Таблица 10.2.3

Содержание сухой клейковины в пшенице Заларинка, показатель отношения между сырой и сухой клейковиной и степень гидратации клейковины, среднее за 5 лет

Вариант	Сухая клейковина, %	Отношение сырой клейковины к сухой	Степень гидратации, %
Без удобрений (контроль)	13,4	2,8	178
P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	13,2	2,8	182
N ₆₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅	14,9	2,8	184
N ₉₀ P ₃₀₋₄₅ K ₃₀₋₄₅ *	14,6	2,9	188

* Среднее за 4 года

Как видно из табл. 10.2.3, клейковина пшеницы Заларинка характеризуется средней степенью гидратации: по вариантам опыта этот показатель составляет от 178 до 188%. Для сравнения отметим, что согласно обобщенным данным М.Н.Княгиничева (1951) у озимой пшеницы степень гидратации клейковины в среднем составляет 180-200%. Результаты наших полевых опытов показывают, что применение азота в составе полного минерального удобрения заметно повышает гидратационную способность клейковины, что способствует дальнейшему улучшению качества зерна. Погодные условия и применяемая агротехника оказывают менее значительное влияние на изменения по годам показателя степени гидратации клейковины.

Следует также отметить, что в литературе имеются данные, указывающие на ухудшение качества клейковины под воздействием ряда факторов. Ухудшается качество клейковины у зерна захваченного суховеем, морозобойного, пересушенного, проросшего,

самосогревавшегося при уборке урожая или при хранении (Княгиничев, 1951; Вакар, 1961; Козьмина, 1961; Суднов, 1965; Коданев, 1970; и др.). Снижение качества зерна происходит также при повторных посевах озимой пшеницы, особенно когда ее высевают по стерне (Самсонов, 1967), что необходимо учитывать при разработке системы агротехнических мероприятий.

На основании обобщения результатов полевых опытов можно сделать следующие выводы о влиянии удобрений и некоторых элементов агротехники на питательную ценность и хлебопекарные качества зерна озимой пшеницы Заларинка.

1. В условиях опытного участка (серая лесная почва с повышенным содержанием фосфора и калия) при посеве по черному пару без применения удобрений в среднем за три года содержание белка в зерне составило 14%, а при внесении азота в составе полного удобрения - 15%, что соответствует стандартам качества зерна первого класса.

2. При посеве пшеницы по непаровому предшественнику (по данным двухлетних опытов) качество зерна ухудшается: в варианте с применением азотного удобрения содержание белка в зерне снижается до 12,7%, а в варианте без азотного удобрения - до 11,4%.

3. В среднем за 5 лет (по паровому и непаровому предшественникам) в варианте с внесением азотного удобрения содержание белка в зерне составляет 13,8-13,9%, что близко соответствует нижнему уровню содержания белка в зерне пшеницы первого класса. В варианте без применения азотного удобрения содержание белка в зерне несколько ниже и в среднем за годы опытов составляет 13%.

4. На почвах опытного участка эффективное влияние на качество зерна пшеницы Заларинка оказывают лишь полные удобрения, содержащие в своем составе среднюю и повышенную дозы азота. Применение в одностороннем порядке фосфорно-калийного удобрения приводит к нарушению азотно-фосфорного баланса в питании растений и к снижению содержания белка в зерне (в среднем по всем опытам на 0,6% по сравнению с контролем).

5. Пшеница Заларинка отличается высокими хлебопекарными качествами: зерно полученное в опытах по пару с применением азотного

удобрения в среднем за два года содержит 44,3% сырой клейковины, а без внесения азота - 41,2%. По непаровому предшественнику показатели содержания сырой клейковины несколько ниже и составляют, соответственно, 38,4 и 34,1%.

6. В среднем за 5 лет по паровому и непаровому предшественникам в варианте с внесением азотного удобрения содержание сырой клейковины в зерне составляет 42%, а без применения удобрений - 37,3%, что превышает показатели зерна первого класса. По качеству (упругость, растяжимость, эластичность) клейковина относится к первой группе. Клейковина обладает повышенной набухаемостью и при замесе дает хлеб большого объема, обладающий при выпечке хорошей пористостью.

7. Как показывают выполненные исследования, озимая пшеница Заларинка при посеве ее по лучшим предшественникам и внесении оптимальных доз азота в составе полного удобрения формирует высококачественное зерно, содержащее 14% и более белка, 35-40% и выше клейковины, и по хлебопекарным качествам соответствует сильной пшенице.

ГЛАВА 11. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО АГРОТЕХНИКЕ

Важным условием получения высоких урожаев с хорошим качеством продукции является не только внедрение новых высокопродуктивных сортов, но и применение при их возделывании комплекса агротехнических приемов, обеспечивающих максимальную реализацию потенциальной продуктивности сорта. Разработка и совершенствование сортовой агротехники осуществляется в зональных научно-исследовательских институтах и опытных сельскохозяйственных станциях при проведении специальных многолетних полевых и производственных опытов. В настоящее время в сельскохозяйственной литературе опубликовано большое количество работ, в которых обобщены данные научных исследований и опыт производственной практики по агротехническим приемам повышения урожая и улучшения качества зерна районированных сортов озимой пшеницы в различных почвенно-климатических зонах. Однако, многие агротехнические приемы, разработанные для основных районов возделывания озимой пшеницы в

Европейской части России, не могут быть использованы в Средней Сибири в связи с почвенно-климатическими особенностями этого региона.

Иркутская область имеет многовековой опыт земледелия, однако озимая пшеница здесь ранее не возделывалась, так как отсутствовали сорта, обладающие высокой морозостойкостью, способные успешно переносить суровые малоснежные зимы и давать высокие урожаи зерна хорошего качества. Из озимых зерновых культур в Иркутской области в настоящее время на сравнительно небольшой площади возделывают местные сорта озимой ржи, которую в основном используют на фуражные цели: (для ранней зеленой подкормки скота, заготовки силоса) и в меньшей мере для получения зерна (Система земледелия Иркутской области, 1981; Система ведения сельского хозяйства Иркутской области, 1988). Однако, в связи с различиями биологических особенностей озимой ржи и пшеницы и разным хозяйственным назначением посевов, агротехника, применяемая при выращивании озимой ржи не может быть эффективно использована при возделывании озимой пшеницы для получения высокого урожая зерна с хорошими питательными и хлебопекарными свойствами.

Поэтому, в задачу наших полевых опытов с озимой пшеницей на Заларинском стационаре входило не только исследование биологических особенностей озимой пшеницы, агрохимических свойств почв, определение эффективности применения удобрений под эту культуру, но и изучение влияния некоторых агротехнических приемов для регулирования условий жизни растений в целях получения высокого урожая (предшественник в севообороте, сроки и нормы высева, способы посева, применение удобрений, определение оптимальной густоты стеблестоя, при которой формируется наивысший урожай).

На основании полученных на Заларинском стационаре экспериментальных данных об эффективности агротехнических приемов при выращивании озимой пшеницы, с учетом рекомендаций по земледелию и растениеводству в Иркутской области (Система ведения сельского хозяйства Иркутской области, 1988) технология возделывания озимой пшеницы в местных условиях должна включать следующие агроприемы.

Выбор лучших предшественников под озимую пшеницу - важное условие получения высокого и устойчивого урожая. До разработки и введения специальных севооборотов озимая пшеница может успешно возделываться в уже освоенных севооборотах, при размещении ее по наилучшим предшественникам. В наших полевых опытах, как было показано выше, по накоплению влаги наилучшим предшественником служил чистый пар. Как показали наблюдения, по чистому пару перед посевом озимой пшеницы в слое почвы 0-60 см запас продуктивной влаги в среднем накапливается на 26% выше, чем по непаровому предшественнику. При достаточной влагообеспеченности растения с осени хорошо развиваются, успешно перезимовывают, а весной лучше переносят засуху.

Черный пар, как предшественник, существенно улучшает и питательный режим почвы, способствует мобилизации доступных для растений питательных веществ. При посеве по черному пару, как было установлено в полевых опытах, благодаря интенсивному развитию процессов аммонификации и нитрификации в почве накапливаются высокие запасы минеральных форм азота, особенно нитратного, что при достаточном уровне обогащения почвы фосфором и калием обеспечивает формирование высоких урожаев озимой пшеницы.

В период парования поле, отводимое под озимую пшеницу, с помощью послойных и поверхностных обработок почвы должно быть хорошо очищено от сорняков. Способы обработки почвы в черном пару для борьбы с сорняками, количество обработок устанавливаются в зависимости от степени засоренности поля, видов сорняков и условий увлажнения почвы в весенне-летний период (Система земледелия Иркутской области, 1981).

Хорошим предшественником озимой пшеницы в годы с благоприятными условиями увлажнения служит также занятый пар. Под занятые пары целесообразно отводить поля не засоренные или слабо засоренные корневищными и корнеотпрысковыми сорняками. В качестве парозанимающих культур в лесостепи Иркутской области могут быть использованы однолетние и многолетние травы, убираемые в ранние сроки на зеленый корм.. В наших опытах в качестве предшественников озимой пшеницы испытывали горохо-овсяную смесь на сено и донник второго года пользования.

Занимая предшественником поле, предназначенное для посева озимой пшеницы, следует помнить, что в данном регионе срок от уборки предшественника до сева озимых очень короткий, и поэтому нельзя запаздывать с уборкой парозанимающей культуры. Период, в который следует выполнить уборку культуры, занимающей поле, произвести обработку почвы для борьбы с сорняками и накопления влаги, подготовить почву к посеву, должен составлять не менее одного месяца.

В опыте 3 в 1995 г. по предшественнику горохо-овсяная смесь при благоприятных условиях увлажнения, высокой обеспеченности растений питательными веществами, оптимальной густоте продуктивного стеблестоя, получен очень высокий урожай зерна озимой пшеницы Заларинка.

Донник, как предшественник озимой пшеницы, испытывался в опыте 1. Наблюдения показали, что донник способствует повышению почвенного плодородия, оставляя в почве значительное количество богатых азотом корневых остатков и улучшая почвенную структуру. Но при этом донник расходует из почвы значительное количество влаги. Однако обильные осадки, обычно выпадающие в предпосевной период на вспаханную почву, хорошо увлажняют почвенную толщу и создают в ней высокий запас продуктивной влаги. В осенний период растения озимой пшеницы в опыте 1 развивались нормально и в хорошем состоянии ушли в зиму. Перезимовка озимой пшеницы также проходила удовлетворительно.

Однако в летний период 1993 г. в связи с сильной засухой, охватившей значительную часть лесостепной зоны Иркутской области, условия роста и развития растений в опыте 1 значительно ухудшились. При этом, на большой площади отмечалась гибель яровой пшеницы от засухи. Засуха нанесла также значительный ущерб посевам озимой пшеницы в опыте 1. В связи с сильным иссушением верхних слоев почвы, недостаточным влагообеспечением растений, на делянках сформировался низкорослый изреженный стеблестой с мелким колосом. В вариантах без применения удобрений получен низкий урожай зерна озимой пшеницы, а в вариантах с внесением полного минерального удобрения - средний урожай. Анализ роста и развития озимой пшеницы в осенний и весенне-летний период вегетации показывает, что низкая продуктивность растений в опыте 1 не является следствием влияния донника как предшественника на урожай, а служит результатом сильной летней засухи.

Обобщение данных по урожайности озимой пшеницы в годы опытов по разным предшественникам показывает, что по пару и непаровому предшественнику средние урожаи не имели значительных различий, особенно в вариантах с применением средних и повышенных доз азота совместно с фосфорно-калийным удобрением.

Оптимальные сроки сева и нормы высева имеют большое значение для роста и развития озимой пшеницы и оказывают существенное влияние на ее урожайность и качество зерна. В различных земледельческих районах оптимальные сроки сева озимой пшеницы могут значительно отличаться, что обусловлено зональными почвенно-климатическими условиями и особенностями возделываемых сортов. По годам сроки сева несколько изменяются в зависимости от погодных условий в осенний период, качества подготовки почвы и степени ее увлажнения.

В литературе приводится большое количество экспериментальных данных, в которых показано, что во всех районах возделывания при посеве в очень ранние сроки озимая пшеница осенью перерастает, сильно кустится, у нее снижается способность к закаливанию, а в период зимовки происходит значительный выпад растений, что ведет к изреживанию посевов и снижению урожая. (Носатовский, 1965; Суднов, 1965; Самсонов, 1967; Коданев, 1970; Уланова, 1975; Пруцков, 1977; Агротехника высокопродуктивных сортов зерновых культур, 1977; Стихин, Денисов, 1977; Губанов, Иванов, 1988; и др.). Напротив, при поздних сроках сева, в неблагоприятных агрометеорологических условиях осеннего периода происходит слабое развитие растений, они не успевают раскуститься к началу зимовки. Такие отстающие в развитии растения имеют слабую корневую систему, накапливают недостаточное количество питательных и защитных веществ, сильнее подвергаются вымерзанию, снижают продуктивность.

При посеве озимой пшеницы в оптимальный срок по лучшему предшественнику, когда в почве содержатся высокие запасы влаги и питательных веществ, при благоприятных условиях роста и развития растений формируется наиболее высокий урожай зерна, соответствующий потенциальной продуктивности сорта. Оптимальный срок сева устанавливается для каждого сорта озимой пшеницы в конкретных почвенно-климатических условиях района ее выращивания. Ориентиром

для выбора оптимального срока посева озимой пшеницы может служить среднесуточная температура воздуха, которая к началу посева должна быть 14-17⁰ (Губанов, Иванов, 1988).

Как установлено в результате трехлетних (1991-1994 гг.) опытов на Заларинском стационаре (Дорофеев, 1995, 1997), лучшим сроком посева для всех испытывавшихся селекционных линий озимой пшеницы является 25 августа. При посеве в этот срок растения имеют лучшую степень перезимовки и дают более высокий урожай. Показано, что при посеве в более ранний срок (15 августа) растения в осенний период развиваются лучше и имеют повышенную кустистость, хорошо сформированный узел кущения, но обладают очень слабой морозостойкостью. У растений позднего срока сева (5 сентября) из-за отсутствия развитого узла кущения и слабой корневой системы, при отрастании после перезимовки наблюдается значительная гибель растений.

Как показали результаты обобщения пятилетних полевых опытов с сортом Заларинка, при посеве 20-25 августа растения удовлетворительно переносят перезимовку и при благоприятных условиях внешней среды формируют высокий урожай с хорошим качеством зерна. Измерения температуры воздуха в дни посева показали, что среднесуточная температура в целом за годы опытов составила 14,6⁰ (с колебаниями по годам от 13 до 17⁰), что соответствует температурному режиму, характерному для оптимального срока сева. Этот срок (20-25 августа) для пшеницы Заларинка и может быть принят в качестве оптимального срока посева в данном регионе. Однако в связи с большим разнообразием почвенно-климатических условий по округам Иркутской лесостепи, микроклиматическими особенностями полей, отводимых под озимую пшеницу, а также в зависимости от увлажнения пахотного слоя почвы, срок посева пшеницы может несколько изменяться.

Норма высева семян - важный агротехнический прием, направленный на формирование оптимальной густоты стояния растений и продуктивных стеблей на единице площади, как решающего условия получения высокого урожая. От нормы высева, густоты размещения семян в почве зависит площадь питания растений, их кустистость, облиственность, продуктивность и качество урожая. Оптимальная норма высева семян, как и лучшие сроки посева озимой пшеницы, изменяется в зависимости от зональных почвенно-климатических условий, плодородия

почв и их агрофизических свойств, применения удобрений, особенностей сорта. В Европейской части России, где расположены основные площади посева этой культуры, по мере продвижения с юго-востока на северо-запад норма высева озимой пшеницы несколько увеличивается в связи с понижением полевой всхожести семян в лесостепи (и особенно в лесной зоне на оподзоленных почвах), и низкой общей выживаемостью растений. По обобщенным данным государственных сортоиспытательных участков и научно-исследовательских учреждений (Уханова, 1971; Агротехника высокопродуктивных сортов зерновых культур, 1977) в Центральных районах Нечерноземной полосы районированный сорт озимой пшеницы Мироновская 808 наивысший урожай дает при норме высева 5,5-6,5 млн. всхожих семян на 1 га. На отдельных сортоучастках этот сорт реагировал повышением урожая на увеличение нормы высева до 7-7,5 млн. всхожих семян на 1 га. В зоне черноземных почв норма высева озимой пшеницы колеблется от 3-3,5 млн. всхожих семян на 1 га в южных засушливых районах до 4,5-6 млн. семян во влажных районах с неблагоприятными условиями перезимовки и при запоздании с посевом (Губанов, Иванов, 1988).

На Заларинском стационаре исследования эффективности различных норм высева озимой пшеницы проводились Н.В.Дорофеевым (1991) в полевом опыте 1990/91 г. Сравнивалось влияние различных норм высева (5, 6, 7 и 8 млн. всхожих семян на 1 га) на перезимовку и урожай озимой пшеницы различных селекционных линий. Посев производился в лучший срок - 25 августа. Установлено, что наибольшее число перезимовавших растений у всех линий наблюдается при норме высева 5 млн. всхожих семян на 1 га. Однако, между нормами высева 5 и 6 млн. всхожих семян на 1 га по этому показателю больших различий нет. У большинства линий наиболее высокие показатели урожайности (40-46 ц/га) получены в вариантах с нормой высева 5 млн. всхожих семян на 1 га. При дальнейшем увеличении нормы высева урожай несколько снижался. Однако у линии 4 (сорт Заларинка) максимальный урожай 45 ц/га получен в варианте с нормой высева 8 млн. всхожих семян на 1 га. На основании полученных в этом опыте данных для испытываемых линий озимой пшеницы лучшей была рекомендована норма высева 5 млн. всхожих семян на 1 га (Дорофеев, 1991).

В 1992-1998 гг. в наших полевых опытах на стационаре наряду с исследованием влияния минеральных удобрений на урожай озимой пшеницы Заларинка проводилось также изучение эффективности действия различных норм высева семян на продуктивность посевов. В различных опытах испытывалась посевная норма 4, 6 и 8 млн. всхожих семян на 1 га, посев которых производился как обычным рядовым способом, так и перекрестным.

Как показали результаты опытов, при норме высева 4 млн. всхожих семян на 1 га вследствие невысокой полевой всхожести семян и пониженной общей выживаемости растений посевы к концу вегетации имеют большую изреженность и дают низкий урожай. В опыте 1 (с нормой высева 4 млн. семян) на урожай крайне неблагоприятное влияние оказала также летняя засуха, значительно снизившая продуктивность растений. В этом опыте урожай зерна в контроле (без удобрений) при числе колосоносных стеблей 313 на 1 м² составил 13,8 ц/га, а в варианте N₉₀P₄₅K₄₅ (число колосоносных стеблей 368) - 18,9 ц/га. В опыте 5, в котором норма высева составляла 4 млн. всхожих семян на 1 га, весной в период снеготаяния на одной из повторностей опыта проходил интенсивный сток талых вод, что привело к развитию эрозии почвы, повреждению и гибели растений на делянках. В последующем делянки этой повторности опыта, на которой вследствие эрозии погибла большая часть растений, были исключены из учета, что затруднило в этом опыте сделать объективное заключение о влиянии нормы высева на урожай.

При норме высева 6 млн. всхожих семян (опыты 2 и 3) посевы перед уборкой урожая имели оптимальную численность колосоносного стеблестоя (500-600 шт./м²), особенно в вариантах с внесением полного минерального удобрения. В опыте 2, в котором посев производился обычным рядовым способом, перед уборкой число колосоносных стеблей в контроле (без удобрения) составляло 472 на 1 м², урожай получен 27,2 ц/га; в варианте N₆₀P₄₅K₄₅ численность колосоносных стеблей достигала 595 на 1 м², а урожай составил 31,6 ц/га. Следует отметить, что в опыте 2 в период формирования и налива зерна растения испытывали дефицит влаги, что оказало неблагоприятное влияние на структуру колоса (низкая озерненность, щуплое легковесное зерно). В связи с этим показатели урожая в этом опыте намного ниже потенциальных возможностей сорта.

В опыте 3 норма высева также составляла 6 млн. всхожих семян на 1 га, однако посев был произведен перекрестным способом. Это способствовало созданию более благоприятных условий питания, лучшему развитию растений, повышению продуктивной кустистости как важного условия формирования высокого урожая. Во всех вариантах этого опыта колос в сравнении с другими опытами отличался лучшими показателями структуры (озерненность, масса 1000 зерен) и наиболее высокой продуктивностью, что и обеспечило получение максимального урожая. Так, в контроле (без удобрения) при численности колосоносных стеблей 530 на 1 м² урожай зерна составил 52,2 ц/га, а в варианте N₉₀P₄₅K₄₅ с повышенным числом колосоносных стеблей (670 на 1 м²) урожай получен 63,9 ц/га.

Влияние высокой нормы высева (8 млн. всхожих семян на 1 га) на урожай Заларинки испытывали в опыте 6. Посев производился в оптимальный срок (25 августа), способ посева - перекрестный. В этом опыте во все периоды вегетации растения развивались в условиях высокого загущения. В результате этого отмечалось значительное снижение продуктивной кустистости растений и некоторое уменьшение массы 1000 зерен. Однако благодаря высокой численности колосоносного стеблестоя и повышенной продуктивности колоса в опыте 6 получен высокий урожай зерна: в контроле (без удобрений) при численности колосоносных стеблей 632 на 1 м² - 41,3 ц/га, в варианте N₉₀P₃₀K₃₀ с количеством колосоносных стеблей 773 на 1 м² - 59,2 ц/га. Следует отметить, что полученный в этом опыте урожай ниже чем в опыте 3, в котором норма высева составляла 6 млн. всхожих семян на 1 га.

Результаты полевых опытов показывают, что для озимой пшеницы Заларинка на серой лесной почве стационарного участка лучшей является норма высева 5-6 млн. всхожих семян на 1 га, внесенных в почву с помощью перекрестного способа посева. При благоприятных условиях перезимовки и нормальных условиях увлажнения в летний период такие посевы к периоду уборки урожая имеют оптимальную численность колосоносного стеблестоя (600-700 на 1 м²), что обеспечивает получение высокого урожая, соответствующего потенциальной продуктивности сорта. Увеличение нормы высева до 7-8 млн. всхожих семян на 1 га не обеспечивает дальнейшего повышения урожая.

Применение удобрений - важнейший агротехнический прием в системе мероприятий, направленных на достижение высоких урожаев и повышение плодородия почв. Озимая пшеница по биологическим особенностям очень требовательна к условиям произрастания и, в частности, к содержанию и соотношению питательных элементов в почве. Применение удобрений повышает плодородие почвы, устраняет дефицит питательных элементов в почве и улучшает сбалансированность соотношения элементов питания, что обеспечивает оптимизацию минерального питания растений и формирование высокого урожая с хорошим качеством.

Как показывают обобщенные данные Географической сети опытов с удобрениями и результаты исследований сортоиспытательных участков, действие удобрений под озимую пшеницу проявляется неодинаково в различных почвенно-климатических зонах в зависимости от типа и свойств почвы, особенностей климата (Минеев, Ивлев, 1975; Агротехника высокопродуктивных сортов зерновых культур, 1977; Стихин, Денисов, 1977; Губанов, Иванов, 1988). Однако и в пределах одного типа почв эффективность действия удобрений по полям может значительно изменяться в зависимости от различий в агрохимических свойствах почвы, механическом составе, в степени окультуренности почвы, применяемой агротехнике (предшественник в севообороте, система обработки почвы).

В Иркутской области озимая пшеница ранее не возделывалась, так как отсутствовали высокоморозостойкие сорта, способные успешно переносить суровые климатические условия в период перезимовки. С созданием нового сорта озимой пшеницы Заларинка, адаптированного к зимним условиям лесостепной зоны Иркутской области, начали проводиться исследования влияния минеральных удобрений на рост, развитие и урожай этого сорта озимой пшеницы. Исследования проводились в 1992-1998 гг. в крупноделяночных опытах на Заларинском стационаре Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН в лесостепной зоне Иркутской области. Полевые опыты проводились на серой лесной суглинистой почве с низким содержанием гумуса и азота и высокими запасами легкодоступных для растений соединений фосфора и калия. Основные результаты исследований влияния минеральных удобрений на плодородие почв, рост и развитие озимой пшеницы Заларинка, на элементы структуры урожая и его качество были

представлены выше, в соответствующих главах монографии. На основании этих исследований разработаны рекомендации по эффективному применению удобрений, учитывающие биологические особенности озимой пшеницы Заларинка, агрохимические свойства и плодородие серых лесных почв, на которых проводились полевые опыты.

1. При размещении озимой пшеницы по пару рекомендуется перед посевом внесение средней дозы азота (60 кг/га) совместно с небольшими дозами фосфора (30 кг/га) и калия (30 кг/га). Применение указанной дозы азота в составе полного удобрения обеспечило в годы опытов получение урожая зерна в среднем 38,3 ц/га, что на 6,9 ц/га, или на 22%, превышает урожай на контроле (без удобрений).

2. Применение по пару повышенной дозы азота (90 кг/га) в составе полного удобрения (с указанными выше дозами фосфора и калия) способствует дальнейшему увеличению урожая - сбор зерна в годы опытов в среднем составил 41,4 ц/га, прибавка урожая к контролю возросла до 10 ц/га, что составляет 32%. При этом содержание белка в зерне повышается до уровня, соответствующего показателям сильной пшеницы.

3. Испытание высокой дозы азота (120 кг/га), внесенного совместно с фосфором и калием, показало, что по влиянию на урожай озимой пшеницы эта доза не превышает эффективность повышенной дозы азота (90 кг/га). Но при этом в результате избыточного азотного питания происходит значительное загущение стеблестоя за счет образования большого количества непродуктивных стеблей (подгона), ухудшаются условия налива зерна. Внесение высокой дозы азота (120 кг/га) по пару ведет к непроизводительным затратам удобрений, значительному уменьшению их окупаемости.

4. Внесение по паровому предшественнику низкой дозы азота (30 кг/га) в составе полного удобрения не оказывает существенного влияния на урожай - прибавка урожая не превышает ошибки опыта.

5. Применение по пару азота в дозе 90 кг/га и 60 кг/га в чистом виде (без фосфора и калия) менее эффективно, чем внесение в составе полного удобрения. В этих опытах прибавки урожая не достигают критерия существенности.

6. По непаровому предшественнику наиболее существенное влияние на урожай оказывает применение повышенной дозы азота (90 кг/га) в

составе полного удобрения: средний урожай при этом превышает контроль (без удобрений) на 8,4 ц/га, или на 25%. При уменьшении в составе удобрения дозы азота до 60 кг/га прибавка урожая к контролю снижается до 5,8 ц/га, или 18%, что несколько ниже уровня достоверности.

7. По непаровому предшественнику, как и по пару, применение азота в чистом виде (без фосфора и калия) малоэффективно, прибавки урожая при этом не превышают ошибки опыта.

8. На почвах с высоким содержанием фосфора и калия одностороннее применение фосфорно-калийного удобрения (без азота) неэффективно. При внесении фосфорно-калийного удобрения нарушается сбалансированность в минеральном питании растений, что приводит к снижению урожая и ухудшению его качества. Однако на исследованных почвах применение совместно с азотом даже небольшого количества фосфора и калия улучшает минеральное питание растений, повышает степень использования растениями питательных веществ из почвы, что способствует повышению урожая и улучшению его качества.

9. Сравнение эффективности влияния сроков внесения удобрений на продуктивность озимой пшеницы показало, что внесение всей дозы удобрения перед посевом (осеннее внесение) обеспечивает получение такого же, а в засушливый год даже более высокого, урожая зерна, чем при внесении этой дозы в два приема - осенью и весной. Весенняя азотная подкормка в дозе 30 кг/га не обеспечивает повышение урожая зерна, однако улучшает его продовольственные качества - белковость и содержание клейковины.

10. При выращивании озимой пшеницы на других разновидностях лесостепных почв необходимо учитывать агрохимические особенности и плодородие этих почв и вносить соответствующие изменения в систему удобрений. Так, при низкой (или средней) обеспеченности почв фосфорным и калийным питанием доза фосфора и калия в составе удобрительной смеси должна быть повышена до 45-60 кг действующего вещества на 1 га.

Среди агротехнических мероприятий, направленных на получение высоких и устойчивых урожаев озимой пшеницы в регионах с резко континентальным климатом, к которым относится и лесостепная зона

Иркутской области, большое внимание должно быть уделено правильному выбору полей под посевы этой культуры. Как установлено в полевых опытах, озимая пшеница Заларинка в средние по снежности зимы хорошо переносит условия перезимовки в лесостепи Иркутской области. Однако в малоснежные зимы при недостаточном укрытии растений снегом сильные морозы могут вызвать повреждение и гибель растений, особенно на полях, на которых происходит снос ветром снега. Поэтому посевы озимой пшеницы должны размещаться на полях, которые защищены со стороны господствующих ветров лесонасаждениями, снижающими скорость ветра и снос снега с полей. На недостаточно защищенных от выдувания снега полях весьма эффективным приемом накопления и сохранения снега для защиты зимующих растений от вымерзания служит посев высокорослых кулисных растений.

Технология посадки кулис для снегозадержания на посевах озимой пшеницы разработана Н.В.Дорофеевым и А.А.Пешковой на Заларинском стационаре. В качестве высокоэффективной кулисной культуры рекомендуется использовать редьку масличную. Наилучший срок посева кулис 15 июля. Кулисы в виде трехстрочных полос высевают по чистому пару поперек направления господствующих в зимнее время ветров, расстояние между полосами 7 метров. Посев озимой пшеницы производят поперек кулис в оптимальный срок рядовым способом. К этому времени высота растений масличной редьки достигает 15-20 см, но повреждение растений при проходе посевного агрегата бывает незначительным. К началу зимнего периода высота кулис достигает в среднем 70 см. В зимний период кулисы задерживают снежный покров от выдувания, высота его здесь почти в два раза больше в сравнении с посевами по чистому пару. Глубокий снежный покров (40-60 см) надежно защищает посеы озимой пшеницы от вымерзания в суровые морозы.

Для образования в зимнее время однородного по высоте снежного покрова, равномерно покрывающего поле, под озимую пшеницу следует отводить пашню, не имеющую на поверхности сильно развитый микрорельеф (микробугорки, микрозападины).

Не рекомендуется размещать посеы озимой пшеницы на полях, расположенных в глубоких депрессиях рельефа, на днищах узких долин и ложбин, где значительно ухудшаются условия теплообеспеченности растений, а почвенный покров нередко имеет неблагоприятные

химические, водно-физические свойства и структуру, характерные для пыхунистых почв, отличающихся пониженным плодородием.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате многолетних совместных исследований ученых Института цитологии и генетики (Новосибирск) и Сибирского института физиологии и биохимии растений (Иркутск) СО РАН создан новый сорт озимой пшеницы Заларинка, который включен в реестр государственного сортоиспытания. Сорт Заларинка выведен методом селекции из представленной Институтом цитологии и генетики большой коллекции генотипов трансгенных линий озимой пшеницы. Селекционные работы по созданию нового высокозимостойкого сорта озимой пшеницы и его полевые испытания проводились на экспериментальных участках СИФИБР в районе г. Иркутска, а также на стационаре института в Заларинском районе Иркутской области. По почвенно-климатическим условиям экспериментальные участки института и территория стационара располагаются в лесостепной зоне Иркутской области. Полевые опыты с озимой пшеницей проводились на серых лесных почвах, которые доминируют в лесостепи Иркутской области.

Как показали многолетние полевые опыты, сорт Заларинка относится к интенсивному типу и при оптимизации минерального питания и высоком уровне агротехники обеспечивает получение очень высоких урожаев зерна с хорошими хлебопекарными качествами.

Установлено, что новый сорт озимой пшеницы Заларинка успешно переносит суровые условия перезимовки и по своим требованиям к теплу и влаге соответствует агроклиматическим ресурсам лесостепной зоны Иркутской зоны. Однако, в связи с ограниченными резервами суммы активных температур и большими изменениями микроклимата в условиях расчлененного рельефа, посевы озимой пшеницы здесь целесообразно размещать в наиболее теплых местоположениях, исключая депрессии рельефа, склоны северной экспозиции, особенно их нижние части, где обеспеченность растений теплом намного уменьшается.

Озимая пшеница Заларинка в средние по снежности зимы хорошо переносит условия перезимовки в этом регионе. Однако в малоснежные зимы при недостаточном укрытии растений снегом сильные морозы могут значительно повреждать посевы и даже вызывать их гибель. За весь период полевых исследований на Заларинском стационаре (1992-1998 гг.) полная гибель опытных посевов озимой пшеницы от вымерзания отмечалась только в малоснежную суровую зиму 1995/96 г.

Чтобы предохранить растения от вымерзания, посевы озимой пшеницы следует размещать на полях, которые защищены со стороны господствующих ветров лесонасаждениями, снижающими скорость ветра и уменьшающими снос снега с полей. На недостаточно защищенных от выдувания снега полях весьма эффективным приемом накопления и сохранения снега для защиты зимующих растений от вымерзания служит посев высокорослых кулисных растений в виде лент, расположенных поперек направления господствующих в зимнее время ветров. Для создания кулис на посевах озимой пшеницы в Иркутской лесостепи рекомендуется использовать редьку масличную. Так, в суровую малоснежную зиму 1995/96 г., когда произошла гибель опытных растений от вымерзания, на участке, где были посеяны кулисы из масличной редьки, образовался более глубокий снежный покров, который защитил озимую пшеницу от вымерзания.

Водный режим основных типов почв Иркутской лесостепи складывается благоприятно для возделывания озимой пшеницы. Основная влагозарядка почв в этом регионе происходит не весной в период снеготаяния, как это характерно для лесостепи Европейской части России, а во второй половине лета - в начале осени. При этом в толще почвы создаются высокие запасы продуктивной влаги, что способствует быстрому прорастанию семян, хорошему росту и развитию растений в осенний период вегетации, глубокому проникновению корней в толщу почвы (70-100 см). В засушливый весенне-летний период, когда посевы яровых культур в этом регионе страдают от недостатка влаги в верхних слоях почвы, в которых располагается основная масса корней, озимая пшеница благодаря глубоко развитой корневой системе использует влагу из средних и нижних слоев почвы. Накопление и сохранение повышенного запаса влаги в нижних слоях почв, развитых на лессовидных породах (черноземы, темно-серые и серые почвы, лугово-черноземные

почвы), обусловлено сезонной мерзлотой, длительно сохраняющейся в этой части почвенного профиля. Дополнительное использование корнями в период весенне-летней засухи влаги из нижних слоев почвы, когда происходит их оттаивание, устраняет водный дефицит в питании растений, способствует получению высоких и устойчивых урожаев озимой пшеницы.

Исследования плодородия почв Заларинского стационара, где проводились полевые опыты с озимой пшеницей, показали, что серые лесные неоподзоленные легкосуглинистые почвы опытных участков характеризуются высокой обеспеченностью легкодоступными для питания растений соединениями фосфора и калия. Однако уровень эффективного плодородия этих почв невысокий в связи с низким содержанием гумуса и недостаточным обеспечением минеральным азотом. Важным условием повышения почвенного плодородия, улучшения сбалансированности между азотом и фосфором в питании растений, является обогащение почв минеральным азотом, который накапливается при паровой обработке почвы, при посеве бобовых трав, внесении азотного удобрения. На почвах Заларинского стационара азотные удобрения проявляют высокую эффективность при внесении их под озимую пшеницу, размещаемую по непаровым предшественникам, а также высеваемую по пару. При внесении средней и повышенной дозы азота не наблюдается полегания пшеницы, которое обычно происходит при избыточном азотном питании зерновых культур, не отмечается также задержки в созревании урожая.

В полевых опытах изучено действие различных видов минеральных удобрений при их отдельном и совместном применении, определены рациональные дозы и сочетания удобрений, применение которых способствует повышению плодородия почв и получению наиболее высоких урожаев. Показано, что наиболее высокий эффект от действия удобрений проявляется при внесении оптимальной дозы азота совместно с небольшим количеством фосфора и калия, что значительно улучшает условия минерального питания растений. Однако, при одностороннем применении фосфорно-калийного удобрения (без азота) на этих почвах усиливается дисбаланс между азотом и фосфором в питании растений, что ухудшает условия роста и развития растений, снижает урожай и ухудшает его качество.

Применение низкой дозы азота (30 кг/га), как в чистом виде, так и совместно с фосфором и калием, малоэффективно, не оказывает существенного влияния на урожай зерна. Азот удобрения, поступающий в почву в небольшом количестве, используется растениями в основном на прирост вегетативной массы, а урожай зерна увеличивается незначительно. Во всех опытах с внесением низкой дозы азота прибавка урожая по сравнению с контролем (без удобрения) была невелика (2-4 ц/га) и не превышала ошибку опыта.

Более существенное влияние на урожай оказывает средняя доза азота (60 кг/га) при внесении ее совместно с небольшим количеством фосфора и калия (по 30 кг/га каждого элемента). Урожай зерна в этом варианте в целом по всем опытам в сравнении с контролем повышается в среднем на 6,5 ц/га, или на 20%. При этом по годам отмечаются большие колебания величины прибавки урожая (от 3,1 до 12,6 ц/га). Как показала статистическая обработка полученных данных, не все полученные при внесении средней дозы азота прибавки урожая равноценны по своей значимости. Достоверны при 95%-ном уровне вероятности прибавки урожая, имеющие повышенную величину; невысокие же прибавки урожая не достигают критерия существенности и являются недостоверными.

Наиболее высокий урожай во всех опытах обеспечивает применение повышенной дозы азота (90 кг/га) совместно с фосфором и калием. Средний урожай за все годы опытов в этом варианте составляет 41,4 ц/га, прибавка к контролю 9,4 ц/га, или 29%. Во всех опытах полученные прибавки урожая статистически достоверны. Максимальный урожай при внесении повышенной дозы азота получен в опытах с применением перекрестного способа посева, когда была достигнута оптимальная густота продуктивного стеблестоя: сбор зерна по занятому пару составил 63,9 ц/га, по чистому пару - 59,2 ц/га, что превышает урожай на контроле, соответственно, на 11,7 и 17,9 ц/га.

Высокая доза азота (120 кг/га) в составе полного удобрения по влиянию на урожай озимой пшеницы Заларинка в наших опытах не имела существенного преимущества перед повышенной дозой азота (90 кг/га). Однако, в связи с более высоким расходом азота, снижением экономической эффективности окупаемости удобрений, применение высокой дозы азота (120 кг/га) в данных условиях нерационально.

По содержанию белка, который определяет питательную ценность зерна, озимая пшеница Заларинка, выращенная с применением оптимальных доз азотного удобрения, относится к сильным пшеницам (содержание белка 14-15% и более). Результаты полевых опытов показывают, что внесение азотного удобрения, особенно в составе полной тукосмеси, повышает белковость зерна на 0,2-0,4%. Однако при одностороннем применении фосфорно-калийного удобрения (без азота) качество зерна ухудшается - содержание белка в зерне снижается на 0,2-0,7% по сравнению с контролем (без удобрений).

Количество и качество клейковины - основные показатели хлебопекарных качеств зерна. Сорт Заларинка по содержанию клейковины (40-47%), показателям ее физических свойств превышает первый класс, которым оценивается лучшее зерно по хлебопекарным качествам. Применение азотных удобрений повышает содержание клейковины в зерне на 1-2%, улучшает ее качество.

В заключение следует отметить, что представленные выше рекомендации по агротехнике и рациональному применению удобрений под озимую пшеницу разработаны в полевых опытах на серых лесных легкосуглинистых малогумусных почвах Заларинского района, отличающихся высоким содержанием фосфора и калия. При выращивании озимой пшеницы Заларинка на других типах и разновидностях почв необходимо учитывать химические и физические особенности этих почв (содержание гумуса, кислотность, механический состав, обеспеченность питательными элементами), их плодородие и вносить необходимые изменения и дополнения в агротехнику и систему применения удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

- Авдонин Н. С.* Свойства почвы и урожай. М.: Колос, 1965. 271 с.
- Авдонин Н. С.* Научные основы применения удобрений. М.: Колос, 1972. 320 с.
- Авдонин Н. С.* Почва и белок // Влияние свойств почв и удобрений на качество растений. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. С. 3-25.
- Авдонин Н. С.* Почвы, растения и качество растениеводческой продукции. М.: Колос, 1979. 302 с.
- Агроклиматический справочник по Иркутской области.* Л.: Гидрометеиздат, 1962. 160 с.
- Агрофизические методы исследования почв.* М.: Наука, 1966. 259 с.
- Агрохимические методы исследования почв.* М.: Наука, 1965. 436 с.
- Агротехника высокопродуктивных сортов зерновых культур.* М.: Колос, 1977. 272 с.
- Адерихин П. Г.* Фосфор в почвах и в земледелии Центрально-Черноземной полосы. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1970. 248 с.
- Аринушкина Е. В.* Руководство по химическому анализу почв. Изд-во Моск. ун-та, 1970. 487 с.
- Афендулов К. П., Лантухова А. И.* Удобрения под планируемый урожай. М.: Колос, 1973. 240 с.
- Бейдеман И. Н.* Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1974. 155 с.
- Болдырев Н. К.* Развитие метода листовой диагностики условий питания, величины и химического состава урожая сельскохозяйственных культур в Сибири // Минеральное питание растений и фотосинтез (Тр. III конф. физиологов и биохимиков растений Сибири и Дальнего Востока, ч. III, с.75-81). Иркутск, 1970.
- Болдырев Н. К.* Комплексный метод листовой диагностики условий питания, величины и качества урожая сельскохозяйственных культур: Автореф. дис. ... докт с.-х. наук. М.: ТСХА, 1972. 56 с.

Болдырев Н. К. Использование нормативных показателей в методе листовой диагностики для расчета норм удобрений на запланированный урожай пшеницы // *Агрохимия*, 1983. № 2. С. 105-113.

Вакар А. Б. Клейковина пшеницы. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 252 с.

Вериго С. А., Разумова Л. А. Почвенная влага. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 328 с.

Войников В.К., Колесниченко А. В., Пешкова А. А. Отбор генотипов озимых пшениц, способных выживать в климатических условиях Иркутского района. // Научное обеспечение АПК Иркутской области в условиях перестройки и научно-технического прогресса (тезисы докладов). Иркутск, 1988. С. 34-35.

Войников В. К., Пешкова А. А., Дорофеев В. Н., Чекуров В. М. Урожайность озимой пшеницы в Иркутской области: зависимость от генотипа и условий посева. // Воспроизводство плодородия почв и увеличение продукции растениеводства в Иркутской области (тезисы докл. конференции). Иркутск, 1992. С. 41-44.

Воллейт Л. П., Кузнецова С. С. Поступление и использование азота удобрений на синтез белков в зерне озимой пшеницы // Плодородие почв Нечерноземной полосы и приемы его регулирования. Пушино, 1975. С. 48-53.

Гайдамака Е. Н., Розов Н. Н., Шашко Д. И., и др. Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР. М.: Колос, 1983. 336 с.

Гинзбург К. Е. Фосфор основных типов почв СССР. М.: Наука, 1981. 244 с.

Гинзбург К. Е., Щеглова Г. М. и Вульфийус Е. А. Ускоренный метод сжигания почв и растений // *Почвоведение*, 1963, № 5. С. 71-80.

Горбунов Н. И. Минералы и плодородие почв // *Агрохимия*, 1965, № 7. С. 16-22.

Губанов Я. В., Иванов Н. Н. Озимая пшеница. М.: Агропромиздат, 1988. 303 с.

Димо В. Н. Тепловой режим почвы // *Агрофизические методы исследования почв*. М.: Наука, 1966. С. 143-168.

Димо В. Н. Тепловой режим почв СССР. М.: Колос, 1972. 360 с.

Дмитренко П. А. Фосфатный режим почв Украинской ССР и приемы его улучшения // *Тр. Почвенного ин-та им. Докучаева*. М.: Изд-во АН СССР, 1957. Т. 1. С. 152-274.

Добрынин Г. М. Рост и формирование хлебных и кормовых злаков. Л.: Колос, 1969. 275 с.

Дорофеев Н. В. Зимостойкость и продуктивность линий озимой пшеницы в зависимости от сроков сева и норм высева в условиях Заларинского района // Повышение продуктивности сельскохозяйственных культур в региональных условиях Восточной Сибири. Иркутск, ИСХИ, 1991. С. 82-85.

Дорофеев Н. В., Пешкова А. А., Войников В. К. Возделывание озимых пшениц в Восточной Сибири // Зерновые культуры, 1994, № 3. С. 10-11.

Дорофеев Н. В. Сроки посева озимой пшеницы в лесостепной зоне Иркутской области // Зерновые культуры, 1995, № 3. С. 15-16.

Дорофеев Н. В. Осенний рост и развитие озимой пшеницы в Восточной Сибири: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Иркутск: СИФИБР, 1997. 22 с.

Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1965. 423 с.

Дюнин А. К. Испарение снега. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1961. 120 с.

Ермаков А. И., Арасимович В. В., Смирнова-Иконникова М. И., Мурри И. К. Методы биохимического исследования растений. М.-Л.: Сельхозгиз, 1952. 520 с.

Журбицкий З. И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 294 с.

Журбицкий З. И., Лавриченко В. М. Определение потребности растений в питании методом растительной диагностики // Агрохимия, 1977, № 9. С. 127-133.

Зырянов В. А., Иванов Ю. В., Фролова В. Ф. Уход за посевами озимых культур. М.: Росагропромиздат, 1990. 80 с.

Иванов Н. Н. Об определении величины континентальности климата // Изв. Всес. геогр. об-ва, т.85, вып. 4, с. 24-29. М., 1953.

Интенсивная технология производства озимой пшеницы. М.: Россельхозиздат, 1988. 303 с.

Каюмов М. К. Справочник по программированию урожаев. М.: Россельхозиздат, 1977. 188 с.

Кеферов К. Н. Биологические основы растениеводства. М.: Высшая школа, 1982. 408 с.

- Княгиничев М. И.* Биохимия пшеницы. М.-Л.: Сельхозгиз, 1951. 415 с.
- Коданев И. М.* Агротехника и качество зерна. М.: Колос, 1970. 292 с.
- Коданев И. М.* Повышение качества зерна. М.: Колос, 1976. 304 с.
- Козьмина Н. П.* Зерно и продукты его переработки. М.: Изд-во технической и экономической литературы по вопросам заготовок, 1961. 520 с.
- Козьмина Н. П.* Зерно. М.: Колос, 1969. 368 с.
- Колесниченко В. Т.* Водно-тепловой режим и агрофизические свойства черноземов выщелоченных лесостепи Восточной Сибири // Почвы, удобрения и урожай в лесостепи Прибайкалья. Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1965. С. 42-60.
- Колесниченко В. Т.* Температурный и водный режимы главнейших типов почв Предсаянской лесостепи Иркутской области // Тез. докл. на 3-м Всес. делегатском съезде почвоведов. Тарту, 1966. С. 40.
- Колесниченко В. Т.* Водно-тепловой режим почв лесостепи Предбайкалья и влагообеспеченность яровой пшеницы // Информ. бюлл., № 1 / СИФИБР. Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1966а.
- Колесниченко В. Т.* К характеристике климата лесостепных и южнотаежных почв Средней Сибири (по материалам стационарных исследований) // Главная геофизич. обсерватория ГУГС /Тезисы докл. на засед. Секции агроклиматологии. Л., 1969. С 28-31.
- Колесниченко В. Т.* Температурный режим сезоннодлительномерзлотных почв Восточно-Присаянской лесостепи Средней Сибири // Почвы мерзлотной области / Тезисы докл. на Всес. конф. по мерзлотным почвам 11-21 июля 1969 г. Якутск, 1969а. С.21-22
- Колесниченко В. Т.* Температурный режим почв и особенности почвообразования в южной части Средней Сибири // Тезисы докл. на IV Всес. делегатском съезде почвоведов. Алма-Ата, 1970, кн. 2, ч. 1. С. 3-4.
- Конарев В. Г.* Белки пшеницы. М.: Колос, 1970. 352 с.
- Корнилов А. А.* Биологические основы высоких урожаев зерновых культур. М.: Колос, 1968. 240 с.

Коровин А. И. Роль температуры в минеральном питании растений. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 282 с.

Кретович В. Л. Биохимия зерна. М.: Наука, 1981. 152 с.

Культура пшеницы. (Сборник переводов из иностранной периодической литературы). М.: Изд-во иностранной литературы, 1956. 318 с.

Куперман Ф. М. Биологические основы культуры пшеницы. Ч.11. Изд-во Моск. ун-та, 1953. 300 с.

Куперман Ф. М. Физиология развития, роста и органогенеза пшеницы // Физиология сельскохозяйственных растений. Т. IV. Физиология пшеницы. Изд-во Моск. ун-та, 1969. С. 7-203.

Куперман Ф. М. Морфофизиология растений. М.: Высшая школа, 1973. 255 с.

Куперман Ф. М. Морфофизиология растений. М.: Высшая школа, 1977. 288 с.

Личикаки В. М. Зависимость минимальной температуры почвы на глубине узла кушения от температуры воздуха и снежного покрова // Тр. УкрНИГМИ, вып. 29. Киев, 1962. С.25-32.

Личикаки В. М. Методические указания по оценке влияния низких температур на перезимовку озимой пшеницы. Киев, УГМС УССР, 1964. 33 с.

Лучшие сорта зерновых культур. М.: Россельхозиздат, 1979. 215 с.

Макеев О. В. Дерновые таежные почвы юга Средней Сибири (генезис, свойства и пути рационального использования). Бурятское книжн. изд-во, Улан-Удэ, 1959. 347 с.

Мерций Р. Н. Агрометеорологические условия перезимовки озимой ржи и многолетних трав // Материалы научно-технич. конф. по использованию агрометеорологических сведений в сельском х-ве. Вост.-Сиб. книжн. изд-во, 1970. С. 10-19.

Методические указания по комплексной диагностике азотного питания озимых зерновых культур. М.: Колос, 1984. 48 с.

Минеев В. Г., Арзыбова Н. С. Об эффективности различных сроков и состава подкормки озимой пшеницы // Эффективность удобрений по зонам страны (Тр. научно-методич. совещаний Геогр. сети опытов с удобрениями, вып. 21). М., 1973. С. 42-49.

Минеев В. Г., Ивлев М. М. Географические закономерности действия удобрений на урожай озимых хлебов // Географич. закономерности действия удобрений / Тр. ВАСХНИЛ, М.: Колос, 1975. С. 3-56.

Минеев В. Г., Павлов А. Н. Агрохимические основы повышения качества зерна. М.: Колос, 1981. 288 с.

Мищенко З. А. Суточный ход температуры воздуха и его агроклиматическое значение. Л.: Гидрометеиздат, 1962. 200 с.

Монов А. И., Аверин И. Г., Погожев В. П. Сельское хозяйство Нечерноземной зоны РСФСР. М.: Колос, 1978. 272 с.

Мосолов И. В. Физиологические основы применения минеральных удобрений. М.: Колос, 1968, 175 с.

Надеждин Б. В. Лено-Ангарская лесостепь (почвенно-географический очерк). М.: Изд-во АН СССР, 1961. 328 с.

Найдин П. Г. Удобрение зерновых и зернобобовых культур. М.: Сельхозиздат, 1963. 263 с.

Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 11. Л.: Гидрометеиздат, 1973, 288 с.

Носатовский А. И. Пшеница. М.: Колос, 1965. 568 с.

Павлов А. Н. Накопление белка в зерне пшеницы и кукурузы. М.: Наука, 1967. 340 с.

Павлов А. Н. Некоторые закономерности накопления белка в зерне пшеницы // Повышение качества зерна пшеницы / Научные труды ВАСХНИЛ. М.: Колос, 1972. С. 157-170.

Павлов А. Н. Повышение содержания белка в зерне. М.: Наука, 1984. 119 с.

Панников В. Д., Минеев В. Г. Почва, климат, удобрение и урожай. М.: Колос, 1977. 416 с.

Писарев В. Е. Озимая пшеница в Иркутской области // Пятьдесят лет селекционно-семеноводческой работы 1913-1963 / Тулунская гос. селекционная станция. Иркутское книжн. изд-во, 1963. С. 46-53.

Почвенная карта Иркутской области в масштабе 1:1 500 000. (Научные редакторы В. Т. Колесниченко, К. А. Уфимцева). М.: ГУГК СССР, 1988, на 2-х листах.

Почвенно-географическое районирование СССР (в связи с сельскохозяйственным использованием земель). М.: Изд-во АН СССР. 1962. 422 с.

Прет Д. Б. Признаки качества муки // Пшеница и оценка ее качества (пер. с англ.) / Под ред. проф. Козьминой и проф. Любарского. М.: Колос, 1967. С. 169-196.

Пруцков Ф. М. Повышение урожайности зерновых культур. М.: Россельхозиздат, 1977. 207 с.

Пруцкова М. Г., Уханова О, Н. Новые сорта озимой пшеницы. М.: Колос, 1972. 287 с.

Прянишников Д. Н. Агрохимия / Избр. соч., т. 1. М.: Гос. изд-во сельскохоз. литературы, 1952. 691 с.

Прянишников Д. Н. О минеральных удобрениях, навозе и системе их применения / Избр. соч., т. 3. М.: Изд-во сельскохоз. литературы, журналов и плакатов, 1963. С. 251-258.

Пчелкин В. У. Почвенный калий и калийные удобрения. М.: Колос, 1966. 336 с.

Ратнер Е. И. Минеральное питание растений и поглощательная способность почв. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1950. 319 с.

Ратнер Е. И. Питание растений и применение удобрений. М.: Наука, 1965. 223 с.

Роде А. А. Методы изучения водного режима почв. М.: Изд-во АН СССР . 1960. 244 с.

Родченко О. П., Коровин А. И., Хабардин М. И. Зимостойкость и продуктивность амфиплоидов В. Е. Писарева в Восточной Сибири. // Научные чтения памяти М. Г. Попова, 10-е чтение / СИФИБР. Вост.-Сиб. книжн. изд-во, 1968. С. 31-46.

Рядчиков В. Г. Улучшение зерновых белков и их оценка. М.: Колос, 1978. 368 с.

Самсонов М. М. Сильные и твердые пшеницы СССР. М.: Колос, 1967. 168 с.

Сапожникова С. А. Опыт агроклиматического районирования территории СССР // Вопросы агроклиматического районирования СССР. М.: Изд-во Министерства сельск. хоз-ва СССР, 1958. С. 14-37.

Селянинов Г. Т. Климатическое районирование СССР для сельскохозяйственных целей // Сб. Памяти Л. С. Берга. М.-Л.: Наука, 1955. С. 29-89.

Система ведения агропромышленного производства Иркутской области в 1991-1995 гг. (Рекомендации). Новосибирск, 1991. 492 с.

Система ведения сельского хозяйства Иркутской области. (Рекомендации). Новосибирск, 1988. 368 с.

Система земледелия Иркутской области. Иркутск, Вост.-Сиб. книжн. изд-во, 1981. 245 с.

Сказкин Ф. Д. Критический период у растений по отношению к недостатку воды в почве. Л.: Наука, 1971, 120 с.

Созинов А. А. Урожай и качество зерна. М.: Знание, 1976. 64 с.

Справочная книга по химизации сельского хозяйства. М.: Колос, 1969. 656 с.

Справочник агронома по удобрениям. М.: Гос. изд-во сельскохозяйств. литературы, 1955. 230 с.

Справочник агрохимика. (Под ред. Т. Н. Кулаковской). Минск: Ураджай, 1974. 368 с.

Справочник по климату СССР, вып. 22, ч. II. Л.: Гидрометеоиздат, 1966. 360 с.

Справочник по климату СССР, вып. 22, ч. IV. Л.: Гидрометеоиздат, 1968. 279 с.

Стихин М. Ф., Денисов П. В. Озимая рожь и пшеница в Нечерноземной полосе. Л.: Колос (Ленингр. от-ние), 1977. 320 с.

Суднов П. Е. Агротехнические приемы повышения качества зерна пшеницы. М. Колос, 1965. 192 с.

Толстоусов В. П. Удобрения и качество урожая. М.: Колос, 1974. 262 с.

Туманов И. И. Зимостойкость культурных растений. М.: Сельхозгиз, 1970. 365 с.

Уланова Е. С. Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. 302 с.

Уханова О. И. О нормах высева районированных сортов озимой пшеницы в Центрально-Нечерноземных областях // Нормы высева, способы посева и площади питания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1971, С. 22-27.

Физиология пшеницы // Физиология сельскохозяйственных растений. Т. IV. Изд-во Моск. ун-та, 1969. 556 с.

Францессон В. А. Влияние высушивания и смачивания на подвижность P_2O_5 в черноземных почвах // Избранные труды "Черноземные почвы СССР". М.: Сельхозиздат, 1963. 381 с.

Церлинг В. В. Диагностика питания растений по их химическому анализу // Агрохимические методы исследования почв. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 329-359.

Церлинг В. В. Агрохимические основы диагностики минерального питания сельскохозяйственных культур. М.: Наука, 1978. 216 с.

Церлинг В. В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур (Справочник). М.: Агропромиздат, 1990. 236 с.

Шарапов Н. И. Химизм растений и климат. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1954. 209 с.

Шарапов Н. И. Повышение качества урожая сельскохозяйственных культур. Л.: Колос, 1973. 224 с.

Шаико Д. И. Агроклиматическое районирование СССР по обеспеченности растений теплом и влагой // Вопросы агроклиматического районирования СССР. М.: Изд-во Министерства сельск. х-ва, 1958. С. 38-92.

Шаико Д. И. Климатические ресурсы сельского хозяйства СССР // Почвенно-географическое районирование СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1962. С. 336-417.

Шаико Д. И. Агроклиматическое районирование СССР. М.: Колос, 1967. 335 с.

Шевелуха В. С. Рост растений и его регуляция в онтогенезе. М.: Колос, 1992. 508 с.

ШигOLEV А. А. Методика составления фенологических прогнозов // Сборник методических указаний по анализу и оценке агрометеорологических условий. Л.: Гидрометеоздат, 1957. С. 5-18.

Шульгин А. М. О характере распределения снежного покрова на полях // Вопросы изучения снега и использования его в народном хозяйстве. М.: Изд-во АН СССР, 1955. С. 112-136.

Шульгин А. М. Снежный покров и его использование в сельском хозяйстве. Л.: Гидрометеиздат, 1962. 84 с.

Шульгин А. М. Климат почвы и его регулирование. Л.: Гидрометеиздат, 1967. 300 с.

Шульц Г. Э. Общая фенология. Л.: Наука, 1981. 188 с.

Юдин А. Е. Работа станции с озимой пшеницей // Пятьдесят лет селекционно-семеноводческой работы 1913-1963 / Тулунская гос. селекционная станция. Иркутское книжной изд-во, 1963. С. 54-55.

Яковлев Н. Н. Климат и зимостойкость озимой пшеницы. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 419 с.