633
M74

ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Н.И. Можаев, Н.А. Серикпаев, Г.Ж. Стыбаев

Программирование урожаев сельскохозяйственных культур

FOLIANT

633
М74

ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Н.И. Можаев, Н.А. Серикпаев,
Г.Ж. Стыбаев

Программирование урожаев сельскохозяйственных культур

Рекомендовано Министерством образования и науки Республики Казахстан в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений

АТЫНДАҒЫ ҒЫЛЫМИ КІТАПХАНА
ОҚУ ЗАЛЫ
ЧИТАЛЬНЫЙ ЗАЛ
БИБЛИОТЕКА ИМ. С. БЕЙСЕБАЕВА

FOLIANT

Астана-2013

УДК 633/635 (075.8)
ББК 41.2 я 73
М 74

Рецензенты:
Сагалбеков У.М. – *доктор сельскохозяйственных наук, профессор*
Жумагулов И.И. – *кандидат сельскохозяйственных наук, доцент*

М 74 **Можаев Н., Серикпаев Н., Стыбаев Г.**
Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: *Учебное пособие.* – Астана: Фолиант, 2013. – 160 с.

ISBN 978-601-271-105-9

В учебном пособии изложены основные теоретические положения и пути практического применения программирования как науки о приемах и методах управления в определенных почвенно-климатических условиях формированием и получением потенциально возможного уровня урожайности сельскохозяйственных культур.

В трех разделах книги рассмотрены биоклиматические условия почвенно-климатических зон РК и возможности выращивания в них культур и сортов разных групп спелости, влияние нерегулируемых и регулируемых факторов на формирование урожайности, методика расчета возможного уровня урожайности в зависимости от обеспеченности посевов фотосинтетически активной радиацией и влагой, теоретические основы прогрессивных технологий интенсивного типа, вопросы прогнозирования урожая и его качества и другие вопросы.

Для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по специальности «Агрономия» (5В080100).

05825I

С.Торайгыров атындағы ПМУ-дің академик С.Байсеитова атындағы кітапханасы
КІТАПХАНАСЫ

УДК 633/635 (075.8)
ББК 41.2 я 73

© Можаев Н., Серикпаев Н.,
Стыбаев Г., 2013
© Издательство «Фолиант», 2013

ISBN 978-601-271-105-9

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 6

РАЗДЕЛ I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ УРОЖАЕВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Глава 1. Программирование урожаев как научная и учебная дисциплина
1.1. История развития программирования как науки 9
1.2. Программирование урожаев как наука о факторах жизни растений 12
1.3. Методы исследований и теоретические основы программирования 14
1.4. Основные принципы программирования урожаев в формулировках И.С. Шатилова и М.К. Каюмова 16
1.5. Основные этапы выполнения работы по программированию урожаев 18
Контрольные вопросы 20

РАЗДЕЛ II. УЧЕТ ВЛИЯНИЯ НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ И ОСНОВНЫЕ ПУТИ ИХ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Глава 1. Оценка биоклиматических показателей и возможности возделывания культур и сортов разных групп спелости
1.1. Условия увлажнения в почвенно-климатических зонах РК 23
1.2. Гидротермический коэффициент – показатель влагообеспеченности региона .. 24
1.3. Тепловой режим почвенно-климатических зон РК и общие требования к теплу основных полевых культур 26
Контрольные вопросы 32
Глава 2. Фотосинтетически активная радиация и методы определения урожайности по приходу фар
2.1. Роль солнечной радиации, поступающей на землю 34
2.2. Фотосинтетически активная радиация и методы ее учета 35
2.3. Использование посевами прихода ФАР и урожайность культур 38
2.4. Методика и примеры расчета урожайности по приходу ФАР 39
2.5. Методика расчета КПД ФАР ($К_{фар}$) 41
Контрольные вопросы 42
Глава 3. Влагообеспеченность посевов полевых культур и определение действительно возможного уровня урожайности (ДВУ)
3.1. Классификация видов урожайности 43

3.2. Показатели, характеризующие отношение растений к влаге 44
3.3. Методика расчета ДВУ 46
3.4. Методика расчета коэффициентов водопотребления полевых культур..... 49
3.5. Методика оценки запасов продуктивной влаги 52
3.6. Примеры расчета ДВУ по влагообеспеченности и потенциальные возможности культур в Северном Казахстане 54
3.7. Методика расчета оросительных норм 55
3.8. Методика прогнозирования засухи П.Г. Кабанова..... 56
Контрольные вопросы 57
Глава 4. Фотосинтетическая деятельность растений и ее зависимость от основных элементов структуры посевов
4.1. Площадь листовой поверхности и фотосинтетический потенциал посевов заданной продуктивности 58
4.2. Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) и ее оптимальные параметры..... 61
4.3. Потенциальные возможности культур в степной зоне Казахстана..... 63
Контрольные вопросы 64

РАЗДЕЛ III. АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ УРОЖАЕВ

Глава 1. Программирование оптимальной предуборочной густоты стеблестоя (травостоя)
1.1. Условия, влияющие на формирование густоты стеблестоя 67
1.2. Густота стеблестоя (травостоя) и норма высева семян 70
6.3. Методика расчета нормы высева семян под оптимальную густоту стеблестоя (травостоя) при программировании урожаев..... 73
Контрольные вопросы 79
Глава 2. Теоретическое обоснование методов расчета доз удобрений под запрограммированный уровень урожайности
2.1. Основное направление в расчетах доз удобрений 80
2.2. Классификация расчетной (балансовой) группы методов определения доз удобрений..... 82
2.3. Балансовый метод расчета доз удобрений под программируемый уровень урожайности 84
2.4. Методика расчета коэффициентов использования доступных питательных веществ из почвы и удобрений 92
2.5. Основные законы земледелия и растениеводства, учитываемые при оценке обеспеченности растений факторами внешней среды и расчете доз удобрений..... 93
2.6. Методика расчета уровня урожайности полевых культур по эффективному плодородию 96
2.7. Приемы оптимизации плодородия почв 96
Контрольные вопросы 99

Глава 3. Программирование урожаев – теоретические основы для разработки и применения прогрессивных (интенсивных) технологий возделывания культур
3.1. Определение понятия «технология возделывания культур» и ее основные элементы 101
3.2. Значение севооборотов в повышении урожайности культур и плодородия почвы 104
3.3. Динамика урожайности зерновых культур в странах Западной Европы в XVIII – начале XX веков в связи с введением плодосмена (севооборотов) и применением минеральных удобрений 108
3.4. Краткие производственные результаты освоения севооборотов с применением удобрений и других элементов технологии на урожайность культур и продуктивность пашни 110
3.5. Урожайность зерновых культур в зависимости от количества внесенных минеральных удобрений в ряде стран мира и Казахстане в 80-е годы XX столетия 115
3.6. Особенности методики расчета и внесения доз удобрений в Германии 117
3.7. Классификация, общие требования к кормовым севооборотам 122
3.8. Виды кормовых севооборотов для Северного Казахстана и методы оценки их продуктивности 124
3.9. Промежуточные культуры и их значение в повышении $К_{фар}$ и урожайности в системе кормовых севооборотов 127
Контрольные вопросы 130
Глава 4. Обоснование мероприятий по защите растений от вредителей, болезней, сорняков и охраны окружающей среды 131
4.1. Размеры потерь урожая от вредителей, болезней, сорняков 131
4.2. Химические средства защиты растений и влияние их на окружающую среду интегрированные методы защиты растений 133
4.3. Агротехнические меры борьбы с вредителями, болезнями, сорняками в посевах культур 135
Контрольные вопросы 137

Глава 5. Методика разработки технологии возделывания кормовых культур
5.1. Основные принципы разработки технологий 138
5.2. Технология возделывания и уборки кормовых культур (примерные варианты технологий) 140
Контрольные вопросы 154
Литература 155

ВВЕДЕНИЕ

Одна из важнейших проблем человечества всех времен и народов – вечная борьба с голодом, борьба за еду (пищу), а, следовательно, за свое существование на Земле. Из-за недостатка пищи ежегодно страдают от голода многие миллионы людей в разных регионах планеты, по этой причине повышается и смертность населения.

Причин этого явления много, но главными можно назвать следующие: уровень экономического, социального и культурного развития народов стран, недостаток необходимого количества пахотных земель и посевных площадей, низкое плодородие почвы, уровень технологии возделывания, хранения и переработки продукции, а, следовательно, низкие показатели фактической урожайность и валового сбора продовольственных культур. Ситуация усугубляется еще и тем, что за последние годы все большее количество продовольственного зерна в мире стали перерабатывать на биотопливо.

Среди этих причин следует назвать и рост народонаселения нашей планеты Земля: только за последние 45 лет (с начала 60-х годов прошлого столетия) численность населения, то есть количество «едоков», выросла более чем в 2 раза, достигнув 6,5 млрд. человек, а к 2050 году может достигнуть 11,0 млрд., что также год от года будет обострять проблему обеспеченности насе-ления продуктами питания.

Решение этой проблемы обычно идет двумя основными путями: первый – вырубка лесов и освоение новых земель под пашню, расширение площади посева продовольственных культур; второй – повышение урожайности культур на уже имеющейся площади пашни путем вложения дополнительных средств на применение новых эффективных технологий возделывания, высокоурожайных сортов и гибридов, машин и орудий по возделыванию культур, удобрений, средств борьбы с сорняками и защиты от вредителей и болезней, хранению и переработке сельскохозяйственной продукции и т.д., то есть интенсивный путь развития отраслей, производящих продукты питания.

Вместе с тем, повышение спроса на энергоресурсы повлекло за собой повышение стоимости сельскохозяйственной техники, удобрений, гербицидов,

горючего, а, следовательно, и затраты на производимые продукты, что в связи с увеличивающимся спросом приводит к постоянному и неуклонному росту цен на продовольственные товары, и ожидать их снижение в ближайшие годы – нереально.

Президент РК Н.А. Назарбаев неоднократно обращал внимание на необходимость в самое ближайшее время обеспечения продовольственной независимости страны и производства конкурентоспособной продукции не только для внутреннего рынка, но и экспортных целей. Безусловно, решение этой проблемы в Республике должно осуществляться, в первую очередь, за счет повышения урожайности возделываемых культур, продуктивности животноводства на основе интенсификации всех отраслей селькохозяйственного производства, то есть вложения средств и затрат с полной их окупаемостью, повышения уровня рентабельности производимой продукции, снижения ее себестоимости, повышения конкурентоспособности и др., что очень важно решать накануне вступления страны в ВТО.

Окупаемость вкладываемых средств в развитие растениеводческих отраслей во многом зависит от знания специалистами-агрономами биологических особенностей культур, то есть требований их к факторам внешней среды (тепло, влага, пища и др.), умение оценить обеспеченность посевов этими факторами и потенциальные возможности культуры, сорта в зависимости от этих условий.

В этой связи можно признать, что нисколько не устарело высказывание великого русского физиолога К.А. Тимирязева (1948): «Узнать потребности растения – вот область теории, прибыльно для себя удовлетворить эти потребности – вот главная забота практики»).

Задача повышения урожайности культуры с одновременным снижением себестоимости производимой продукции, вызывает необходимость заранее рассчитать возможный уровень урожайности в зависимости от обеспеченности посевов факторами внешней среды, потенциальных возможностей культуры, сорта и др., то есть обладать умением программировать урожайность.

Программирование урожайности сельскохозяйственных культур крайне сложно, поскольку конечные результаты во многом зависят от природных и складывающихся в текущем году метеорологических условий, потому следует суметь заранее предвидеть множество случайностей, связанных с природными явлениями.

Программирование урожаев как научная и учебная дисциплина рассматривает вопросы, связанные с требованием культур к факторам внешней среды и обеспеченностью этими факторами, позволяет наиболее полно рассчитывать и удовлетворять потребности растений (посевов) в регулируемых факторах, наи-

более полно используя в конкретных почвенно-климатических условиях нерегулируемые факторы.

Таким образом, овладев основами программирования урожаев, опираясь на знание биологических особенностей культуры, сорта, их требований к факторам внешней среды – воде, пище и др., можно заранее рассчитать уровень урожайности и под этот уровень определить потребность в регулируемых факторах: оптимальная густота стеблестоя (травостоя) и норма высева семян, дозы удобрений, технология обработки почвы, сроки и способы посева, уход за посевами и др., а также обеспечить в полном объеме и в оптимальные сроки этими факторами, что позволит достигнуть высоких урожаев культур, получение продукции растениеводства с невысокой себестоимостью при наиболее полном использовании биоклиматического потенциала конкретного региона.

Достигнуть уровня обеспечения продовольственной независимости Республики и производства конкурентоспособных продуктов питания возможно путем решения экономических, агротехнических и других задач, направленных на достижение потенциально возможного в этих условиях уровня урожайности, ибо при низкой культуре земледелия, невысоких урожаях возделываемых культур, низкой продуктивности животноводства нельзя добиться снижения себестоимости продукции.

Решение всех этих задач, стоящих перед сельскохозяйственным производством Казахстана, во многом будет зависеть от кадров, которые смогут грамотно претворять все намеченное в жизнь: высококвалифицированных руководителей сельскохозяйственных предприятий, профессионально теоретически и практически подготовленных агрономов, зоотехников, инженеров, а также рабочих – механизаторов, работников животноводства и перерабатывающих отраслей сельскохозяйственной продукции.

РАЗДЕЛ I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ УРОЖАЕВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Глава 1. ПРОГРАММИРОВАНИЕ УРОЖАЕВ КАК НАУЧНАЯ И УЧЕБНАЯ ДИСЦИПЛИНА

1.1. История развития программирования как науки

Основы программирования урожаев как науки были заложены еще в XIX – начале XX столетий основоположниками агрономической науки, проводивших комплексные исследования, в которых оценивалась потребность растений в основных факторах жизни, рассчитываемых в количественных показателях. Среди ученых этого периода следует назвать Ю. Либаха, Г. Гельригеля, М.Э. Вольни, Д.Н. Прянишникова, К.А. Тимирязева, В.Р. Вильямса и многих других.

Однако более интенсивно научные исследования, а также внедрение полученных результатов в производственную практику стали проводиться в 30-х годах прошлого столетия. Первые работы этого плана были проведены в те годы российским селекционером-картофелеводом А.Г. Лорхом, который для условий Московской области разработал систему получения урожая клубней картофеля 500 ц/га, фактический же сбор превысил 528, а в последующие годы урожайность достигла 700 ц/га. Программа, разработанная А.Г. Лорхом, полностью соответствовала биологическим особенностям культуры, росту и развитию растений в процессе онтогенеза, а затем в соответствии с требованиями растений к факторам внешней среды регулировалось обеспечение растений пищей, водой и другими факторами.

В конце 30-х годов XX столетия для условий Московской области М.С. Савицкий (1973) разработал программу получения 100 ц/га зерна озимой пшеницы, в основу которой, в отличие от программы А.Г. Лорха, была положена составленная им формула, включающая основные элементы структуры урожая: количество растений и число продуктивных стеблей (колосьев) на единице площади, число зерен в колосе, массу 1000 зерен, а также были рассчитаны и дробно внесены дозы удобрений, необходимые для формирования заданного уровня урожайности, в итоге

фактическая урожайность составила 99,8 ц/га.

Впоследствии создание точных приборов, способных контролировать рост и развитие растений, позволило обогатить науку новыми экспериментальными материалами, особенно по фотосинтетической деятельности посевов. Важность этого вопроса предвидел еще К.А. Тимирязев, считавший, что предел плодородия почвы определяется не количеством вносимых удобрений и подаваемой воды, а количеством световой энергии, поступающей от солнца на поверхность поля. Растения, поглощая при участии хлорофилла – зеленого пигмента – солнечную энергию, преобразуют ее в химическую энергию органических соединений и накапливают массу растения.

Поэтому основная проблема получения максимально возможного уровня урожайности заключается в том, чтобы научиться управлять фотосинтетической деятельностью растений и добиться наиболее полного использования посевами энергии солнца.

Вопросами фотосинтеза и повышением продуктивности растений в 50-70-е годы XX века занимался А.А. Ничипорович, который доказывал, что урожайность зерна 60 ц/га можно считать лишь удовлетворительной, а высокие урожаи при полном использовании фотосинтетического потенциала посевов должны превышать 200 ц/га зерна или сухой фитомассы растений.

В 50-90-е годы прошлого столетия изучение вопросов формирования урожаев сельхоз. культур проводилось многими исследователями, создались целые научные школы, например, А.М. Рябчиков и Т.И. Шашко разработали методы и предложили формулы для определения гидротермических показателей фитомассы и биологической продуктивности растений, позволяющих определить потенциальные возможности культур в разных почвенно-климатических условиях для формирования определенного уровня урожайности. Н.А. Ефимова (1969), Х.А. Молдау (1963) разработали методику расчета уровня урожайности по приходу ФАР с использованием среднего месячного прихода ФАР за вегетационный период, А.М. Алпатьев разработал методику балансового расчета прихода и расхода влаги посевами.

Особенно большая работа по изучению практически всех основных принципов программирования урожаев была проведена в Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева под руководством академика И.С. Шатилова, а также М.К. Каюмовым. Научные исследования по данным проблематике проводились во многих других научных и учебных заведениях:

ВНИИ кормов имени В.Р. Вильямса РФ, НИИ физиологии растений РФ, Волгоградском СХИ РФ, Черниговской опытной станции РФ (К.П. Афендулов, Н.И. Лантухова), Ивановском СХИ РФ (Ю.А. Чухнин); большой вклад в разработку вопросов питания растений внесли российские агрохимики В.Г. Минеев, Б.А. Ягодин и др. Отдельные вопросы применения программирования на посевах корнеплодов и овощных культур в Целиноградском СХИ КазССР (ныне Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина) изучались Н.Г. Щепетковым и др.

С 1975 года работа по изучению возможностей программирования урожаев кормовых культур под руководством Н.И. Можаева проводилась в Целиноградском СХИ. Были изучены вопросы использования влаги посевами при естественном увлажнении и орошении, рассчитаны коэффициенты водопотребления культур, средние значения оптимальной густоты стеблестоя (травостоя) посевов кормовых культур, разработана методика расчета норм высева семян, даны поправочные коэффициенты для их расчета, изучалась эффективность применения расчетных доз удобрений под планируемую урожайность. Проверка и внедрение результатов исследований по этим вопросам была проведена на больших площадях в бывших совхозах Акмолинской области («Октябрь», «Рассвет», имени М. Маметовой Целиноградского района, «Новоалександровский» Вишневского района и др.). Например, в производственных опытах, проведенных агрономом А.Н. Можаевым (1986), применение ряда элементов программирования урожаев позволило стабильно получать в условиях Акмолинской области при орошении до 150-160 ц/га люцернового сена, до 800-850 ц/га зеленой массы кукурузы, до 650 ц/га кормовой свеклы.

На основании проведенных исследований был сделан вывод, что программирование урожаев позволяет заранее рассчитать и определить параметры потенциала культур и сортов, элементов технологии возделывания в зависимости от влагообеспеченности и других факторов, в частности – оптимальную (предуборочную) густоту стеблестоя, полагаясь на разработанную методику расчета норм высева семян при рациональном расходе семенного материала, оценить возможности формирования оптимальных значений площади листовой поверхности и фотосинтетического потенциала посевов, расчета доз удобрений и др. в условиях естественного увлажнения и орошения.

Установлено, что для расчета уровня урожайности и его программирования в производственных условиях необходимо одновременно

стремиться оптимизировать все регулируемые факторы жизни растений, максимально учитывая перегулируемые

На основании вышесказанного можно сделать заключение, что по всем основным вопросам программирования урожаев накоплен большой теоретический и практический материал, в том числе и в Северном Казахстане, свидетельствующий о высокой эффективности применения этих приемов в производственной практике.

1.2. Программирование урожаев как наука о факторах жизни растений

Урожайность сельскохозяйственных культур складывается под воздействием многих факторов окружающей среды и зависит от того, насколько полно (в оптимальных размерах) удовлетворяются растения каждым из факторов в соответствии с потребностями в них. Задача заключается:

– *во-первых,* в том, чтобы глубоко познать биологию, то есть потребности каждой культуры в факторах внешней среды (тепло, влага, пища, свет и др.) и критические фазы вегетации растений по отношению к этим факторам;

– *во-вторых*, научиться обеспечивать растения этими факторами в необходимых количествах и в нужное для растений время путем применения соответствующей технологии возделывания.

Поскольку основная масса урожая культур (до 95%) формируется за счет фотосинтетической деятельности растений, определение потенциальных возможностей повышения продуктивности посевов за счет более полного использования солнечной радиации в процессе фотосинтеза является одной из важнейших проблем современного растениеводства.

Возрастающие потребности населения в обеспечении высококачественными продуктами питания (как количественно, так и качественно) требуют постоянного наращивания темпов производства растениеводческой продукции.

Основной путь увеличения производства продукции – интенсификация, т.е. увеличение вложений и затрат с целью повышения урожайности с единицы площади и снижения затрат в расчете на каждую единицу получаемой продукции.

В растениеводческой отрасли в условиях производства интенсификация реализуется путем внедрения интенсивных технологий, однако применение тех или иных элементов технологий, направленных на повышение урожайности, не всегда увенчивается успехом, что связано нередко с недостаточным знанием

потребности растений в факторах внешней среды, способов регули-рования и создания оптимальных условий для их роста и развития.

Вопросами познания растений и создания оптимальных условий для формирования урожаев занимаются науки и учебные дисциплины, входящие в программу подготовки агрономов: физиология растений, агрохимия, земледелие, селекция, защита растений, растениеводство, кормопроизводство, метеорология и ряд других. Урожайность складывается под воздействием комплекса факторов, который не может быть механической суммой отдельных агроприемов, рекомендуемых каждой отдельной наукой, поскольку взаимодействие между ними изменяет арифметический результат суммирования, поэтому следует считать, что основной путь повышения продуктивности – разработка комплекса взаимосвязанных агротехнических приемов и оптимизация факторов, основанных на комплексном применении суммы знаний по всем растениеводческим дисциплинам. Этот метод исследуется в науке «Программирование урожаев сельскохозяйственных культур».

По мнению М.К. Каюмова (1989), «основная цель программирования состоит в том, чтобы, опираясь на достижения смежных наук (физиология растений, земледелие, растениеводство, почвоведение, агрохимия, метеорология, агрофизика, а также математика, кибернетика и экономика), перейти к широкому использованию в агрономии количественных моделей и электронно-вычислительной техники, применение которой позволяет быстро обрабатывать большую информацию о факторах, влияющих на рост растений, и рекомендовать оптимальный вариант агротехнических мероприятий, направленных на получение запрограммированных урожаев».

В сельском хозяйстве, в частности в растениеводстве, проводить программирование урожаев непросто, поскольку необходимо предвидеть и учитывать множество случайностей, которые связаны с природными условиями, при этом ряд факторов жизни растений – свет, тепло, влага – в естественных условиях – нерегулируемые или плохо регулируемые, и к ним приходится приспосабливаться путем применения соответствующих агротехнических приемов (например, сроки посева и др.). Имеется так же, ряд факторов, которые можно регулировать, в частности – обеспечение элементами питания, создание оптимальной густоты стеблестоя посевов, борьба с сорняками, вредителями и болезнями, возделывание лучших для данного региона культур и сортов, условий увлажнения при орошении и др. Основная задача земле-

дельца – обеспечить посевы культур всеми факторами внешней среды в оптимальных количествах за счет применения той или иной технологии возделывания, способствующей оптимизации факторов жизни растений.

В формулировке И.С. Шатилова (1973), программирование урожаев – это разработка комплекса взаимосвязанных мероприятий, своевременное и качественное выполнение которых обеспечивает получение заранее рассчитанного урожая полевых культур высокого качества.

С позиций учета и рационального использования нерегулируемых и регулируемых факторов можно дать следующее определение понятия программирования урожая: на основании определения уровня урожайности по нерегулируемым факторам и с учетом потенциальных возможностей культуры, сорта рассчитывается в количественных показателях потребность в регулируемых факторах, которые реализуются затем через технологию возделывания культур.

Программирование урожаев позволяет заранее предопределять и вычислять направление формирования урожая с учетом почвенно-климатических условий района и биологических особенностей культуры (растения), затем в заданной последовательности применять элементы технологии, необходимые для достижения на каждом этапе заранее предусмотренных количественных и качественных показателей роста, развития и продуктивности агрофитоценозов.

1.3. Методы исследований и теоретические основы программирования

К настоящему времени накоплено достаточное количество материала, свидетельствующего о возможности применения программирования урожаев сельскохозяйственных культур. Программирование урожаев рассматривается как новый раздел науки, в котором ставится цель и конечная задача, разрабатывается программа развития растений (ценоза) в онтогенезе, контролирует-ся выполнение этой программы и управление ее ходом.

Программирование урожаев следует рассматривать как науку об управлении ростом и развитием растений, формированием посевов культур путем обеспечения их в нужное время регулируемыми факторами внешней среды (элементы питания, технология возделывания и др.), рационально используя в полевых условиях нерегулируемые (свет, тепло, влага, углекислый газ и др.).

Повышение уровня использования нерегулируемых факторов может быть достигнуто за счет целого ряда

агротехнических приемов (подбор культур, сортов, сроки и способы посева, формирование оптимального количества растений на единице площади, внесение удобрений, выращивание здоровых растений и т.д.).

На территории Казахстана на каждый гектар площади поступает за теплый период года энергия в количестве не менее 14,5-15,5 млрд. кДж, а используется посевами – не более 0,5-1,0%, потому важнейшей проблемой современного растениеводства является разработка и создание условий, которые бы обеспечивали доведение утилизации солнечной энергии посевами культур – не менее 2-3% от поступающей на Землю.

Оказать влияние на приход фотосинтетической активной радиации (ФАР) невозможно, однако можно формировать посевы определенной структуры с количеством растений и площадью листовой поверхности, которые сохраняли бы продолжительно работоспособность (фотосинтетический потенциал или ФП). Кроме того, на использование прихода солнечной энергии влияют морфологические особенности растений, их габитус: растения с высоким и ярусным расположением листьев лучше аккумулируют солнечную энергию, чем с листьями в форме розетки, культуры и сорта с острым углом прикрепления листьев способны также более полно использовать ее, – при расположении рядков с севера на юг урожайность выше, чем при расположении в рядках с востока на запад.

Имеются и другие факторы, которые ограничивают уровень урожайности посевов: влагообеспеченность, плодородие почвы, реакция почвенной среды, воздушный режим, обеспеченность углекислотой.

Основываясь на биологических особенностях культуры, их требованиях к факторам внешней среды, можно рассчитать величину запрограммированного урожая, под этот уровень урожайности определить оптимальную густоту посевов и норму высева семян, дозы удобрений, технологию обработки почвы и ухода за посевами и другие элементы прогрессивной (интенсивной) технологии, что обеспечит получение высоких гарантированных урожаев полевых культур при наиболее полном использовании биоклиматического потенциала конкретного региона.

Программирование предусматривает обеспечение посевов всеми факторами, воздействующими на формирование урожайности, выраженных в количественных показателях, и оценку прихода и расхода каждого фактора путем составления баланса.

Таким образом, исходя из вышесказанного, можно сделать заключение, что *программирование урожаев – раздел науки, который имеет свои*

методы подхода к решению поставленной задачи, в основу которых положен балансовый метод учета основных факторов жизни растений (солнечная радиация, влага, тепло, элементы питания), при этом учитывается весь комплекс факторов и приемов, которые обеспечивают получение заранее заданного уровня урожайности.

Теоретической основой науки «Программирование урожаев» является фотосинтетическая деятельность, минеральное питание растений, управление формированием посевов оптимальной структуры, которые следует рассматривать как единую биологическую систему с определенными параметрами агрофитоценоза и климатических условий.

Объектом исследований является растение во взаимосвязи его роста и развития с факторами внешней среды.

1.4. Основные принципы программирования урожаев в формулировках И.С. Шатилова и М.К. Каюмова

Урожайность любой культуры формируется при сложном взаимодействии растений с внешней средой, а ее уровень определяется обеспеченностью солнечной энергией, углекислым газом, водой, элементами минерального питания, состоянием водно-воздушного режима почвы и др.

Исходя из этого, академик И.С. Шатилов (1973) выделил и сформулировал десять основных направлений, которые он назвал принципами программирования урожайности, опирающихся на экологические, биологические и агротехнические условия. Первые пять из предложенных автором принципов предусматривают учет влияния факторов внешней среды на формирование урожая и методов их оценки.

1. Определение уровня урожайности по приходу ФАР и коэффициенту его использования.

2. Учет биоклиматических показателей и определение потенциальных возможностей культур и сортов в зависимости от конкретных почвенно-климатических условий.

3. Определение уровня урожайности по влагообеспеченности, исходя из складывающихся погодных условий, а на орошаемых землях – обеспечение влагой в оптимальных размерах.

4. Учет и правильное применение законов и закономерностей земледелия и растениеводства.

5. Оценка потенциальных возможностей культур, агрофитоценозов, набора культур в севооборотах, а также в промежуточных посевах (поукосных, пожнивных).

Пять других принципов составляют технологическую схему возделывания культур.

1. Создание за счет соответствующих приемов фотосинтетического потенциала посевов, который способен в этих конкретных условиях обеспечить получение запрограммированного урожая.

2. Разработка комплекса агротехнических мероприятий, способствующих получению заданного уровня урожая.

3. Разработка системы удобрений с учетом выноса питательных веществ с программируемым урожаем, эффективного плодородия почвы и коэффициентов выноса питательных веществ из почвы и удобрений.

4. Разработка конкретных мер по борьбе с вредителями и болезнями, обеспечивающих выращивание здоровых растений и исключающих отрицательное влияние вредителей и болезней на урожайность соответствующей культуры.

5. Использование ЭВМ для расчета и выявления оптимального варианта комплекса агротехнических мероприятий, обеспечивающих получение максимально возможного уровня урожайности.

Опираясь на данные принципы программирования, можно комплексно совершенствовать технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Научное понимание сути прогрессивных (интенсивных) технологий возделывания полевых культур должно опираться на предложенные И.С. Шатиловым принципы программирования, широко используемые в передовой практике, в частности, балансовый метод учета факторов и др., а принципы программирования урожаев – стать теоретической основой интенсивных технологий возделывания культур.

Выделение названных принципов программирования имеет определенную условность, поэтому по мере накопления наукой и практикой новых сведений они могут совершенствоваться, дополняться.

Ученик И.С. Шатилова М.К. Каюмов (1989), основываясь на взаимосвязи роста растений с факторами внешней среды, сформулировал в новой редакции шесть принципов программирования урожаев, которые имеют определенную практическую значимость.

1. *Физиологические принципы* – формирование посевов с оптимальными показателями площади листьев, фотосинтетического потенциала (ФП), чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ), обеспечивающих получение максимально возможного урожая в конкретных почвенно-климатических условиях.

2. *Биологические принципы* связаны с оптимизацией водного, воздушного, теплового и пищевого ре-

жимов почвы, что особенно успешно осуществляется в теплицах, камерах искусственного климата и др. В естественных условиях регулируют отдельные факторы или группу факторов, которые оказывают наибольшее влияние на продуктивность сортов. В частности, тепловые мелиорации, гребневые посадки картофеля и посевы кукурузы, импульсное орошение и др.

3. *Агрохимические принципы* предусматривают обоснование экологически оправданных доз удобрения с учетом эффективного плодородия, выноса питательных веществ с урожаем, повышение окупаемости каждой единицы удобрений за счет лучшего способа их внесения: локального, ленточного, прикорневого и др.

4. *Агрофизические принципы* – оптимизация физических и физико-химических свойств почв (объемная масса, удельное сопротивление, пористость, плотность, влагоемкость, водопроницаемость, теплоемкость и др.). Например, воздушный режим почвы достигает оптимального значения при объемной массе суглинистых почв не более 1,0-1,2 г/см^3 и не более 1,1-1,4 г/см^3 для супесчаных и песчаных почв.

5. *Агрометеорологические принципы* – рациональное использование климатических показателей для обоснования продуктивности посевов, прогнозирования условий в течение вегетационного периода и др.

6. *Агротехнические принципы* заключаются в разработке и внедрении оптимальных для конкретных условий технологий возделывания культуры, обеспечивающих своевременное и высококачественное проведение всего агротехнического комплекса работ с учетом биологических особенностей культуры, сорта и почвенно-климатических условий региона.

Таким образом, ключевая задача повышения продуктивности посевов – увеличение использования солнечной радиации в процессе фотосинтеза за счет более полного обеспечения растений регулируемыми факторами путем внедрения интенсивных (оптимальных) технологий возделывания культур, наиболее полно учитывающих биологические особенности культур и сортов, а также соблюдения основных законов и закономерностей земледелия и растениеводства.

1.5. Основные этапы выполнения работы по программированию урожаев

Подводя итоги по рассматриваемой проблеме, можно сделать следующее заключение, что программирование урожайности – относительно новое направление в агрономической

науке, объединяющее достижения растениеводства, кормопроизводства, земледелия, агрохимии, почвоведения, физиологии растений, защиты растений, сельхозмашиностроения, физики, кибернетики, экономики сельского хозяйства и др.

Основные задачи программирования связаны с познанием потребностей растений в факторах внешней среды (тепло, влага, пища, свет и др.), методики оценки потенциальных возможностей посевов с учетом обеспеченности их нерегулируемыми факторами (тепло, свет, влага) и особенно по фактору, лимитирующему уровень урожайности; на основании расчетов возможного уровня урожайности (ДВУ) по лимитирующему фактору определить потребность посевов в регулируемых факторах (пища, формирование агрофитоценоза и др.) в количественных показателях для получения максимально возможного в этих условиях уровня урожайности.

Программирование урожаев предполагает развитие интегрированного системного подхода к оценке роли и значимости различных факторов среды и их взаимодействия в процессе формирования урожая, а как раздел науки – имеет свой метод подхода к решению поставленной задачи, в основу которого положен балансовый метод расчета основных факторов жизни растений (солнечной радиации, влаги, тепла, элементов питания и др.), то есть берется комплекс факторов и приемов, который позволяет обеспечить получение заданного уровня урожайности. Применение программирования урожайности позволяет составлять научно обоснованные технологии, рекомендации, обеспечивающие максимальный выход сельхозпродукции высокого качества с единицы площади.

Программирование предусматривает установление балансовым методом уровня урожайности полевой культуры в конкретных условиях поля в зависимости от обеспеченности нерегулируемыми и лимитирующими факторами жизни растений (влага, тепло) и расчет под этот уровень урожайности регулируемых факторов (пища, площадь листовой поверхности, оптимальная густота стеблестоя (травостоя), уровень агротехники и т.д.), выраженных в количественных показателях в соответствии с законом оптимума.

Программирование урожайности позволяет дать научное доказательство понятиям максимального, или потенциального урожая (ПУ), действительно возможного урожая (ДВУ) и фактически получаемого в производственных условиях (УП), установить причины несоответствия УП ДВУ ПУ и определить приемы сокращения разрыва между этими показателями.

При программировании урожайности необходимо выполнить три основных этапа.

Первый этап – установление для определенной почвенно-климатической зоны лимитирующего комплекса факторов и обоснование возможного урожая на основе его моделирования.

Второй этап – разработка комплекса соответствующих агротехнических мероприятий с выбором конкретных количественных критериев эффективности производства (максимально возможная урожайность, максимальный доход или минимальные затраты для получения заданной урожайности.

Третий этап – обеспечение оперативных наблюдений за ходом форми-рования урожая и внесения необходимых уточнений в систему запланированных агротехнических мероприятий в соответствии со складывающимся агрометеоположением).

В связи с серийными поставками быстродействующих ЭВМ появилась возможность программирования урожаев в производственных условиях, исходя из действительно возможной урожайности (ДВУ), рассчитанной на полигонах, конкретных производственных условий, бонитета почвы, основных среднемноголетних климатических показателей и др. Разрабатываются модели множественной линейной регрессии зависимости урожайности от условий производства. Программирование урожаев по моделям осуществляется с помощью ЭВМ.

Контрольные вопросы

1. Проблемы обеспечения продовольствием населения Земли и пути их решения.
2. Задачи, связанные с обеспечением продовольственной независимости и производством конкурентоспособной продукции сельского хозяйства и пути их решения в РК.
3. Этапы развития программирования урожаев как науки. Ученые, внесшие вклад в развитие науки и ее популяризации.
4. Дайте оценку основных нерегулируемых и регулируемых факторов жизни растений на формирование урожайности.
5. Задачи программирования как науки, научные и учебные дисциплины, на которые опирается эта наука.
6. Методы исследований, применяемые в программировании урожаев, и объекты исследований. Отличие данных методов исследований от применяемых в других науках.

7. Какие приемы программирования позволяют управлять формированием урожайности полевых культур?

8. Теоретические основы программирования как научной дисциплины.

9. Принципы программирования урожайности в формулировке И.С. Шатилова. Их теоретическое и практическое значение.

10. Принципы программирования урожайности в формулировке М.К. Каюмова. Их теоретическое и практическое значение.

11. Каковы основные этапы программирования урожайности?

РАЗДЕЛ II. УЧЕТ ВЛИЯНИЯ НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ И ОСНОВНЫЕ ПУТИ ИХ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Из десяти принципов программирования, сформулированных И.С. Шатиловым, четыре предусматривают учет влияния нерегулируемых факторов жизни растений на формирование урожайности: биоклиматические условия, приход ФАР, влагообеспеченность посевов и потенциальные возможности культур, сортов, агрофитоценозов и др. В такой же последовательности будут рассматриваться и исследоваться эти вопросы в учебном пособии.

Глава 1. ОЦЕНКА БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУЛЬТУР И СОРТОВ РАЗНЫХ ГРУПП СПЕЛОСТИ

Потенциальные возможности культур и сортов могут полностью раскрываться лишь при оптимальной обеспеченности их потребности факторами жизнедеятельности, в связи с чем необходимо знать требования растений к этим факторам и учитывать возможность обеспечения потребности их в конкретных почвенно-климатических условиях региона, то есть сделать биоклиматическую оценку условий региона, области, района, хозяйства и т.д.

Биоклиматическая оценка проводится по следующим основным параметрам: среднее многолетнее количество выпадающих осадков и их распределение в течение года, сумма средних суточных температур, даты перехода средних суточных температур воздуха через 0, +5, +10 °С и продолжительность периода с температурами выше этих порогов, дата первого и последнего заморозков, продолжительность беззаморозкового периода с учетом возможной даты наступления ранних осенних и поздних весенних заморозков, оценка почвы по эффективному плодородию и другим показателям, расчет возможной урожайности и др. Одновременно оцениваются требования культур и сортов разных групп спелости в суммах активных температур при возделывании их на корм и семена, устойчивость к заморозкам в разные фазы вегетации и другие биологические особенности

их, иными словами, представляется возможным сделать заключение, как может «вписаться» та или иная культура, сорт в конкретные почвенно-климатические условия региона, хозяйства.

1.1. Условия увлажнения в почвенно-климатических зонах РК

По условиям увлажнения районами со стабильными возможностями для возделывания сельскохозяйственных культур считаются такие, где выпадает не менее 400-500 мм в год, из которых не менее 300-350 – за вегетационный период, а регионы, в которых выпадает меньшее количество осадков, относят к зонам рискованного земледелия.

Среднее многолетнее количество осадков в Казахстане колеблется от 250 до 335 в степной и лесостепной зонах, до 450-560 мм – в предгорных зонах, снижаясь в пустынной зоне до 100-150 мм (табл. 1.1), поэтому даже самые северные лучшие в земледельческом отношении районы республики входят в зону рискованного земледелия.

Таблица 1.1

Среднее многолетнее количество осадков и распределение по месяцам теплого периода по ряду пунктов Казахстана, мм

Пункт	Годовое кол-во осадков	В том числе за теплый период (IV-X)	Из них по месяцам						
			IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Петропавловск	335	260	19	30	51	59	46	30	25
Костанай	278	216	19	26	36	48	34	25	26
Аркалык	270	178	14	17	29	38	35	20	25
Кокшетау	281	227	15	29	42	53	37	28	28
Астана	302	210	17	24	40	47	34	24	24
Павлодар	247	177	13	24	32	34	36	19	19
Караганды	315	204	22	27	41	42	28	21	23
Орал	295	186	20	32	25	30	27	21	31
Семей	275	180	16	24	35	35	25	20	25
Усть-Каменогорск	452	312	29	46	55	62	44	35	41
Кызылорда	109	49	14	11	5	5	3	4	7
Шымкент	524	233	70	41	13	2	4	7	33
Тараз	287	154	44	36	21	9	6	8	30
Талдыкорган	323	192	37	44	27	22	12	19	31
Алматы	560	369	90	90	54	36	24	27	48

Представленные в таблице средние многолетние данные по количеству выпадающих осадков по периодам и месяцам года дают возможность оценить условия влагообеспеченности той или иной культуры в течение вегетационного периода. Эти показатели позволяют сделать заключение, что растениеводческие отрасли относительно успешно можно развивать в лесостепной и степной зонах с умеренным увлажнением (среднее годовое количество осадков 270-335 мм), площадь которых суммарно составляет 35-40% от общей территории страны. Сюда входят Северо-Казахстанская, Костанайская, Акмолинская, большая часть Западно-Казахстанской, северная часть Актюбинской, Павлодарской, Карагандинской, Восточно-Казахстанской и предгорные районы Восточно-Казахстанской областей, в которых имеется возможность выращивать зерновые, кормовые и ряд технических культур, развивать молочно-мясное животноводство, в южных районах этих областей ус-ловия для развития растениеводческих отраслей осложнены.

В полупустынной (среднее годовое количество осадков 150-250 мм) и пустынной зонах со средним годовым количеством осадков – 110-160 (в отдельные годы 30-100 мм) возделывание культур возможно лишь при орошении. В полупустынную зону входят южные районы Западно-Казахстанской, Актюбинской, Костанайской, Карагандинской, Павлодарской и Восточно-Казахстанской областей. В южной части Казахстана (южнее 48° с.ш.) располагается пустынная зона, почти третью часть которой занимают песчаные массивы – Кызылкумы, Муюнкумы, Приаральские Каракумы и др. Полупустынная и пустынная зоны занимают около половины всей площади Казахстана, на территории которых могут развиваться хозяйства животноводческого направления: овцеводство, верблюдоводство, коневодство, и только по долинам рек возможно разведение крупного рогатого скота.

Предгорные и горные районы Тянь-Шаня и Алтая отличаются хорошими условиями увлажнения и располагают относительно высокими по урожайности и составу фитоценозов естественными кормовыми угодьями, которые используются преимущественно в качестве отгонных пастбищ.

1.2. Гидротермический коэффициент – показатель влагообеспеченности региона

При оценке уровня увлажнения региона следует учитывать гидротермический коэффициент (ГТК) по Г.Т. Селянинову, который определяется

отношением суммы осадков (r) в мм за период со среднесуточными температурами воздуха выше 10 °С к сумме температур ($\sum t$) за тот же период, уменьшенной в 10 раз, т.е.:

$$ГТК = \frac{r}{0{,}1\sum t}.$$

ГТК используется при сельскохозяйственной оценке климата для выделения зон с различной влагообеспеченностью сельхозкультур: *чем ниже ГТК, тем засушливее регион, а показатель ГТК менее единицы уже свидетельствует о засушливости климата.* Средние значения ГТК за вегетационный период по почвенно-климатическим зонам РК выглядят следующим образом:

– лесостепная и степная (с умеренным увлажнением) – 0,8-0,9;

– сухостепная и полупустынная – 0,3-0,6;

– пустынная – менее 0,1-0,2, т.е. даже наиболее благоприятные для земледелия районы РК имеют ГТК ниже единицы.

ГТК может рассчитываться и для отдельного отрезка вегетационного периода, что позволяет дать оценку степени увлажнения посевов:

– ГТК = 0,4 – признак очень сильной засухи;

– ГТК = 0,4-0,5 – сильной;

– ГТК = 0,6 – признак средней засухи.

Условия увлажнения лесостепной и степной зон позволяют выращивать яровые зерновые культуры: пшеницу мягкую сильных сортов и твердую, ячмень, овес, просо, гречиху; зернобобовые – горох, чину, нут; масличные – лен масличный, подсолнечник, рапс и др., кормовые многолетние травы – люцерну, кострец безостый (в северной части региона), эспарцет, житняк (в южной части региона), донник и др.; однолетние травы – вику (северная часть региона), суданскую траву, могар, чумизу, просо кормовое; силосные культуры – кукурузу, подсолнечник, сорго и др.

Уровень урожайности культур в зависимости от метеорологических условий и уровня агротехники колеблется в большом диапазоне: зерновые и зернобобовые – 5-20 ц/га, силосные – 60-200 ц/га зеленой массы, сена многолетних трав – 5-25 ц/га.

Урожайность всех культур во многом зависит от годового количества выпадающих осадков и характера их распределения в течение летнего вегетационного периода, принимая во внимание, что максимальная потребность растений во влаге (критические периоды) в фазы выхода в трубку, колошения (бутонизации), цветения, которые у однолетних культур в Северном Казахстане приходятся в зависимости от биологических особенностей у одних – на конец июня, других – июль, третьих – первую половину августа, у многолетних трав –

май, первую половину июня. Поскольку летний максимум осадков в большинстве лет в этом регионе приходится на конец июня, июль и начало августа, то для лучшего использования влаги летних осадков считается целесообразным смещать срок посева культур, относящихся к ранним яровым, на более поздний: пшеницу на период 15-25 мая, а более скороспелые культуры ячмень и овес – конец мая и начало июня.

1.3. Тепловой режим почвенно-климатических зон РК и общие требования к теплу основных полевых культур

В оценку теплового режима входят следующие основные показатели: сумма положительных температур, даты перехода среднесуточных температур через 0, +5,+10,+15 °С, даты наступления поздних весенних и ранних осенних заморозков и продолжительность беззаморозкового периода (средняя, минимальная и максимальная), при этом важно сделать заключение, какие культуры, сорта могут «вписываться» в этот режим.

Отсчет сумм положительных температур ведется от нескольких уровней: 0, +5, +10, +15 °С, что связано с биологическими особенностями растений: при переходе среднесуточных температур через 0 °С начинают прорастать семена и идти в рост холодостойкие растения (при положительных температурах +1, +3 °С начинают прорастать семена пшеницы, ячменя, овса, житняка и др.); при температурах +5 °С и выше появляются всходы холодостойких культур – пшеницы, ячменя, овса, гороха, кормовых трав – люцерны, эспарцета, донника, житняка, костреца безостого и др.; при температурах выше +10 °С начинают прорастать семена теплолюбивых культур – кукурузы, сорго, суданской травы, гречихи, проса и др., а хлопчатника и риса – при +14, +15 °С.

Сумма положительных температур выше 0 °С в пределах Казахстана колеблется от 2415 до 2800 – в северных областях, до 3526-4511 – в южных, выше +5 °С соответственно от 2300-2700 до 3400-4400 и более + 10 °С от 2080-2400 °С и до 3200-4065 °С (табл. 1.2).

У многолетних трав при выращивании на корм для достижения фазы укосной спелости (фаза выметывания или выколашивания, бутонизации, цветения) требуется сумма активных температур (выше +5°) от 700 до 900 °С, для достижения фазы спелости семян 1100-1500 °С, однолетних трав (могар, суданская трава) соответственно 1100-1200 °С и 1600-1800 °С (табл. 1.3).

Потребность в сумме активных температур (для хлебных злаков 1-й группы – выше +5 °С) в зависимости

Таблица 1.2

Сумма средних суточных температур воздуха за период с температурой выше 0, +5, +10, +15 °С

Пункт	Сумма положительных температур в °С выше			
	0°	+5°	+10°	+15°
Петропавловск	2415	2342	2081	1513
Костанай	2665	2597	2359	1860
Аркалык	2842	2780	2552	2094
Кокшетау	2571	2492	2241	1681
Астана	2602	2526	2295	1756
Павлодар	2796	2725	2486	1979
Караганды	2654	2577	2343	1800
Орал	3140	3059	2821	2375
Семей	2789	2713	2442	1935
Усть-Каменогорск	2629	2539	2275	1755
Кызылорда	3950	3876	3647	3240
Шымкент	4511	4385	4065	3527
Тараз	3840	3760	3506	2960
Талдыкорган	3526	3448	3173	2597
Алматы	3760	3674	3411	2826

Таблица 1.3

Потребность кормовых трав в тепле за вегетационный период при выращивании на корм и семена

Культура	Сумма активных температур при выращивании	
	на корм	на семена
Люцерна	800-890	1200-1500
Эспарцет	650-800	1100-1200
Донник	750-900	1200-1400
Житняк	700-750	1200-1300
Кострец безостый	800-900	1200-1400
Суданская трава	1100-1200	1800-2200
Могар	1100-1200	1600-1800
Рапс	500-600	950-1100

от группы спелости сорта колеблется от 950 до 1700°, а для теплолюбивых культур, у которых отсчет суммы активных температур идет от +10 °С – 2200-3000°, у хлопчатника – выше +15 °С – 2200-3000 °С и 2900-4000 °С (табл. 1.4).

Таким образом, сопоставив потребность в тепле (сумме активных температур, °С) культур, сортов, гибридов разных групп спелости и обеспеченность этим фактором, с учетом дат перехода суточных температур через 0, +5, +10, +15 °С и продолжительности периода с этими температурами, можно оценить возможности возделывания этих культур, сортов в условиях конкретного региона.

Таблица 1.4

Потребность сельскохозяйственных культур в тепле за вегетационный период для широты 55 °С

Культура	Группа спелости, сорта, гибриды	Сумма активных температур, °С
Яровая пшеница (мягкая)	раннеспелый	1200-1400
	среднеспелый	1300-1500
	позднеспелый	1450-1700
Яровая пшеница (твердая)	среднеранний	1400-1500
	среднеспелый	1500-1600
	позднеспелый	1600-1700
Ячмень	раннеспелый	950-1250
	среднеспелый	1200-1350
	позднеспелый	1300-1450
Овес	раннеспелый	1000-1250
	среднеспелый	1250-1450
	позднеспелый	1400-1550
Просо	раннеспелый	1400-1570
	среднеспелый	1600-1675
	позднеспелый	1700-1875
Гречиха	раннеспелый	1200
	среднеспелый	1300
	позднеспелый	1400
Кукуруза	раннеспелый	2200
	среднеспелый	2600
	позднеспелый	2900-3000
Сорго	раннеспелый	2000-2200
	среднеспелый	2500
	позднеспелый	3000

Подсолнечник	раннеспелый	1850
	среднеспелый	2000
	позднеспелый	2300
Хлопчатник	наиболее раннеспелый	2900
	раннеспелый	3100
	среднеспелый	3400
	среднепоздний	3600
	позднеспелый	4000
Соя	наиболее раннеспелый	1700-1900
	среднеспелый	2500-2800
	позднеспелый	3000-3200

в 1-й декаде октября с продолжительностью 160-170 суток, через +10 °С – в 1-й декаде мая (табл. 2.5). В южных областях республики переход температур через +5 °С происходит на целый месяц раньше северного региона – во 2-й половине марта, а осенью – в конце октября – начале ноября, продолжительность периода составляет в среднем 208-244 суток, то есть на 50-80 суток больше; длительность периода с температурами выше +10 °С на севере составляет 130-140 суток, на юге – 170-200 суток, что позволяет сделать вывод о возможности возделывания соответствующих групп культур в определенной почвенно-климатической зоне.

Период вегетации культур, особенно теплолюбивых, в том или ином регионе ограничивается не только обеспеченностью суммой активных температур, но и продолжительностью беззаморозкового периода, что вносит существенные поправки в продолжительность вегетационного периода, а также нередко в производственных условиях приводит к повреждению посевов и даже их гибели в весенний и позднелетний периоды.

В северных областях Республики средняя дата последнего весеннего заморозка зафиксирована 15-22 мая, однако в отдельные годы поздние заморозки могут быть в этих районах 10-15 и даже 22 июня (табл. 1.6), в южных регионах средняя дата наступления весенних заморозков бывает во 2-й декаде апреля. Средняя дата наступления осенних заморозков в северном регионе – 2-я декада сентября, хотя в отдельные годы заморозки могут быть во 2-й декаде августа, в связи с чем беззаморозковый период может сокращаться на севере до 80 суток, на юге – 114-115.

Таблица 1.6

Дата первого и последнего заморозков и продолжительность беззаморозкового периода

Пункт	Дата последнего заморозка			Дата первого заморозка			Продолжительность беззаморозкового периода, суток		
	средняя	самая ранняя	самая поздняя	средняя	самая ранняя	самая поздняя	средняя	Наименьшая	наибольшая
Петропавловск	18/V	16/IV	11/VI	20/IX	19/VIII	8/X	124	88	169
Костанай	21/V	8/V	13/VI	16/IX	25/VIII	6/X	117	84	144
Аркалык	5/V	20/IV	28/V	21/IX	7/IX	10/X	138	112	160
Кокшетау	22/V	27/IV	22/VI	20/IX	25/VIII	12/X	120	78	147
Астана	15/V	21/IV	10/VI	16/IX	25/VIII	6/X	123	86	156
Павлодар	13/V	17/IV	13/V	21/IX	4/IX	14/X	130	107	166
Караганды	18/V	23/IV	13/VI	21/IX	26/VIII	9/X	125	88	157

Для более полной оценки биоклиматических условий региона следует учитывать не только продолжительность беззаморозкового периода, средние и возможные даты наступления весенних и осенних заморозков, но и устойчивость растений к заморозкам в разные фазы вегетации.

Устойчивость растений к заморозкам при падении температуры ниже 0 °С на поверхности почвы и растений, наблюдаемая в вегетационный период при положительных среднесуточных температурах воздуха, зависит от биологических особенностей и фазы вегетации растений: в фазу всходов они наиболее устойчивы, а наименьшую устойчивость имеют в период формирования генеративных органов, цветения, плодоношения, налива. По этому показателю все культуры делятся на 5 групп: наиболее устойчивые, устойчивые, среднеустойчивые, малоустойчивые и неустойчивые (табл. 1.7).

Даты перехода среднесуточных температур через 0, +5, +10, +15 °С, а также устойчивость растений к заморозкам следует учитывать и при определении сроков посева культур: семена холодостойких культур: люцерны, донника, эспарцета, житняка, костреца безостого, пшеницы, овса, ячменя, гороха, нута, чины начинают прорастать при температурах +2, +3 °С, а при +5, +6 °С можно получить всходы, теплолюбивые – кукуруза, сорго, просо, суданская трава, могар, чумиза, соя, гречиха – при +8, +10 °С, рис и хлопчатник – от +10

Таблица 1.7

Устойчивость сельскохозяйственных культур к заморозкам в разные фазы вегетации (температура в °С дана над уровнем растений)

Культуры	Начало повреждения и частичная гибель растений в фазе			Гибель большинства растений в фазе		
	всходов	цветения	созревания (молочная спелость)	всходов	цветения	созревания (молочная спелость)
Наиболее устойчивые						
Яровая пшеница	-9-10	-1-2	-2-4	-10-12	-2	-4
Овес, ячмень	-8-9	-1-2	-2-4	-10-12	-2	-4
Горох, чина	-7-8	-2-3	-2-3	-8-10	-3	-4
Люцерна	-5-9			-8-10		
Эспарцет, донник	-10-12			-12-14		
Житняк, кострец безостый, пырей	-18-20			-20		
Устойчивые						
Вика яровая	-6-7	-3	-2-4	-8	-3-4	-4
Нут	-6-7	-2-3	-2-3	-8	-3	-3-4
Подсолнечник	-5-6	-3	-2-3	-7-8	-3	-3
Сафлор	-6-7	-2-3	-3-4	-8	-3	-4
Горчица белая	-6-7	-2-3	-3	-8	-3	-4
Свекла сахарная	-6-7	-2-3	-	-8	-3	-
Среднеустойчивые						
Соя	-3-4	-2	-2-3	-4	-2	-3
Малоустойчивые						
Кукуруза, просо, суданская трава, сорго, могар, чумиза	-2-3	-1-2	-2-3	-3	-2	-3
Неустойчивые						
Гречиха	-1-2	-1	-1,5	-2	-1	-2
Хлопчатник	-0,5-1	-0,5-1	-1	-1	-1	-1-2
Рис	-0,5-1	-0,5	-	-1	-0,5	-

до +15 °С, а минимальные среднесуточные температуры почвы на глубине заделки семян должны быть не менее +10-12 °С, для риса, хлопчатника – +14-15 и +16-18 °С (табл. 1.8).

Таблица 1.8

Оптимальная среднесуточная температура почвы для посева теплолюбивых культур в °С

Культуры	Начальная температура прорастания семян	Среднесуточная температура почвы на глубине заделки семян, при которой целесообразен посев
Кукуруза, просо, сорго, суданская трава, могар, чумиза	+8, +10	+10, +12
Рис	+10, +13	+14, +15
Гречиха	+5, +8	+10, +12
Соя	+8, +10	+10, +12
Хлопчатник	+10, +15	+16, +18

Таким образом, оценка биоклиматических показателей позволяет:

– *во-первых*, установить тепловые ресурсы и влагообеспеченность конкретного региона, хозяйства: средние многолетние значения количества осадков и их распределение, сумму положительных температур, даты наступления поздних весенних и ранних осенних заморозков, продолжительность беззаморозкового периода;

– *во-вторых*, исходя из знаний и биологических особенностях культур и сортов, можно определить, какие из них необходимо возделывать в рассматриваемых условиях;

– *в-третьих*, зная средние даты перехода температур через определенные температурные «пороги», учитывая начальные температуры прорастания семян и устойчивость растений к заморозкам, определить примерные сроки посева, позволяющие достигнуть посевам фазы полной спелости до наступления ранних осенних заморозков;

– *в-четвертых*, имеется реальная возможность оценить потенциальные возможности культур, сортов, учитывая, что позднеспелые сорта (гибриды) отличаются более высоким потенциалом урожайности.

Контрольные вопросы

1. Что входит в понятие «биоклиматические показатели» и биоклиматический потенциал сельхозкультур, сортов?

2. Каковы средние даты перехода среднесуточных температур через 0, +5, +10, +15 °С в разных регионах республики и какова сумма температур вышеуказанного уровня?

3. Какова потребность в тепле основных сельскохозяйственных культур разных групп спелости и их обеспеченность теплом за вегетационный период в разных почвенно-климатических зонах республики?

4. Каковы средние даты наступления возможных поздних весенних и ранних осенних заморозков, продолжительность беззаморозкового периода в разных областях республики?

5. Какова устойчивость к заморозкам основных групп сельскохозяйственных культур в разные фазы вегетации?

6. Какова общая оценка по основным параметрам биоклиматического потенциала сельскохозяйственных областей Казахстана и возможности возделывания в них сельскохозяйственных культур и сортов разных групп спелости?

7. Что характеризует ГТК? Какова методика его расчета по Г.Т. Селянинову?

8. Каково практическое значение оценки биоклиматических показателей?

Глава 2. ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИ АКТИВНАЯ РАДИАЦИЯ И МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ПО ПРИХОДУ ФАР

2.1. Роль солнечной радиации, поступающей на землю

Солнце является огромным и неистощимым источником энергии, который используется всеми животными и растительными организмами планеты Земля. Именно Солнцу, поставляющему на Землю энергию в виде радиации (тепло, свет), мы обязаны возникновением и сохранением жизни от мельчайших микроорганизмов до животных-гигантов и человека и от мельчайших растений – водорослей до гигантских деревьев. Органическое вещество, накопленное растениями, в свою очередь используется травоядными животными и другими организмами как источник энергии, далее в этой экологической цепочке идут плотоядные животные, поедающие травоядных, а также насекомые, микроорганизмы и др., утилизирующие животные и растительные остатки.

Человечество обязано Солнцу и запасами энергоносителей, накопленными за многие миллионы лет и широко используемыми в настоящее время: нефть, газ, каменный и бурый уголь, торф и другие, поскольку в них аккумулировалась энергия растительных и животных организмов, живших в доисторические времена, полученная от нашего Светила.

Нефть и природный газ – ископаемое топливо, ископаемые энергоносители, состоящие из смеси углеводородов, образовавшихся в результате отмирания и разложения древних живых организмов и органических остатков, в частности, морского планктона, из-за которых в мире идет серьезная борьба между странами, вплоть до войн (Ирак и др.).

Количество энергии, поступающей на Землю от Солнца, измеряется поистине астрономическими цифрами – многими млрд. кДж/га и зависит от широты местности, времени года, времени суток – максимальное количество ее поступает в районе экватора, минимальное – возле полюсов, максимальное – в весенне-летний, минимальное – в осенне-зимний периоды.

Энергия поступает на Землю в виде радиации с длиной волн от 280 до 4000 нанометра (нм). Нанометр – с греч. слова *nanos – карлик*, составляющий одну млрд. часть метра, или 1 нм = 10^{-9} м. Чтобы представить эту величину, проведем ряд расчетов: 1 м = 1000 мм, 1 мм = 1000 микрон, 1 микрон = 1000 миллимикрон, или нанометров, иными словами, если

мысленно представим, что одно деление на линейке в 1 мм раздроблено еще на 1 млн. частей, то 1 млн. мм и будет составлять нм.

Различают два вида естественной радиации:

– коротковолновая или интегральная с длиной волны 280-400 нм;

– длинноволновая с длиной волны 400-4000 нм.

Растения при участии пигментов хлорофилла, придающего листьям и растениям зеленый цвет, каротиноида – желтый, антоциана – красный и фитохрома – синий, усваивают солнечную радиацию, преобразуя ее в углеводы, т.е. энергия солнца в растениях аккумулируется в виде энергии накопленного органического вещества. *Органическое вещество растений составляет 90-96% от общей их биомассы, а потому становится понятным, насколько важную роль играет программирование урожая и система мер, направленных на оптимизацию фотосинтетической деятельности посевов.*

Роль пигментов хлорофилла, каротиноидов, антоциана и фитохрома, участвующих в процессе фотосинтеза, различна, – ведущую роль в этом процессе играет хлорофилл, однако другие три пигмента играют также определенную роль в процессе фотосинтеза. Внешне они проявляют себя, придавая молодым, интенсивно растущим весной побегам и листьям растений желтый, красный и синеватый цвет. Осенью трава приобретает желтый цвет, листья березы – желтый, клена, шиповника, розы – красный и др.

Смена зеленой окраски листьев растений связана с тем, что осенью с понижением температуры воздуха и уменьшением количества света у них срабатывают «биологические часы», и в черешке листьев образуется пробковый слой, который сначала замедляет фотосинтез, а затем полностью прекращает, хлорофилл распадается и перестает маскировать своей зеленой массой другие пигменты – участников фотосинтеза, придавая соответствующий цвет листьям (желтый, красный, синий).

2.2. Фотосинтетически активная радиация и методы ее учета

Растения в процессе фотосинтеза могут использовать из общего количества поступающей на Землю солнечной радиации с длиной волн от 280 до 4000 нм только излучение в интервале от 310 до 710 нм, которое принято называть фотосинтетически активной радиацией (ФАР) (рис. 2.1).

Условные обозначения:

	Радиация, используемая растениями в процессе фотосинтеза
	Радиация, не используемая растениями в процессе фотосинтеза

Рис. 2.1. *Доля ФАР в общей радиации, поступающей от Солнца, нм*

ФАР по своему происхождению подразделяется на следующие виды:

S' – прямая солнечная радиация – часть лучистой энергии Солнца, поступающая к земле в виде почти параллельных лучей от его видимого диска;

Д – рассеянная радиация – часть солнечной радиации, которая после рассеивания атмосферой и отражения от облаков падает на горизонтальную поверхность;

Q – суммарная радиация, которая равна *S'+Д*.

Прямую солнечную радиацию измеряют актинометрами и пиргелиометрами; суммарную рассеянную и отраженную радиацию – пиранометрами, приход прямой солнечной ФАР – фитоактинометрами, рассеянной и отраженной ФАР – фитопиранометрами.

Энергия ФАР, поступающая от Солнца, измеряется в кДж (ранее применялась ккал, которая равна 4,168 кДж), зависящая от широты местности, времени года и суток. Например, в экваториальных, тропических районах за год поступает до 39-25 млрд. кДж на каждый гектар поверхности земли или 39х109, а за полярным кругом – 5-6 млрд. кДж, то есть суммарный приход за теплый (вегетационный) период от Крайнего Севера до экватора возрастает в 7-8 раз, однако за короткий вегетационный период на Севере поступление ФАР в связи с длинным световым днем, – сравнительно высокое.

При программировании урожайности по приходу ФАР следует иметь информацию по конкретному региону о приходе солнечной энергии, которая является энергетической ос-

новой фотосинтеза, транспирации, поглощения и передвижения элементов минерального питания и ассимилятов. Приход солнечной энергии формирует тепловой, водный и воздушный режимы почвы и растений в течение всей их вегетации.

Измерение прихода ФАР – трудоемкая работа, требующая специального оборудования, может проводиться в учреждениях Гидрометслужбы, поэтому для приближенных расчетов можно пользоваться материалами климатологических карт, в которых приводятся средние месячные и за вегетационный период данные прихода ФАР (Н.А. Ефимова, Х.Н. Молдау и др.).

На территории Северного Казахстана величина прихода ФАР за период с температурой выше 5 °С составляет 14,4-15,1 млрд. кДж/га, с температурами выше 10 °С – 12,4-12,9 млрд. кДж/га, в областях Южного Казахстана соответственно 18,2-18,9 и 16,6-16,9 млрд. кДж/га, а в долинах Таджикистана эти показатели достигают 28,2-29,7 и 20,1-20,9 млрд. кДж/га.

Средний месячный приход ФАР за теплый период по трем пунктам Казахстана – Астана, Алматы и Костанай – представлен в таблице 2.1.

В Северном Казахстане на каждый гектар площади за май-сентябрь поступает до 13,8-14,7 млрд. кДж, в том числе за период вегетации яровой пшеницы – до 8,4-10,5, ячменя, гороха – до 7,5-9,6, кукурузы на силос – до 8,8-10,5, а многолетних трав – до 13,4-14,7 млрд. кДж/га, то есть наиболее полно приход ФАР могут использовать многолетние травы и ряд других холодостойких культур.

Таблица 2.1

Значения ФАР (млрд. кДж/га) за теплый период по ряду пунктов Казахстана

Месяц	г. Астана	г. Костанай	г. Алматы
Апрель	2,3	2,3	2,4
Май	3,0	3,1	3,3
Июнь	3,3	3,3	3,4
Июль	2,9	3,3	3,9
Август	2,6	2,6	2,9
Сентябрь	1,9	1,7	2,1
Октябрь	1.1	0,9	1,6

2.3. Использование посевами прихода ФАР и урожайность культур

Расчет потенциальной урожайности по приходу ФАР осуществляется по следующей методике: устанавливается фактическая продолжительность вегетационного периода исследуемой культуры, помесячные значения прихода ФАР суммируются за весь вегетационный период и определяется приход $Q_{фар}$. Затем составляется баланс, одна сторона которого приходная – приход ФАР на единицу площади, вторая (расходная) – количество энергии, накопленное урожаем биомассы на этой же площади, выраженных в кДж. Величина энергии, запасенной в урожае сухого вещества ($Q_{ур}$) (расходная часть баланса), определяется по формуле:

$$Q_{ур} = У \cdot С,$$

где $У$ – урожайность сухой биомассы, кг/га;

$С$ – калорийность сухой биомассы, кДж.

Усредненно калорийность 1 кг сухой биомассы растений составляет 16 тыс. 760 кДж, а детальные данные по ряду полевых культур представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Калорийность 1 кг сухой биомассы полевых культур, кДж, среднее

Культура	Органы растений			
	целое растение	основная продукция	побочная продукция	корневая система
Пшеница, овес, ячмень и др.	17600	18000	16700	16970
Горох, чина, нут и др.	18800	19600	16750	16760
Люцерна и др. бобовые травы	21750	21750	21750	16750
Житняк и др. злаковые травы	16800	16800	16800	16200
Однолетние травы	17500	17500	17500	16700
Кукуруза и др. силосные культуры	15600	15600	15600	15600
Кормовые корнеплоды	15400	15600	14800	14400

При расчете энергии, запасенной зерновыми культурами, берется в расчет урожай соломы, который можно принимать как 1,0:0,8-1,0 к урожаю зерна. Если в расчетах учитывается масса корневой системы растений, то в среднем ее можно принять (в % от надземной массы) – у хлебных злаков и однолетних трав – 20-30%, у многолетних трав – 65-100%.

Из общего количества прихода ФАР посевы используют очень незначительную часть. По величине коэффициента использования ФАР все посевы А.А. Ничипорович (1981) разделил на четыре группы:

1. Обычно наблюдаемые – 0,5-1,5%;
2. Хорошие – 1,5-3,0%;
3. Рекордные – 3,5-5,0%;
4. Теоретически возможные – 6,0-8,0%.

Ряд авторов (в частности М.К. Каюмов, 1989) высказывает мысль о том, что величина коэффициента использования поступающей на посевы ФАР может достигать – 17-21%, что означает повышение урожайности в 40-50 раз.

Расчеты показывают, что в пределах Казахстана (широта 42-55°) возможный уровень урожайности сухой массы при использовании ФАР:

а) при 1,0% может достигать 55-45 ц/га, или зерна 27-23 ц/га;

б) 2% – соответственно 110-90, или 55-45 ц/га зерна;

в) 3% – 165-135, или 82-67 ц/га зерна;

г) 4% – 220-180, или 110-90 ц/га зерна;

д) 5% – 270-230 ц/га, или 135-115 ц/га зерна.

В производственных условиях Северного Казахстана величина $К_{фар}$ (КПД ФАР) в зависимости от уровня урожайности у разных культур колеблется в среднем от 0,3 до 1,0% и только при высокой культуре земледелия и хорошей влагообеспеченности может достигать 1,5-2,5%.

Доведение КПД ФАР посевами в условиях Северного Казахстана до 5% позволило бы получать до 230-250 ц сена люцерны, 1150-1350 ц – зеленой массы кукурузы, 115-135 ц – зерна. К сожалению, таких потенциальных возможностей у большинства возделываемых культур и сортов нет, однако в ряде производственных опытов этот показатель достигал – 3,8%.

Например, в полевых и производственных опытах (Н.И. Можаев, 1979; А.Н. Можаев, 1986) в бывших учхозе Целиноградского СХИ, совхозах «40 лет Казахстана» и «Октябрь» Акмолинской области удалось довести коэффициент использования ФАР на посевах люцерны до 2-3,8%, на посевах кукурузы до 3%, при этом уровень урожайности зеленой массы люцерны достиг 420-650 ц/га, кукурузы – 850-1000 ц/га.

2.4. Методика и примеры расчета урожайности по приходу ФАР

Для выполнения расчета уровня урожайности по приходу ФАР составляется балансовая формула, в которой приходная и расходная часть баланса выглядят следующим образом:

$$Q_{фар} \cdot K_{фар} = У \cdot C \cdot 100,$$

где $Q_{фар}$ – приход ФАР за период вегетации культуры, кДж/га;

$K_{фар}$ – коэффициент использования (КПД) ФАР;

$У$ – урожайность абсолютно сухой биомассы, кг/га;

C – калорийность сухого вещества (кДж/кг сухой биомассы).

Приходная часть баланса характеризует поступление ФАР на 1 га за период вегетации культуры в кДж, с учетом ее использования посевами ($K_{фар}$), расходная часть – количество аккумулированной энергии растениями на 1 га посева ($У \cdot C$) в кДж.

Для расчета уровня урожайности культуры из баланса, представленного выше, выводится формула:

$$У = \frac{Q_{ФАР} \cdot K_{ФАР}}{C \cdot 100}$$

Примеры расчета кукурузы на силос. Исходные данные: $K_{фар}$ – 0,6%, $Q_{фар}$ – 8,8 млрд. кДж, C – 15600 кДж/кг. Подставляем исходные данные в формулу и вычисляем итог:

$$У = \frac{8{,}8 \cdot 10^9\ кДж/га \cdot 0{,}6\%}{15600\ кДж/кг \cdot 100} = 3385\ кг/га,$$

или 33,8 ц/га сухой массы, или 169 ц/га зеленой массы.

Люцерна на корм (при орошении и получении трех укосов). Исходные данные: $K_{фар}$ – 2%, $Q_{фар}$ – 12,5 млрд. кДж, C – 21750 кДж/кг. Подставляем исходные данные в формулу и вычисляем итог:

$$У = \frac{12{,}5 \cdot 10^9\ кДж/га \cdot 2}{21750\ кДж/га \cdot 100} = 11494\ кг/га$$

или 115 ц/га сухой массы.

Таким образом, при КПД 0,6% на посевах кукурузы урожайность сухой массы составила 3385 кг/га, или 33,8 ц/га, или зеленой массы – 169 ц/га; на посевах люцерны при $K_{фар}$ 2% – 11494 кг/га, или 115 ц/га сухой массы (сена). Проверить правильность полученных результатов можно, сопоставив возможный уровень урожайности в зависимости от $K_{фар}$.

Фактическая влажность зеленой массы у разных культур и в зависимости от фазы вегетации может колебаться от 65 до 85%, а содержание сухой массы – от 35 до 15%, однако для простейших расчетов следует брать среднее значение – 20%.

2.5. Методика расчета КПД ФАР ($K_{фар}$)

Для оценки количества аккумулированной энергии в полученном урожае в сравнении с поступившей возникает необходимость рассчитывать фактический коэффициент использования ФАР ($K_{фар}$) посевами, который определяется по формуле путем преобразования приведенного выше баланса:

$$K_{фар} = \frac{У \cdot С \cdot 100}{Q_{фар}},$$

где $K_{фар}$ – коэффициент использования ФАР (%);

$У$ – фактическая урожайность сухой биомассы;

$С$ – калорийность единицы урожая (кДж/кг);

$Q_{фар}$ – приход ФАР за период вегетации (кДж/га).

Таким образом, можно дать определение, что коэффициент использования ФАР ($K_{фар}$) представляет из себя отношение количества аккумулированной посевами энергии ($У \cdot С$) к количеству поступившей на эту площадь ФАР ($Q_{фар}$), выраженное в процентах.

При расчетах следует помнить, что в таблице 10 приводится калорийность 1 кг сухой массы растений, поэтому необходимо:

– во-первых, урожайность зеленой массы пересчитать на сухую, взяв усредненно влажность зеленой массы 20%,

– во-вторых, перевести урожайность из ц/га или т/га в кг/га,

– в-третьих, полученный показатель КПД сопоставить с теоретическим соотношением между урожайностью и коэффициентами использования ФАР.

Разумеется, что на приход ФАР земледелец влиять не в силах, но регулировать ее использование возможно за счет формирования посевов оптимальной структуры, поскольку солнечную радиацию способны лучше по-глощать посевы, быстро создающие большую площадь листовой поверхности – 40-50 тыс. м^2/га, а также высокорослые культуры с ярусным расположением листьев.

Наоборот, при чрезмерно большой площади листовой поверхности повышается затененность растений, ухудшается режим освещенности внутри травостоя, снижается интенсивность и продуктивность фотосинтеза листьев. По фотосинтетической деятельности растений и географическому распределению приходящей радиации определены теоретически возможные урожаи в различных зонах страны с колебаниями СНГ от 30 ц/га на севере до 600 ц/га на юге.

Сопоставление фактических и действительно возможных урожаев позволяет оценить неиспользованные резервы продуктивности посевов, вычислить показатели фотосин-

тетической деятельности, обосновать применение эффективных приемов и путей систематического и планомерного приближения фактической урожайности к потенциально возможной. Все приемы агротехники и применяемые элементы технологий, сорта, севообороты и др. должны быть направлены в конечном итоге на повышение процента использования поступающей на посевы ФАР, а, следовательно, на повышение урожайности культуры.

Изучение радиационного режима в биоценозах имеет почти вековую историю, однако до настоящего времени центральной проблемой остается разработка теории фотосинтетической продуктивности растений, которая смогла обеспечить такие пути интенсификации процессов фотосинтеза, способных аккумулировать посевами до 3-5% солнечной энергии за счет применения научно обоснованных элементов технологии возделывания культур интенсивного типа.

Анализируя материалы по одному из основополагающих нерегулируемых факторов, можно сказать, что приход ФАР в условиях Казахстана не является лимитирующим для роста и развития сельскохозяйственных культур, задача же заключается в том, чтобы более полно использовать поступающую на территорию Республики энергию Солнца – ФАР и поднять коэффициент его использования (КПД ФАР) с нынешних 0,3-0,5% хотя бы до 1,0-1,5% в неорошаемом земледелии и до 2,5-3,5% – при орошении.

Контрольные вопросы

1. Роль солнечной энергии в создании ископаемых энергоносителей.
2. В каких формах поступает солнечная энергия на Землю и в каких единицах измеряется?
3. Из каких показателей складываются приходная и расходная части баланса поступающей и аккумулированной посевами солнечной энергии?
4. Что такое ФАР? Методика расчета ФАР за вегетационный период различных сельскохозяйственных культур по географическим пунктам.
5. Какова методика расчета КПД посевов ($K_{\text{...}}$)?
6. В чем сущность методики определения потенциальной урожайности по заданному приходу ФАР?
7. Что такое калорийность и каковы ее средние значения у разных кормовых культур?
8. Каков возможный уровень урожайности в зависимости от КПД ФАР и группировка посевов по коэффициенту использования (КПД) ФАР (по А.А. Ничипоровичу)?

Глава 3. ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ПОСЕВОВ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ВОЗМОЖНОГО УРОВНЯ УРОЖАЙНОСТИ (ДВУ)

3.1. Классификация видов урожайности

При программировании выделяют три вида урожайности – потенциальная, действительно возможная и производственная.

Потенциальная урожайность (ПУ) – урожайность, которая может быть получена в идеальных метеорологических условиях при обеспеченности посевов в необходимом количестве теплом и влагой с учетом биологических особенностей культуры, сорта, уровня агротехники, прихода ФАР и др., которая является величиной непостоянной, – она возрастает при совершенствовании технологии возделывания культуры, применении лучших сортов и гибридов, обеспечении баланса питательных веществ и влаги в соответствии с заданным КПД ФАР и др.

Действительно возможная урожайность (ДВУ) теоретически может быть обеспечена генетическим потенциалом сорта или гибрида и лимитирующими нерегулируемыми факторами, которые в разных почвенно-климатических зонах ограничивают уровень урожайности растений: влагообеспеченность посевов, обеспеченность углекислотой, необходимой для фотосинтеза, плодородие почвы, реакция почвенной среды, воздушный и тепловой режимы, приход ФАР, уровень агротехники и ряд других с учетом лимитирующего фактора, основываясь на законе минимума. В условиях Казахстана нерегулируемым (лимитирующим) фактором, находящимся в первом минимуме, является влага (влагообеспеченность посевов), которая ограничивает ДВУ.

Урожайность, получаемая в производственных условиях (фактическая) (УП) – один из важнейших показателей хозяйственной деятельности предприятия, характеризующий, насколько в течение вегетационного периода удовлетворялась потребность растений в факторах внешней среды и соблюдался научно обоснованный уровень агротехники.

В условиях Акмолинской области ПУ даже при КПД ФАР – 2% может достигать до 90-110 ц/га сухой массы (сена) или до 45-55 ц/га зерна; ДВУ по лимитирующему фактору – влаге может быть соответственно 30-40 и 15-20 ц/га; ПУ в зависимости от уровня технологии возделывания культуры может снижаться до 10-20 ц/га сухой массы и до 5-12 ц/га зерна, а нередко и ниже.

В связи с этим важнейшей задачей агронома-технолога является применение такой технологии возделывания культуры, которая бы позволяла наиболее полно обеспечивать посевы регулируемыми факторами с тем, чтобы приблизить уровень ПУ к ДВУ.

Примерное соотношение величин урожайности (ПУ, ДВУ, УП) в зависимости от условий увлажнения, уровня применяемой в хозяйствах Акмолинской области технологии, схематически представлено на рисунке 3.1.

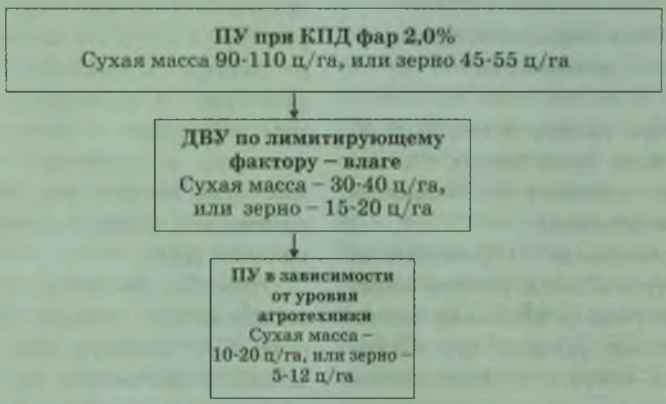

Рис. 3.1. *Соотношение уровня урожайности (ПУ, ДВУ, УП) в зависимости от обеспеченности посевов, нерегулируемыми и регулируемыми факторами*

3.2. Показатели, характеризующие отношение растений к влаге

Потребность растений (посевов) во влаге характеризуется тремя основными показателями: транспирационным коэффициентом, коэффициентом водопотребления и суммарным водопотреблением.

Транспирационный коэффициент свидетельствует о количестве единиц воды, необходимых растению *на транспирацию* для создания одной единицы сухого вещества, т.е. на испарение с поверхности листьев, растений. Транспирация выполняет роль терморегулятора растений и предохраняет их от перегревания (аналогично потоотделению у человека) и неминуемой гибели, способствует всасыванию воды корнями, передвижению минеральных питательных веществ – азота, фосфора, калия и микроэлементов, взятых из почвы, по растению.

Средние значения транспирационных коэффициентов по ряду наиболее распространенных культур следующие: пшеница – 450-550, ячмень – 300-450, овес – 400-550, горох – 400-450, кукуруза – 300-450, сорго – 150-200, люцерна – 700-900, эспарцет песчаный – 300-350, житняк – 400-600, суданская трава – 300-400, которые, во-первых, характеризуют относительную засухоустойчивость растений, во-вторых, свидетельствуют о количестве единиц воды, затрачиваемых растением на транспирацию и создание одной единицы сухого вещества. На основании приведенных выше цифр можно сделать заключение, что ячмень более засухоустойчив, чем пшеница, самой засухоустойчивой культурой можно назвать сорго, наиболее требовательной к влаге – люцерну и т.д. Однако эти показатели трудно использовать в балансовых расчетах, поскольку в полевых условиях почвенная влага расходуется не только на транспирацию растений, но и испарение с каждой единицы площади посева (поверхности почвы), поэтому для расчетов применяется другой показатель – коэффициент водопотребления.

Коэффициент водопотребления ($K_в$) характеризует суммарные затраты воды на транспирацию растений и на испарение ее с поверхности почвы (в м^3, мм) для создания одной единицы растениеводческой продукции (кг, ц, т) – зерна, сухой массы.

Суммарное водопотребление ($C_в$) – показатель, характеризующий затраты воды на транспирацию растений и испарение с поверхности почвы для формирования урожая с единицы площади (с 1 м^2, га), выраженное в м^3, мм влаги.

Расход на транспирацию в зависимости от условий может достигать 20-50% от общего суммарного расхода влаги, то есть непроизводительные потери влаги, связанные с испарением с поверхности почвы, могут достигать 50-80%, в связи с чем одна из важнейших задач прогрессивных технологий – сокращение непроизводительных потерь воды из-за испарения с поверхности почвы.

Коэффициент водопотребления ($K_в$) в математическом выражении представляет из себя отношение общих затрат воды с единицы площади ($C_в$) к полученной урожайности с той же площади (зерна, сухого вещества) и может быть представлено в виде формулы:

$$K_в = \frac{C_в}{У_{св}},$$

где $C_в$ – суммарное водопотребление (мм/га, м^3/га);

$У_{св}$ – урожайность сухого вещества, зерна (ц/га).

В Казахстане даже самые лучшие земледельческие районы характеризуются низким уровнем влагообеспе-

ченности, поскольку среднее многолетнее количество осадков за год не превышает 250-330 мм, *влага в этом регионе среди других факторов находится в первом минимуме и определяет в конечном итоге действительно возможный уровень урожайности, а изучение приемов улучшения и регулирования влагообеспеченности растений является одной из важных проблем.*

3.3. Методика расчета ДВУ

Расчет ДВУ по влагообеспеченности, применяемый при программировании урожайности, был предложен А.М. Алпатьевым (1961) и основан на балансе, одна часть которого (приходная) – суммарное водопотребление ($C_в$), или суммарное поступление влаги ($C_{пв}$), вторая (расходная) – затраты воды на формирование урожая на единице площади:

$$C_{пв} = ДВУ \cdot K_в,$$

где $C_{пв}$ – суммарное поступление влаги (запасы влаги в метровом слое почвы перед посевом плюс осадки за период вегетации культуры), м^3/га;

$K_в$ – коэффициент водопотребления, м^3/ц продукции (зерно, сухое вещество).

Приходная часть баланса (суммарное водопотребление, или суммарное поступление влаги) может рассчитываться двумя методами – на основании определения фактических запасов продуктивной влаги и через среднее многолетнее количество осадков.

Первый метод целесообразно применять при расчете ДВУ однолетних культур и в тех случаях, когда известны запасы влаги в почве, поскольку он основан на учете фактических запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом (в мм, м^3), к которым плюсуется ожидаемое (вероятное) количество влаги за счет выпадающих осадков в течение вегетационного пе-риода (по средним многолетним данным метеостанции) и вычитается примерное количество остаточной влаги, т.е.

$$B_п + B_о - B_{ост}.$$

$B_{ост}$ *(остаточная влага)* – количество продуктивной влаги (мм, м^3 на ед. площади), не использованное посевами до фазы созревания (уборки) культуры, которые во многом зависят от последних сроков выпавших осадков до наступления уборки или фазы полной спелости.

Цифровой показатель ($B_{ост}$) в неполивном земледелии в зависимости от биологических особенностей культуры и распределения осадков в течение вегетационного периода может колебаться от 0 до 10-20 мм,

при орошении уровень должен быть достаточно высоким, чтобы посевы не испытывали дефицита влаги не только до уборки, но и до конца теплого периода (у многолетних трав) и быть на уровне 40-80 мм/га (400-800 м³/га).

Все показатели, рассмотренные выше, можно представить в виде уравнения:

$$C_{пв} = B_п + B_о - B_{ост},$$

где $C_{пв}$ – суммарное поступление влаги, м³/га;

$B_п$ – запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы, мм или м³/га.

$B_о$ – ожидаемое суммарное количество осадков за вегетационный период соответствующей культуры, мм или м³/га.

$B_{ост}$ – остаточная влага – неиспользованное количество продуктивной влаги, оставшееся после созревания или уборки посевов, мм или м³/га.

Расходная и приходная часть баланса

$$C_{пв} = ДВУ \cdot K_в$$

в развернутом виде будет выглядеть:

$$ДВУ \cdot K_в = B_п + B_о - B_{ост}.$$

При орошении в приходную часть включается дополнительно показатель «оросительная влага» ($B_{ор}$), а баланс будет иметь следующий вид:

$$ДВУ \cdot K_в = B_п + B_о + B_{ор} - B_{ост}.$$

Запасы остаточной влаги не должны быть ниже в орошаемом земледелии минимального уровня (40-80 мм) в метровом слое почвы.

Второй метод целесообразно применять для расчета ДВУ многолетних культур, а также в тех случаях, когда запасы продуктивной влаги перед посевом однолетних культур не определялись. Он основан на учете среднего многолетнего количества осадков по данному пункту (СМКО) за минусом потерь воды на испарение с поверхности поля (П) в период, когда оно не занято посевами, или в период, когда многолетние культуры или озимые не вегетируют (осень, зима, ранняя весна), т.е. приходная часть баланса будет выглядеть так:

$$СМКО - П - B_{ост},$$

а баланс приобретет следующий вид:

$$ДВУ \cdot K_в = СМКО - П - B_{ост},$$

где, *СМКО* – среднее многолетнее количество осадков по рассматриваемому пункту за год, мм;

П – потери воды на испарение в период, когда культуры не вегетируют или поле не занято посевами, мм.

На основании проведенных исследований можно принять, что потери влаги (П) могут достигать в среднем 30-35% от годового количества выпадающих осадков. В этом случае ме-

тодика расчета будет упрощена: взяв П=30 и принимая во внимание, что

$$П = \frac{СМКО}{100} \cdot 30, \text{ или } П = СМКО \cdot 0{,}3,$$

суммарное поступление влаги будет соответствовать СМКО · 0,7. Балансовую формулу в упрощенном виде можно представить в следующем виде:

$$ДВУ \cdot К_в = СМКО \cdot 0{,}7 - В_{ост};$$

При проведении расчетов следует переводить все показатели в единые единицы измерения (удобнее в м³/га).

Для перевода мм продуктивной влаги в м³/га применяется коэффициент 10, поскольку один мм продуктивной влаги в метровом слое почвы или каждый мм выпавших осадков соответствует 10 м³ воды на 1 га.

Первый метод расчета ДВУ по влагообеспеченности целесообразно применять для группы однолетних культур, поскольку фактические запасы продуктивной влаги можно определить перед посевом культуры, а урожайность их сформируется в текущем году.

Многолетние травы в первый год жизни (год посева) хозяйственно полезного урожая не дают, а достигают полного развития и формируют максимальный уровень урожайности на втором-третьем и последующих годах жизни, а потому трудно предугадать, как будут складываться запасы продуктивной влаги в почве в эти последующие годы, поэтому средние многолетние данные по количеству осадков будут более полно соответствовать поступлению влаги на формирование урожая.

На основании фактически сложившейся влагообеспеченности в конкретных условиях запасы продуктивной влаги перед посевом или началом вегетации, количество ожидаемых осадков за период вегетации культуры и остаточной влаги рассчитывается ДВУ по формулам, выведенным из приведенных выше балансов:

– для однолетних культур:

$$ДВУ = \frac{В_п + В_о - В_{ост}}{К_в},$$

– для многолетних (или для однолетних, когда запасы продуктивной влаги неизвестны):

$$ДВУ = \frac{СМКО \cdot 0{,}7 - В_{ост}}{К_в}.$$

При решении задач все единицы измерения (мм, м³ и др.) следует приводить в единой системе: коэффициент водопотребления, стоящий в знаменателе формулы, приводится в м³/ц продукции, следовательно, и показатели суммарного водопотребле-

ния (числитель) следует переводить из мм в м^3 воды на гектаре путем умножения на 10, а расчетные формулы, если в числителе $B_п$, $B_о$, $B_{ост}$ и СМКО будут проставлены в мм, приобретают следующий вид:

$$ДВУ = \frac{(B_п + B_о - B_{ост.}) \cdot 10}{K_в},$$

или

$$ДВУ = \frac{(СМКО \cdot 0{,}7 - B_{ост}) \cdot 10}{K_в}.$$

3.4. Методика расчета коэффициентов водопотребления полевых культур

Расчеты коэффициентов водопотребления ($K_в$) осуществляются по формулам, выведенным из приведенных выше балансов:

1) для однолетних культур:

$$K_в = \frac{B_п + B_о - B_{ост}}{У},$$

2) для многолетних трав:

$$K_в = \frac{СМКО \cdot 0{,}7 - B_{ост}}{У},$$

где $У$ – фактически полученная в опытах или производственных условиях урожайность, ц/га.

На основании экспериментальных материалов, полученных в полевых опытах, были рассчитаны коэффициенты водопотребления по ряду культур, имеющих наиболее широкое распространение в Северном Казахстане, а также было прослежено, как изменяются эти величины в зависимости от приемов агротехники. Методика расчетов основывается на балансовом методе А.М. Алпатьева (1961).

Результаты расчетов, многократно проверенные за целый ряд лет в опытах и производственных условиях, представлены в таблице 3.1 (Н.И. Можаев, 1979, 1983, 1985, 1991), которыми можно воспользоваться при определении ДВУ по влагообеспеченности, при этом следует учитывать ряд особенностей при использовании рекомендуемых справочных материалов.

Величина коэффициента водопотребления у одной и той же культуры, сорта может колебаться в большом диапазоне, что зависит от уровня агротехники: чем выше уровень агротехники и обеспеченность растений всеми факторами внешней среды, тем экономнее будет использоваться влага на создание единицы продукции. При низком уровне агротехники значение коэффициентов водопотребления достигает максимальных значений, то есть *при одних и тех же суммарных затратах влаги за вегетационный период уровень урожайности может резко различаться, что свидетельствует о не-*

обходимости применения технологий возделывания культур, которые способствуют накоплению и экономному использованию влаги.

Таблица 3.1

Средние значения коэффициентов водопотребления полевых культур

Культура	Продукция	Коэффициент водопотребления, м³/ц	
		Без орошения при средней влагообеспеченности	При орошении и хорошей влагообеспеченности
Пшеница яровая	зерно	120-200	70-120
Пшеница озимая	-«-	180-230	-
Рожь озимая	-«-	110-170	-
Овес	-«-	130-180	-
Ячмень	-«-	110-150	-
Просо	-«-	150-270	-
Гречиха	-«-	170-300	-
Горох	-«-	150-250	-
Чина, нут	-«-	140-250	-
Свекла	корнеплоды	12-25	7-14
Картофель	клубни	10-30	8-15
Кукуруза, сорго на силос	сухая масса	60-120	35-80
Подсолнечник на си-лос	-«-	85-150	40-70
Люцерна, донник на корм, 2-4 год	-«-	80-120	35-85
Эспарцет, 2-4 год	-«-	60-110	40-70
Житняк, 2-4 год	-«-	80-110	-
Кострец безостый, 2-4 год	-«-	60-100	30-70
Суданская трава на корм	-«-	45-65	35-50
Могар, чумиза на корм	-«-	50-75	40-55
Овес, ячмень на корм	-«-	65-100	40-60

Величина коэффициента водопотребления зависит и от уровня увлажнения: в засушливые годы затраты на единицу продукции возрастают на 25-30% в сравнении со средними по влагообеспеченности годами, и наоборот, в годы достаточной влагообеспеченности – на 20-25% ниже, чем в средние годы, в южной части региона коэффициент водопотребления также выше, чем в лесостепной и степной черноземной зонах. Этот показатель снижается при совпадении критического периода растений по отношению к влаге с летним максимумом выпадающих осадков, а фактическая урожайность может быть выше расчетной. В годы, когда за июль – начало августа выпадает осадков меньше нормы – коэффициент водопотребления существенно повышается, а урожайность снижа-

ется, а потому годы, хорошо обеспеченные осадками во второй половине лета, наиболее благоприятны для формирования урожая кукурузы и просовидных культур, а годы с хорошим увлажнением весной и в начале лета – для многолетних трав, ранних яровых и озимых культур. В связи с этим при проведении расчетов значения коэффициентов водопотребления следует брать с учетом вышеуказанного в пределах интервалов, представленных ниже в таблице по каждой культуре.

Таким образом, при расчетах ДВУ за основу следует брать величину *К* из справочных материалов, но с поправками на уровень агротехники и обеспеченность факторами внешней среды, в т.ч. питательными веществами: чем лучше будет обеспеченность, тем экономнее удельный расход воды, а величина коэффициента водопотребления будет снижаться, достигая нередко минимальных значений. Для районов с лучшими условиями увлажнения или при орошении величины коэффициента водопотребления имеют минимальные значения, в районах с низкой влагообеспеченностью и в засушливые годы этот показатель достигает максимальных значений.

Влияние уровня агротехники на величину коэффициентов водопотребления можно проследить в материалах опытов на посевах многолетних трав, проведенных в Целиноградском СХИ (Н.И. Можаев, 1979) (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Средние затраты воды на формирование урожая многолетних трав 2-4 годов жизни в зависимости от приемов агротехники, м³/ц

Культура	Естественное увлажнение				Орошение		
					общепринятая технология		
	общепринятая технология без применения удобрений	применение пониженных норм высева, обеспечивающих получение оптимального стеблестоя	широкорядный способ посева	применение удобрений в расчетных дозах	без применения удобрений	применение рекомендованных доз удобрений	интенсивная технология с применением расчетных доз удобрений
Люцерна	67-73	58-62	55-56	49-52	43-58	36-52	21-34
Эспарцет	68-70	50-52	-	32-44	41-50	38-40	20-23
Кострец безостый	49-60	49-52	-	29-40	45-49	27-30	23-24
Житняк	60-72	41-49	35-48	40-42	40-41	30-31	30-32

3.5. Методика оценки запасов продуктивной влаги

В Северном Казахстане весенние запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы являются важным условием получения урожайности сельскохозяйственных культур, потому возникает необходимость проведения оценки ее запасов перед началом полевых работ. Запасы продуктивной влаги определяются разными методами, которые подробно рассматриваются в курсе «Земледелие».

Влага, находящаяся в почве сверх влажности устойчивого увядания, называемая продуктивной, возможное содержание которой при наименьшей влагоемкости в метровом слое почвы в зависимости от типа почвы и ее механического состава имеет большие различия. Для большинства полевых культур принято считать оптимальными запасами продуктивной влаги почвы, достигающими 80-90% от наименьшей влагоемкости. Это следует учитывать по каждому типу почв, поскольку она существенно изменяется в зависимости от механического состава и гумусированности (А.Д. Карбышева, 1964) можно проследить ниже в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Содержание продуктивной влаги при наименьшей влагоемкости по слоям почвы, мм

Тип почвы и механический состав	Содержание продуктивной влаги по слоям, см		
	0-20	0-50	0-100
Черноземы			
Глинистые	40	98	177
Тяжелосуглинистые	47	110	202
Среднесуглинистые	46	107	198
Легкосуглинистые	43	91	171
Темно-каштановые			
Тяжелосуглинистые	38	95	185
Среднесуглинистые	35	102	188
Легкосуглинистые	37	89	172
Супесчаные	26	60	117

Материалы наглядно свидетельствуют о том, что водоудерживающая способность метрового слоя почвы может колебаться от 117 мм (супесчаные почвы) до 202 (тяжелосуглинистые почвы), что следует учитывать при оценке вероятных запасов продуктивной влаги.

Фактические запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы в условиях хозяйства для каждого поля перед посевом следует определять

общепринятым (весовым) методом, на основании которого осуществляется расчет ДВУ по влагообеспеченности.

Общее представление о вероятных запасах продуктивной влаги в почве во второй-третьей декадах мая основных земледельческих зон Казахстана можно получить из справочных материалов (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Вероятность запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы в период с 15 по 25 мая

Зона	Средне-многолетние запасы	Вероятность в отдельные годы, %				
		10	15	45	20	10
Лесостепь	120-135	70-80	95-110	130-145	150-170	160-180
Засушливая степь	110-150	65-90	85-125	120-160	135-185	145-200
Сухая степь	110	65-85	85	120	135	145

В условиях Северного Казахстана по средне-многолетним данным запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу полевых работ (третья декада апреля), как правило, ниже наименьшей влагоемкости и могут варьировать в пределах от 65 до 160 мм. Вероятность высокого уровня запасов продуктивной влаги (120-160 мм) в разные годы составляет не более 50%, к началу посевных работ показатели обычно снижаются еще на 10-15 мм и более.

По почвенно-климатическим зонам они могут колебаться от 110 (сухая степь) до 120-150 мм (лесостепь, засушливая степь), однако в один из 10 лет могут снижаться до минимального уровня (65-90 мм), но также и повышаться до максимально возможных (145-200 мм). В половине лет могут быть средние запасы и по 1-2 года – занимают промежуточное положение между средними и максимальными или минимальными запасами влаги.

Таким образом, в условиях степного Казахстана по запасам продуктивной влаги из каждых десяти лет можно ожидать 1-2 года – неблагоприятные (засушливые), 2-3 года – с очень хорошими запасами и 4-5 лет – средние.

Запасы продуктивной влаги весной зависят от условий увлажнения во второй половине лета и осени предшествующего года, количества выпавших зимних осадков, условий таяния снега весной и напитывания влагой почвы, количества весенних осадков, учитывая которые можно спрогнозировать показатели возмож-

ных запасов влаги в почве перед посевом.

3.6. Примеры расчета ДВУ по влагообеспеченности и потенциальные возможности культур в Северном Казахстане

1. Исходные данные:

Культура – кукуруза на силос

Район –

$B_п$ – 145 мм; $B_о$ – 135 мм; $B_{ост}$ – 10 мм; а) $K_в$ – 65 м³/ц (при высоком уровне агротехники); б) $K_в$ – 120 м³/ц (при низком уровне агротехники).

Расчетная формула и расчеты:

а) $$ДВУ = \frac{(B_п + B_о - B_{ост}) \cdot 10}{K_в}$$

б) $$ДВУ = \frac{(145+135-10)\cdot 10}{65} = \frac{2700\,м^3/га}{65\,м^3/ц} = 41{,}5\ ц/га\ сухой\ массы\ или\ 207{,}5\ ц/га\ зеленой\ массы$$

Вывод: при одинаковых количествах израсходованной влаги на формирование урожая (2700 м³/га) при высоком уровне агротехники с более экономным использованием воды урожайность зеленой массы достигла 207,5 ц/га, при низком 112,5 ц/га или почти вдвое ниже.

2. Исходные данные:

Культура – люцерна на сено

Район –

СМКО – 302 мм; $B_{ост}$ – 10 мм; а) $K_в$ – 80 м³/ц (при высоком уровне агротехники); б) $K_в$ – 120 м³/ц (при низком уровне агротехники);

Расчетная формула и расчеты:

$$ДВУ = \frac{(СМКО \cdot 0{,}7 - B_{ост}) \cdot 10}{K_в}$$

а) $$ДВУ = \frac{(145+135-10)\cdot 10}{120} = \frac{2700\,м^3/га}{120\,м^3/ц} = 22{,}5\ ц/га\ сухой\ массы\ или\ 112{,}5\ ц/га\ зеленой\ массы$$

б) $$ДВУ = \frac{(302 \cdot 0{,}7 - 10)\cdot 10}{80} = \frac{2014\,м^3/га}{680\,м^3/ц} = 25{,}2\ ц/га\ сухой\ массы\ (сено)$$

$$ДВУ = \frac{(302 \cdot 0{,}7 - 10)\cdot 10}{120} = \frac{2014\ м^3/га}{120\ м^3/ц} = 16{,}8\ ц/га\ сухой\ массы\ (сено)$$

Вывод: применение более высокого уровня агротехники при одинаковых затратах влаги позволили получить по 25,2 ц сена люцерны, при низком уровне агротехники – 16,8 ц/га или на 8,4 ц/га выше. Если принять во внимание, что посевы люцерны как многолетней культуры можно использовать в течение 4-5 лет, то разница по сбору корма суммарно составит 33,6-42,0 ц/га.

Таким образом, *применяя научно обоснованные технологии возделывания культур, предусматривающие обеспечение растений всеми регулируемыми факторами в оптимальных количествах, можно повышать урожайность за счет сокращения непроизводительных затрат влаги в 1,5-2,0 и более раз. В этом кроется секрет получения высоких урожаев полевых культур в зоне рискованного земледелия.*

На основании проведенных исследований и широких производственных опытов можно сделать заключение, что в северном регионе Казахстана в зоне рискованного земледелия применение научно обоснованной агротехники для каждой возделываемой культуры, позволяющей существенно снижать затраты воды на каждую единицу продукции, можно достигнуть уровня урожайности (ДВУ) в зависимости от обеспеченности влагой – фактора, находящегося в первом минимуме, в среднем (с некоторыми колебаниями по северной и южной частям региона, ц/га):

– пшеница, ячмень, овес на зерно – 14-25

– кукуруза на силос (зеленая масса) – 120-180

– многолетние травы (сено) – 18-26

– однолетние травы (сено) – 20-35

3.7. Методика расчета оросительных норм

Среднее значение оросительной нормы определяется через суммарное водопотребление на основании балансовой формулы, в приходную часть которой включена оросительная влага ($B_{ор}$):

$$ДВУ \cdot К_в = В_п + В_{ос} + В_{ор} - В_{ост},$$

или

$$ДВУ \cdot К_в = СМКО \cdot 0,7 + В_{ор} - В_{ост}.$$

Расчет оросительной нормы производится по формулам, выведенным из выше приведенных балансов:

а) для однолетних культур:

$$В_{ор} = ДВУ \cdot К_в - В_п - В_{ос} + В_{ост};$$

б) для многолетних трав:

$$В_{ор} = ДВУ \cdot К_в - СМКО \cdot 0,7 + В_{ост}.$$

При этом следует учитывать, что *при расчете оросительной нормы*

показатель ДВУ – потенциально возможный уровень урожайности культуры, сорта при оптимальной обеспеченности посевов влагой, который берется из соответствующей справочной литературы.

Для примера можно назвать потенциальную урожайность (ПУ) зеленой массы при орошении и высоком уровне агротехники ряда кормовых культур:

– силосные культуры (кукуруза, сорго, подсолнечник и др.) – 450-750 ц/га;

– многолетние травы (люцерна, кострец безостый и др.) – 350-550 ц/га;

– однолетние травы (суданская трава и др.) – 250-350 ц/га.

При возделывании культур в условиях орошения необходимо брать за основу потенциальные возможности культуры, сорта и, используя минимальные значения коэффициента водопотребления, рассчитать количество влаги, необходимое для получения урожая, с учетом естественной влагообеспеченности, а поливы осуществлять таким образом, чтобы поддерживать влажность почвы на уровне 75-80% от НВ, особенно в критические периоды для роста и развития растений.

Уровень урожайности, рассчитанный в зависимости от влагообеспеченности для условий естественного увлажнения (ДВУ) и потенциально возможной – при орошении (ПУ), позволяет сделать научно обоснованный расчет доз удобрений под эту урожайность, что может снять и другую причину низкой урожайности – плохую обеспеченность растений элементами минерального питания.

3.8. Методика прогнозирования засухи П.Г. Кабанова

Получение запрограммированных урожаев в степных районах Казахстана и других районах с неустойчивым увлажнением лимитируется часто повторяющимися засухами, которые связаны с повышенной интенсивностью солнечной радиации в засушливые годы и приходом суммарной ФАР до начала вегетационного сезона.

По обобщенным данным П.Г. Кабанова (1989), месячные величины суммарной ФАР в предзасушливые осенне-зимние периоды существенно отличаются от соответствующих сумм в годы, предшествующие весенне-летним сезонам без засухи, на основании чего были рассчитаны показатели вероятности возможной засухи в зависимости от погодных условий предшествующего осенне-весеннего периода.

Вероятность засухи (%) в случаях, когда:

– суммарная ФАР за сентябрь и октябрь предшествующего года более 66,57 кДж/см^2 – 90;

– суммарная ФАР за сентябрь и октябрь предшествующего года менее 66,57 кДж/см^2 – 10;

– суммарная ФАР за март более 36 кДж/см^2 – 91;

– суммарная ФАР за март менее 36 кДж/см^2 – 9;

– продолжительность солнечного сияния в сентябре предшествующего года более 180 часов – 56;

– продолжительность солнечного сияния в сентябре предшествующего года менее 180 часов – 10;

– продолжительность солнечного сияния в марте более 110 часов – 71;

– продолжительность солнечного сияния в марте менее 100 часов – 8.

Таким образом, предварительный прогноз погоды на будущий год можно сделать по приходу ФАР и продолжительности солнечного сияния в сентябре-октябре предшествующего и марте текущего года. Для более точного прогноза следует брать в расчет и другие наблюдения, в частности, количество осадков в осенне-зимний период, ход и сроки таяния снега, запасы продуктивной влаги в почве весной и другие наблюдения, а также ориентироваться на долгосрочные и краткосрочные прогнозы метеорологической службы.

Контрольные вопросы

1. Классификация видов урожайности. Понятие о ДВУ, ПУ, УП и пути сокращения разрыва между этими показателями.
2. Что такое транспирационный коэффициент и средние параметры этого показателя для разных групп культур?
3. Понятие о коэффициенте водопотребления полевых культур и зависимость показателя от уровня агротехники, условий влагообеспеченности, культуры, сорта. Единицы измерения.
4. Понятие о суммарном водопотреблении и методика расчета этого показателя, единицы измерения.
5. Какова методика расчета ДВУ по влагообеспеченности, когда известны запасы продуктивной влаги перед посевом и когда не известны?
6. Каковы особенности расчета ДВУ однолетних и многолетних культур? Дайте обоснование этих методов.
7. Какие методы существуют для определения запасов продуктивной влаги в почве?
8. Какова методика расчета коэффициента водопотребления?
9. Какова методика установления возможной (ПУ) урожайности культуры при орошении?
10. Какова методика расчета оросительной и поливной нормы в зависимости от уровня программируемой урожайности и естественной влагообеспеченности?
11. В чем сущность методики прогнозирования засухи И.Г. Кабанова?

Глава 4. ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РАСТЕНИЙ И ЕЕ ЗАВИСИМОСТЬ ОТ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРЫ ПОСЕВОВ

Формирование урожайности происходит на 90-96% за счет накопления органического вещества, образующегося в процессе фотосинтеза, и зависит от основных элементов структуры посевов: площади листовой поверхности (ПЛ) (фотосинтетическая поверхность), коэффициента использования ФАР (КПД ФАР), фотосинтетического потенциала (ФП), чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ), что, в свою очередь, связано в значительной степени с густотой стеблестоя (травостоя) и др. Важно установить оптимальные значения и оценить, насколько рассматриваемые показатели структуры посевов в конкретных условиях и для определенной культуры соответствуют оптимальным.

4.1. Площадь листовой поверхности и фотосинтетический потенциал посевов заданной продуктивности

Поскольку урожайность формируется в процессе фотосинтетической деятельности посевов, то в целях повышения урожайности необходимо стремиться к увеличению коэффициента использования ФАР, создавая посевы оптимальной структуры с соответствующей площадью фотосинтетической поверхности.

Площадь листовой (фотосинтетической) поверхности большинства культур зависит от числа растений и размера листовой поверхности каждого из них и суммарно на единице площади ($м^2$/га), биологических и морфологических особенностей культуры, сорта, агрометеорологических условий и уровня агротехники.

В опытах Г.П. Устенко была установлена прямая зависимость урожайности биомассы от площади листовой поверхности: при увеличении площади листьев кукурузы в три раза (с 13,1 до 40,2 тыс. $м^2$) урожайность зерна выросла в 4,6 раза. В опытах И.С. Шатилова и М.К. Каюмова (1970) при увеличении площади листьев с 10 до 80 тыс. на 1 га коэффициент использования ФАР увеличился вдвое, эта же закономерность отмечена в работе И.И. Синягина (1990). В опытах Н.И. Можаева (1966) в условиях Красноярского края увеличение количества растений кукурузы гибрида Буковинский 3 – с 40 до 95-100 тыс. на 1 га привело к увеличению площади листовой поверхности с 21 до 43-45 тыс. $м^2$ и повышению урожайности зеленой массы на 60-65%.

Многочисленными опытами было установлено, что поглощение растениями солнечной радиации возрастает с увеличением площади листовой поверхности до 35-40 тыс. м² на 1 га, *а оптимальную структуру, по данным А.А. Ничипоровича и С.Н. Чморы (1981), имеют такие посевы, площадь листьев которых относительно быстро возрастает до размеров 40 тыс. м²/га и продолжительное время сохраняется в активном состоянии на этом уровне,* а в конце вегетации площадь уменьшается, а листья могут полностью отмирать, отдавая накопленные пластические вещества репродуктивной части урожая.

Полевые и производственные опыты на посевах кукурузы, люцерны, житняка и др., проведенные в 70-80-е годы прошлого столетия в Целиноградской области, показали, что формирование посевов оптимальной структуры (количество растений на ед. площади, площадь листовой поверхности и др.) способствует повышению урожайности этих культур в среднем на 40-50% (Н.И. Можаев, 1983) и зависят от биологических и морфологических особенностей культуры и условий увлажнения.

При естественной влагообеспеченности у зерновых и кормовых культур формируется площадь листовой поверхности от 13 до 40 тыс. м²/га, урожайность сухого вещества при этом достигает 20-35 ц/га (10-18 ц/га зерна). Относительно небольшую площадь листовой поверхности (9-15 тыс. м²) формирует пшеница (М.К. Сулейменов, 1991), а также житняк (Н.И. Можаев, 1979), что способствует повышению их засухоустойчивости и обеспечивает высокую приспособленность к засушливым условиям Северного Казахстана.

При орошении и применении расчетных доз удобрений в условиях Северного Казахстана с увеличением площади листовой поверхности люцерны и кукурузы до 60-90 тыс. м²/га урожайность сухой массы вырастала до 100-150 ц/га.

Таким образом, можно сделать заключение, что в зависимости от условий влагообеспеченности у разных культур оптимальные значения площади листовой поверхности может быть различным: для большинства полевых культур оно может быть на уровне 40-60 тыс. м²/га, а у культур засухоустойчивых – 10-20 тыс. м²/га. У кормовых культур, листья которых являются составной частью урожая, площадь должна быть значительно выше, чем у культур, возделываемых на зерно.

В свою очередь, площадь листовой поверхности зависит от влагообеспеченности, поскольку при большей площади листьев будут выше затраты воды на транспирацию, то

есть величина площади листовой поверхности растений находится в тесной коррелятивной взаимосвязи с влагообеспеченностью посевов: наличием влаги в почве и транспирацией растений.

Оптимальной площадью листовой поверхности посевов можно считать такую площадь, при которой растения будут получать из почвы количество воды, необходимое для транспирации при существующей величине поглощаемой ими ФАР.

На формирование высокой урожайности, кроме площади листовой поверхности, влияет фотосинтетический потенциал (ФП) посевов, который представляет из себя произведение площади листьев на время их работы (в сут.) в течение вегетационного периода и рассчитывается по формуле:

$$ФП = Л \cdot Т,$$

где $ФП$ – тыс. м^2 · сут.;

$Л$ – листовая поверхность, тыс. м^2/га;

$Т$ – продолжительность периода работы листьев (сут.).

Поскольку за вегетационный период приходится производить определение $ФП$ несколько раз, то расчеты должны проводиться по формуле:

$$ФП = \frac{(Л_1 + Л_2)}{2} \cdot Т_1 + \frac{(Л_2 + Л_3)}{2} \cdot Т_2 + \frac{(Л_3 + Л_4)}{2} \cdot Т_3 \text{ и т.д.},$$

где $Л_1$, $Л_2$, ... – площадь листьев (тыс. м^2/га) в начале и конце периода измерения;

$Т$ – интервал, который в опытах обычно составляет 10-15 суток.

В посевах скороспелых культур и сортов, формирующих оптимальную структуру, по данным А.А. Ничипоровича (1981), уже на 30-й день после появления всходов площадь листьев должна достигать 30 тыс. м^2, на 50-й день – 40 тыс. м^2, а фотосинтетический потенциал – 2 млн. м^2/сутки, позднеспелые должны иметь на 30-й день – 15 тыс. м^2, на 70-й день – 50 тыс. м^2, а ФП – 2,5-3,0 млн. м^2/сутки.

С увеличением густоты стеблестоя у большинства культур повышается площадь листьев и величина ФП, что приводит к более полному поглощению ФАР, однако при чрезмерном сгущении посевов в условиях сухостепной зоны урожайность снижается.

Поскольку задача формирования посевов оптимальной структуры, в том числе и площади листовой поверхности, тесно связана с влагообеспеченностью посевов и уровнем урожайности, этот фактор должен быть положен в основу расчетов норм высева семян с учетом хозяйственного использования посевов (корм, зерно).

4.2. Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) и ее оптимальные параметры

Для оценки структуры посевов и уровня работы ФП необходимо учитывать продуктивность фотосинтеза или *«чистую продуктивность фотосинтеза» (ЧПФ),* – характеризующую количество абсолютно сухого вещества (за вычетом затрат на дыхание), синтезируемое 1 м² листовой поверхности за сутки.

Расчет этого показателя проводится по формуле:

$$ЧПФ = \frac{(B_2 - B_1)}{\frac{(Л_1 + Л_2)}{2} \cdot T},$$

где *ЧПФ* – чистая продуктивность фотосинтеза за период, г/м²;

B_1 – масса урожая при предыдущем определении, г/м²;

B_2 – масса урожая при последующем определении, г/м²;

$Л_1$, $Л_2$ – площадь листьев в те же сроки, м²;

T – продолжительность периода, суток.

По данным А.А. Ничипоровича (1981), оптимальные значения ЧПФ в *продуктивно работающих посевах достигают в среднем 5-6 г/м² в сутки,* то есть каждый м² площади листовой поверхности посевов оптимальной структуры накапливает до 5-6 г сухого вещества, или при площади листовой поверхности 40 тыс. м² 2,0-2,5 ц/га сухого вещества за сутки.

Вместе с тем опытами, проведенными во ВНИИЗХ (М.К. Сулейменов, 1991), установлено, что у пшеницы сорта «Саратовская-29» ЧПФ достигала 9-12 г/м² в сутки, аналогичная закономерность выявлена в опытах Н.И. Можаева (1983) на посевах житняка, что позволило сделать вывод, что *культуры, образующие относительно небольшую площадь листовой поверхности, способствующей повышению их устойчивости к засухе, за счет наличия активного фотосинтетического аппарата, обеспечивающего чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) до 10-12, г/м² в сутки, способны формировать высокую урожайность.* Это обеспечивает высокую конкурентоспособность культур и сортов в сравнении с другими в условиях сухостепной зоны по засухоустойчивости и продуктивности.

При площади листовой поверхности, превышающей оптимальную, увеличивается затененность и ухудшается режим освещенности внутри стеблестоя, что приводит к уменьшению показателя чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ), а степень и быстрота снижения чистой продуктивности фотосинтеза у разных растений оказываются различными.

В опытах Н.И. Можаева (1985) в первом укосе люцерны площадь ли-

стовой поверхности в зависимости от уровня минерального питания повышалась с 46,0 до 90,0 тыс. м^2, а урожайность сухой массы – с 25,6 до 47,0 ц/га, во втором соответственно – 36-66 тыс. м^2 и 24,3-41, 9 ц/га и в третьем укосе – 29-49 тыс. м^2 и 11,7-19,7 ц/га. На каждую тысячу м^2 площади листовой поверхности было накоплено сухого вещества в первом укосе – 0,43-0,55 ц, во втором – 0,53-0,66 ц, в третьем – 0,33-0,41 ц. На посевах костреца безостого каждая единица площади листовой поверхности накапливала в 2-3 раза сухого вещества больше, чем люцерна: в первом укосе – от 0,92 до 1,58 ц, во втором – от 1,57 до 2,08, а с увеличением площади листовой поверхности – более 40 тыс. м^2/га, уменьшалось и количество сухого вещества в расчете на единицу площади – с 1,66-1,58 до 0,92-1,09 ц.

На основании многочисленных полевых опытов на разных кормовых культурах было установлено, что площадь листовой поверхности кукурузы и многолетних трав, при которой существенно не снижается ЧПФ, в условиях орошения имеет более высокий «потолок», чем это представлялось ранее: при орошении и применении удобрений оптимальный уровень может достигать 60-90 тыс. м^2/га, что обеспечивает получение урожая сухой массы до 100-130 ц/га при КПД ФАР 3,8-4,2%. При естественной влагообеспеченности или недостаточном орошении оптимальные значения площади листовой поверхности колеблются от 20 до 40 тыс. м^2, урожайность не превышает 20-35 ц/га, а использование ФАР при этом – не более 0,3-0,6%.

Высокорослые растения с ярусным расположением листьев – кукуруза, сорго и др. способны лучше аккумулировать солнечную энергию в сравнении с теми, у которых листья расположены в форме розетки, поэтому могут давать высокие урожаи биологической массы. В пределах одного вида или сорта экземпляры, отличающиеся острым углом прикрепления листьев, способны лучше использовать солнечную радиацию, чем те, у которых листья прикреплены под углом, близким к прямому, потому оптимальная величина площади листовой поверхности должна быть выше.

Таким образом, достижение потенциального уровня урожайности зависит от продуктивности фотосинтеза, а оптимальные значения ЧПФ могут быть достигнуты при формировании посевов каждой культурой, сортом оптимальной структуры (площадь листовой поверхности, густота стеблестоя (травостоя), фотосинтетический потенциал посевов и др.). Сгущение посевов выше оптимальных значений приводит к возрастанию площади листовой поверхности, одновременно к снижению ЧПФ.

Рассмотренные выше материалы позволяют сделать заключение о том, что для определенных почвенно-климатических условий в зависимости от уровня увлажнения, цели возделывания и др. и для каждой культуры свои оптимальные значения густоты стеблестоя (травостоя), а, следовательно, под эту густоту должна устанавливаться и соответствующая норма высева семян.

При необоснованно высоких нормах высева семян происходит саморегуляция густоты растений, особенно у многолетних трав, имеющих пониженную реакцию на норму высева, в результате происходит неоправданный расход посевного материала. Поэтому следует овладевать методами управления формированием и получением оптимальной густоты стеблестоя при минимальном расходе высеваемых семян.

4.3. Потенциальные возможности культур в степной зоне Казахстана

Потенциал культуры, сорта связан с генетическими свойствами растения и зависит от обеспеченности факторами внешней среды: одна и та же культура, сорт в разных почвенно-климатических условиях и в зависимости от уровня агротехники будет иметь различный «потолок» урожайности. Конкретные сведения о потенциальных возможностях культуры, сорта в определенных условиях можно взять из характеристик, основанных на результатах сортоиспытания, полевых агротехнических и производственных опытов и др.

В условиях Северного Казахстана при естественном увлажнении потенциал большинства культур и сортов лимитируется влагообеспеченностью и при обеспеченности всеми регулируемыми факторами может достигать в среднем: зерновые и зернобобовые (пшеница, овес, ячмень, горох и др.) – 20-25 ц/га, многолетние травы (сено) – люцерна, эспарцет, донник, кострец безостый и др.– 25-30 ц/га, житняк – 18-22 ц/га; однолетние травы (суданская трава, просо кормовое, могар, чумиза) – 30-35 ц/га.

При орошении в этом регионе целесообразно выращивать культуры, хорошо отзывающиеся на орошение: силосные культуры (кукурузу, сорго, подсолнечник), потенциал которых достигает 650-750 ц зеленой массы, а также многолетние травы (люцерну, кострец безостый) – 450-550 ц/га, а из однолетних (суданскую траву) – 250-350 ц/га зеленой массы, при орошении следует выращивать картофель и овощи.

В ряде случаев потенциал культуры может повышаться при формировании агрофитоценозов путем возделывания ее в смеси с другими культурами, что позволяет увеличи-

вать площадь листовой поверхности на единицу площади, ФП и КПД ФАР, а, следовательно, урожайность.

При посеве травосмесей в целях формирования устойчивого агрофитоценоза (высокая урожайность, качество корма, долголетие продуктивного использования и др.) наибольшее значение имеет научнообоснованный подбор компонентов, что способствует снижению межродовой и межвидовой конкуренции за факторы внешней среды, а также норма высева семян и их пространственное размещение. Следует учитывать, что из травосмесей с возрастом выпадают менее конкурентоспособные (слабые) виды, а выживают более устойчивые: например, в травосмеси люцерны с кострецом безостым на втором году жизни в травостое преобладает люцерна, с 3-го года люцерна вытесняется более конкурентоспособным компонентом – кострецом безостым.

Раннее выпадание бобовых трав из агрофитоценоза со злаковыми травами связано с целым рядом факторов: конкурентоспособность вида в борьбе за факторы внешней среды, физико-химические свойства почвы, борьба за влагу и питательные вещества, вредные для других компонентов травосмеси корневые выделения ряда растений (аллелопатия), неодновременность весеннего отрастания и др.

В целях формирования более устойчивых агрофитоценозов из бобовозлаковых трав считается эффективным высев не смеси семян в общие рядки, а через ряд, через ленту, через полосу, поскольку черезполосные, раздельно-ленточные, черезрядные посевы уменьшают конкурентную межвидовую борьбу, увеличивается площадь листовой поверхности и фотосинтетический потенциал, ЧПФ, существенно возрастает коэффициент использования ФАР, а, следовательно, и урожайность, а также удлиняется период продуктивного долголетия травостоя (агрофитоценоза).

Рациональному использованию пашни, повышению коэффициента использования ФАР и увеличению производства продукции с единицы площади способствует применение промежуточных культур.

Контрольные вопросы

1. Площадь листовой поверхности растений и посевов и ее значение в формировании урожая. Методика определения. Средние значения этого показателя и изменение их у разных культур в зависимости от обеспеченности факторами внешней среды.

2. Дайте определение понятия «Фотосинтетический потенциал» посевов. Методика расчета. Оптимальные значения этого показателя и причины колебаний, единицы измерения.

3. Поясните понятие «оптимальная структура посевов».

4. Понятие «чистая продуктивность фотосинтеза». Методика расчета. Оптимальные значения этого показателя и причины их изменений. Единицы измерения.

5. Какие приемы позволяют управлять структурой посевов и ее элементами?

6. Дайте теоретическое обоснование нормам высева семян полевых культур и их взаимосвязи с формированием оптимальной структуры посевов.

7. «Саморегуляция густоты посевов» и факторы, влияющие на этот процесс. Практическое значение знания этих процессов.

РАЗДЕЛ III. АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ УРОЖАЕВ

Практическое применение программирования урожаев в производственных условиях связано с необходимостью теоретического обоснования элементов технологии возделывания культур и использования их при разработке и применении в конкретных условиях хозяйства.

Технология возделывания культур, или агротехника представляет из себя сочетание агротехнических приемов, позволяющих создать необходимые условия растениям для развития всех элементов структуры урожая, последовательное и научно обоснованное применение которых даст возможность при полной обеспеченности посевов регулируемыми факторами полностью раскрыть потенциальные возможности культуры, сорта и получить максимально возможный уровень урожайности высокого качества.

Технология возделывания культур предусматривает обязательное применение следующих основных элементов:

– размещение посевов по лучшим предшественникам в системе севооборотов;

– возделывание высокоурожайных культур и сортов;

– научно обоснованной системы подготовки семян к посеву и обработки почвы;

– сроки и способы посева;

– нормы высева семян;

– сроки, способы и дозы внесения удобрений;

– уход за посевами, предусматривающий защиту посевов от сорняков, вредителей и болезней растений;

– сроки и способы уборки урожая и других вопросов.

Применительно к каждой культуре все эти вопросы подробно рассматриваются в профильных агрономических дисциплинах: «Растениеводство», «Кормопроизводство», «Овощеводство» и др., потому в задачу дисциплины «Программирование урожаев сельхоз культур» не входит подробное изложение прикладных (практических) вопросов, а дается лишь теоретическое обоснование ряда из вышеперечисленных агротехнических приемов и их практическое применение, позволяющих научно обоснованно обеспечивать посевы культур, регулируемыми факторами, а также рационально использовать семена, удобрения и др. В частности, методику расчета норм высева

семян, позволяющую получать оптимальную густоту стеблестоя (травостоя) с минимальным расходом семян, определение доз удобрений с учетом плодородия почвы и уровня урожайности, рассчитанных по лимитируемому фактору и ряд других вопросов.

Глава 1. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПРЕДУБОРОЧНОЙ ГУСТОТЫ СТЕБЛЕСТОЯ (ТРАВОСТОЯ)

1.1. Условия, влияющие на формирование густоты стеблестоя

Накопление растениями органического вещества происходит в процессе фотосинтеза и зависит от площади листьев и ФП, поэтому на эти показатели и уровень урожайности посевов влияет количество растений на единице площади, сохранившихся к уборке, густота стеблестоя (травостоя) формируется под воздействием факторов внешней среды и уровня агротехники, которые условно можно объединить в две основные группы.

Первая группа влияет на получение количества растений к фазе полных всходов, посевные качества семян (норма высева, глубина их заделки и условия увлажнения в верхних слоях почвы и др.).

Вторая определяет сохранность растений за период от полных всходов до уборки, а для многолетних трав и озимых культур – в процессе перезимовки и связана с метеорологическими условиями за этот период, проведением ухода за посевами и др.

На количество растений к уборке оказывают влияние полевая всхожесть семян, выживаемость и сохранность растений, которые следует прогнозировать и учитывать при расчете норм высева семян.

Полевая всхожесть – отношение числа растений в фазу полных всходов к количеству высеянных всхожих семян на единице площади, выраженное в процентах.

Расчетная формула полевой всхожести семян ($П_в$) может выглядеть так:

$$П_в = \frac{Число\ растений\ в\ фазу\ полных, шт/м^2 \cdot 100}{Количество\ всхожих\ высеянных\ семян, шт\ на\ 1\ м^2},$$

Сохранность растений – показатель, характеризующий отношение количества растений, сохранившихся к уборке к количеству растений, полученных в фазу полных всходов (шт/м^2), выраженное в процентах.

Расчетную формулу сохранности растений ($C_р$) можно представить в следующем виде:

$$C_р = \frac{Растения\ к\ уборке,\ шт/м^2 \cdot 100}{Растения\ в\ фазу\ полных\ всходов,\ шт/м^2}.$$

Изменение величины показателя сохранности растений за период от полных всходов до уборки связана с гибелью растений и зависит от многих факторов: низкой влагообеспеченностью (засуха), повреждение растений вредителями и болезнями, уничтожение (вырезание) растений при нарушении технологии ухода за посевами (боронование по всходам, междурядная обработка, неразумное применение гербицидов и др.).

Выживаемость растений – показатель, характеризующий отношение количества растений, сохранившихся к уборке к количеству высеянных всхожих семян (шт/м^2), выраженное в процентах, иными словами, этот показатель характеризует количество растений, полученных к уборке от каждых 100 шт. высеянных всхожих семян.

Выживаемость растений может рассчитываться следующими способами:

а) через количество высеянных всхожих семян по формуле:

$$B_р = \frac{Растений\ к\ уборке,\ шт./м^2 \cdot 100}{Семена\ (всхожие),\ шт./м^2},$$

б) через показатели полевой всхожести семян и сохранности растений:

$$B_р = \frac{П_в \cdot C_р}{100},$$

где $B_р$ – выживаемость растений, %;

$П_в$ – полевая всхожесть семян, %;

$C_р$ – сохранность растений, %.

Показатели полевой всхожести семян и выживаемости растений можно брать из справочной литературы с соответствующими обоснованными поправками на уровень проектируемой технологии возделывания культуры;

в) через полевую всхожесть и сохранность растений с учетом посевной годности высеянных семян:

$$B_р = \frac{П_г \cdot П_в \cdot C_р}{10000},$$

где $B_р$ – выживаемость растений, %;

$П_г$ – посевная годность семян, %;

$П_в$ – полевая всхожесть семян, %;

$C_р$ – сохранность растений, %.

Посевная годность семян ($П_г$) представляет из себя произведение чистоты семян ($Ч$, %) на лабораторную всхожесть ($В$, %):

$$П_г = \frac{Ч \cdot В}{100}$$

Таким образом, при расчете норм высева под планируемую густоту следует заранее спрогнозировать величины показателей – полевой всхожести семян, выживаемости и сохранности растений, зависящих от складывающихся метеорологических условий и уровня агротехники.

Прогнозировать эти показатели и также коэффициент продуктивной кустистости очень трудно, поскольку неизвестно, как сложатся метеорологические условия в период вегетации, потому приходится пользоваться средними данными, полученными в опытах и производственных условиях. По обобщенным данным, продуктивная кустистость озимой ржи составляет в среднем 1,47, озимой пшеницы – 1,6, а яровых зерновых хлебов – в пределах 1,0-1,3, а полевая всхожесть яровой пшеницы – в среднем 70-94%, выживаемость растений – 66-69%, с колебаниями – от 57 до 85%. Аналогичные показатели выведены и по кормовым культурам.

Показатели полевой всхожести семян и сохранности растений зависят, в первую очередь, от уровня обработки почвы, посевных качеств семян и подготовки их к посеву, выбора оптимальных для складывающихся условий срока посева, глубины заделки семян, приемов ухода за посевами, и т.д., то есть при оптимизации всех элементов технологии эти показатели могут достигнуть максимальных значений, при нарушении технологии могут значительно снижаться.

Средние значения полевой всхожести семян и сохранности растений кормовых культур представлены далее в таблице. Знание этих вопросов и умение применить их на практике позволяет агроному максимально приблизить полевую всхожесть семян к лабораторной, а сохранность растений к 100%, то есть *необходимо стремиться к тому, чтобы каждое высеянное семя дало полноценные всходы, а каждое полученное растение достигло уборочной (укосной) спелости*, что позволит уменьшить расход семян, которые в структуре себестоимости получаемой продукции растениеводства занимают не последнее место.

Для примера можно сослаться на опыт возделывания кукурузы в Германии, свидетельствующий о возможности доведения полевой всхожести семян до 95%, то есть потери составляют не более 5% от высеянных всхожих семян, а сохранность растений приближается к 100%. Такие высокие показатели достигаются за счет высева семян с высокими

посевными качествами, технологии подготовки их к посеву (калибровка, протравливание высокоэффективными препаратами, инкрустирование и др.), качества подготовки почвы к посеву (культивация, выравнивание, прикатывание и др.), выбор срока посева для каждой культуры с учетом прогревания почвы и влажности ее в верхних слоях почвы, высокоточных сеялок, обеспечивающих заданную глубину заделки семян и их распределение в рядке, а также системы ухода за посевами.

1.2. Густота стеблестоя (травостоя) и норма высева семян

У *зерновых культур* основными элементами структуры урожая являются: число растений на единице площади к уборке, продуктивная кустистость, число зерен в колосе, масса 1000 зерен при стандартной влажности.

Многочисленные исследования и производственный опыт показывают, что с увеличением количества растений на единице площади до определенного предела урожайность культур возрастает.

Научно-исследовательскими учреждениями для каждой почвенно-климатической зоны установлены величины оптимальной густоты стояния зерновых культур и в соответствии с этим рекомендованы соответствующие нормы высева семян. В районах с хорошим увлажнением рекомендуется к уборке иметь на гектаре 4-4,5 млн. растений пшеницы, овса, озимой ржи, 2,5-3 млн. растений ячменя, а в сухостепной зоне – от 1,5 до 2,5 млн.

В условиях Северного Казахстана, по данным М.К. Сулейменова (1991), с увеличением нормы высева яровой пшеницы до критического оптимума урожайность повышалась, после чего существенно не изменялась до критического максимума, после которого снижалась, а критический минимум колебался в пределах от 0,5 до 2,5 млн., критический максимум – 3,5-6,0 и более млн. всхожих семян на 1 га. Для большей части Северного Казахстана (умеренно засушливая – засушливая и сухостепная зона) оптимальный интервал норм высева составляет 2-3 млн., в сухой степи – 1,5-2,5 млн., в лесостепи 2,5-3,5 млн. всхожих семян на 1 га. Высевая указанное количество семян, можно достигнуть оптимальной густоты стеблестоя 170-230 растений на 1 м^2 для яровой пшеницы, ячменя, овса, а за счет продуктивной кустистости может сформироваться до 250-300 шт./м^2 продуктивных стеблей.

Расчет биологической урожайности можно производить по формуле:

$$У_{биол.} = \frac{Ч \cdot П_к \cdot З \cdot А}{10^4},$$

где $У_{биол}$ – биологическая урожайность, ц/га;

Ч – число растений, шт./м^2;

Пк – продуктивная кустистость;

З – число зерен в колосе;

А – масса 1000 зерен при стандартной влажности.

Урожайность формируется за счет нескольких слагаемых – элементов структуры, степень выраженности каждой из них может быть различной, поскольку при слабом развитии одного структурного элемента урожайность может быть компенсирована за счет более интенсивного развития других элементов. Следует учитывать, что элементы структуры урожая формируются не одновременно на различных этапах вегетации. По данным М.К. Сулейменова (1991), яровая пшеница сорта «Саратовская-29» имела в зависимости от нормы высева следующую продуктивную кустистость: при 1,0-1,5 млн. шт. всхожих семян на 1 га по паровому предшественнику 1,93, по стерневому 1,77; при норме 2,0-2,5 соответственно 1,52 и 1,42; при норме 3,0-3,5 соответственно 1,30 и 1,08, при норме 4,0-4,5 млн. шт. 1,16 и 1,04. Изменялось и количество колосков в колосе: при норме высева 1,0-1,5 млн всхожих семян на 1 га по паровому предшественнику образовалось в среднем 12,2, при 4,0-4,5 – 9,6, а количество зерен в колосе было соответственно 27,1 и 19,6 шт., а масса 1000 семян соответственно – 36,0 и 32,8 г.

У кормовых культур исследователи иногда пытаются ставить знак равенства между нормой высева, густотой стеблестоя и урожайностью, подразумевая при этом, что при более высокой норме высева должно быть больше растений на единице площади. На самом деле, в природе в зависимости от почвенно-климатических условий и, в первую очередь, от уровня увлажнения и обеспеченности элементами минерального питания, действует внутривидовая конкуренция и саморегуляция густоты растений.

Опытами установлено (Н.И. Можаев, 1985), что саморегуляция резко проявляется у культур, имеющих пониженную реакцию на норму высева, в частности, у многолетних трав. *Саморегуляция густоты растений идет за счет выпадения части растений из стеблестоя и снижения кустистости, уменьшения количества стеблей на одном растении, при этом урожайность от увеличения нормы высева семян не только не возрастает, а нередко даже снижается,* что наглядно можно проследить на примере житняка в условиях естественного влагообеспечения. Нормы высева семян житняка на корм и семена изучались в большом интервале – от 2 до 14 млн. всхожих семян, то есть различие между крайними вариантами было в 7 раз, однако уже к концу первого года жизни травостоя разрыв сузился до 1:6, количество растений на 1 м^2 на крайних вариантах составило 120 и 598, а кустистость соответствен-

но – 9 и 3,5. На 2-3 годах жизни независимо от нормы высева осталось на 1 м² почти одинаковое количество стеблей – 1300-1500 шт., а при более высоких нормах высева семян количество генеративных стеблей снизилось на втором году – до 606-908 и на третьем – до 281-741. Максимальная урожайность была получена при ширине междурядий 30-45 см с количеством генеративных стеблей на втором году жизни – 72-587 и третьем – 565-610, при минимальной из изучаемых норм высева (2 млн. всхожих семян на 1 га).

При хорошей влагообеспеченности процесс саморегуляции протекает не так жестко, однако даже при орошении увеличение нормы высева семян с 4 до 8 млн почти не привело к повышению урожайности от сгущения, в то же время внесение удобрений в расчетных дозах обеспечило прибавку у люцерны на 36,6-47,1, у эспарцета на 44,6-51,6, у костреца на 51,0-57,8 ц/га (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Прибавка урожая сухого вещества многолетних трав второго года жизни в зависимости от загущения и внесения удобрений при орошении, ц/га

Прибавка урожая	Нормы высева (млн. шт. семян на 1 га)	Люцерна	Эспарцет	Кострец безостый	Житняк
От загущения	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	6,0	0,6	5,7	6,6	9,1
	8,0	2,7	3,4	8,9	6,0
От применения расчетной дозы удобрений	4,0	36,6	44,6	51,0	30,0
	6,0	42,5	51,6	57,8	18,0
	8,0	47,1	48,1	51,1	25,2

Многолетние травы в зависимости от влагообеспеченности к 3-4 годам жизни в процессе саморегуляции густоты сформировали примерно одинаковое количество растений на единицу площади, а потому существенной прибавки урожая от увеличения нормы высева не получено.

У кукурузы и сорго способность к саморегуляции густоты почти не проявляется, а потому при увеличении густоты с 60 до 180 тыс. растений на гектаре при хорошем уровне увлажнения прибавка урожая от загущения достигала в зависимости от внесенных доз удобрений от 32 до 183 ц/га зеленой массы (Н.И. Можаев, 1969; А.Н. Можаев, 1990).

Таким образом, норма высева семян многолетних трав и получаемое количество растений на единице площади не всегда находятся в прямой зависимости, поскольку в травостоях действует закон саморегуляции густоты, и, чем выше загущенность посевов и чем более жесткие условия

по влагообеспеченности, тем интенсивнее протекает этот процесс.

Процесс саморегуляции осуществляется не только за счет выравнивания количества растений вне зависимости от норм высева, но и существенного изменения элементов структуры урожая: стеблестоя, колосьев, бобов, семян в них, то есть проявляются выработавшиеся в процессе эволюции свойства растений, направленные на сохранение вида, а в более изреженных травостоях урожайность семян компенсируется за счет формирования на каждом растении большего их количества.

6.3. Методика расчета нормы высева семян под оптимальную густоту стеблестоя (травостоя) при программировании урожаев

Рассчитывая норму высева семян для определенного поля, следует учитывать запасы продуктивной влаги, условия увлажнения в течение вегетационного периода, плодородие почвы, засоренность и др. факторы – это требует больших знаний и умений агронома, поскольку от густоты стеблестоя (травостоя) зависят особенности формирования площади листовой поверхности, фотосинтетического потенциала, чистой продуктивности фотосинтеза посевов культуры, сорта, а в конечном итоге – урожайности при возможно минимальном расходе семян.

Оптимальные значения этих показателей находятся в прямой зависимости от условий увлажнения, т.к. оптимальной площадью листовой поверхности следует считать такую, которая обеспечивается влагой почвы для нормального протекания процесса транспирации посевов, иначе говоря, чем хуже влагообеспеченность, тем меньше должна быть площадь листовой поверхности, а значит, меньше и густота стеблестоя (травостоя) в расчете на единицу площади. Справедливости ради следует отметить, что ошибки агрономов в определении норм высева культур нередко выправляет сама природа: у ряда культур при чрезмерном загущении происходит выпадение (гибель) растений, растения хуже кустятся, имеют меньшую массу и т.д., и, наоборот, в изреженных травостоях коэффициент кустистости выше, то есть происходит процесс саморегуляции густоты стеблестоя и формирование площади листовой поверхности посевов в зависимости от уровня увлажнения и других факторов. В интенсивном земледелии возлагать надежды на естественную регуляцию густоты ни в коем случае не следует, поскольку это приводит к непроизводительному расходу семян, а, следо-

вательно, денежных средств, и снижению урожайности культуры.

В производственных условиях применяются два основных метода расчета норм высева семян:

– первая – через рекомендованную норму высева в млн. шт./га (коэффициент высева),

– вторая – путем расчета под оптимальную густоту стеблестоя.

Первый метод основан на полученных опытах и рекомендованных научными учреждениями средних показателей для зоны, области, района нормы высева в млн. шт. всхожих семян на 1 га (коэффициент высева семян). За многие годы научными учреждениями регионов (институты, опытные станции, сельхозинституты и др.) была проведена масса полевых опытов с культурами и сортами, при этом изучение норм высева семян нередко осуществлялось в большом диапазоне, например, от 1 до 10 млн. шт. всхожих семян на 1 га, при этом устанавливается, при какой из изученных норм высева получена самая высокая урожайность, на основании чего даются рекомендации производству. В пределах Северного Казахстана, например, рекомендуется высевать ячмень на 1 га от 2,5 до 5,5 млн. всхожих семян, при этом для засушливых районов – 2,5-3,5, при лучшем увлажнении от 3,0 до 5,5. Аналогичные рекомендации имеются по всем культурам, агротехника которых изложена в учебниках по растениеводству, кормопроизводству и другим дисциплинам.

Для пересчета этого показателя на весовую норму высева семян в кг/га берется рекомендуемая норма семян в млн. шт./га, масса 1000 семян и их посевная годность.

$$H_в = \frac{M \cdot A \cdot 100}{ПГ},$$

где $H_в$ – норма высева семян весовая, кг/га;

M – рекомендуемая норма высева в млн. шт. семян на 1 га (коэффициент высева);

A – масса 1000 семян, г;

ПГ – посевная годность семян, %.

Преимущество этого метода – простота расчета, а недостаток в том, что не учитываются условия, влияющие на полевую всхожесть семян, выживаемость и сохранность растений в течение вегетационного периода, то есть роль агронома в управлении процессом формирования стеблестоя и урожайности можно назвать пассивной.

Второй метод предусматривает определение величины оптимальной густоты стеблестоя с учетом всех показателей, влияющих на формирование количества растений к уборке, вносится прогнозируемая поправка на полевую всхожесть семян, сохранность растений, а также посевную годность семян. Применительно к складывающимся условиям весны для каждого поля, культуры,

сорта в зависимости от увлажнения, уровня агротехники уже не шаблонно, как в первом случае, моделируются условия роста и прогнозируются величины полевой всхожести семян и сохранности растений. Этот метод позволяет получать оптимальную предуборочную густоту стеблестоя (травостоя) при минимальном расходе семян на посев, при этом растения могут максимально проявить свои биологические особенности, в частности, способность к кущению, сводя до минимума межвидовую борьбу и саморегуляцию густоты, гибель растений, ухудшение соотношения показателей элементов структуры урожая и др.

При расчетах норм высева есть некоторые особенности для кормовых и зерновых культур.

При расчете нормы высева семян кормовых культур под оптимальную густоту стеблестоя (травостоя) необходимо исходить из того, что стеблестой (травостой) культуры с оптимальной густотой следует считать при наличии такого количества растений на единице площади, которое обеспечивает в определенных конкретных условиях рост и развитие растений и формирование максимального уровня урожайности.

Для получения максимально возможного уровня урожайности с учетом влагообеспеченности, агротехники и других факторов следует заранее определить оптимальную для складывающихся конкретных условий предуборочную густоту стеблестоя культуры или группы культур, возделываемых в хозяйстве.

Каждому агропроизводственнику следует вести наблюдения и накапливать опыт по оценке влияния всех элементов технологии на формирование элементов структуры урожая и урожайности за весь период «от семени и до семени», в том числе полевую всхожесть семян, выживаемость и сохранность растений в зависимости от обеспеченности культуры влагой, пищей, засоренности, сроков посева, глубины заделки семян, а также густоте стеблестоя (травостоя), продуктивной кустистости и др., обеспечивающих в складывающихся условиях уровень урожайности. В качестве исходных данных для расчетов оптимальной густоты стеблестоя кормовых культур можно воспользоваться обобщенными материалами, полученными в полевых опытах и производственных условиях Северного Казахстана (Н.И. Можаев, 1985, табл. 1.2).

В таблице цифры даны с определенным интервалом, учитывая, что максимального количества растений следует достигать при лучшей влагообеспеченности и высоком уровне агротехники.

Таблица 1.2

Оптимальная (предуборочная) густота растений кормовых культур, обеспечивающая максимальный уровень урожайности при возделывании на корм в Северном Казахстане, шт./м²

Культуры	Уровень влагообеспеченности	
	орошение или хорошее естественное увлажнение	без орошения и при удовлетворительном увлажнении
Многолетние травы на 2-4 годах жизни		
Люцерна	80-100	60-80
Эспарцет	90-100	70-100
Кострец безостый	120-160	100-120
Житняк	60-90	60-90
Однолетние травы		
Суданская трава	110-140	100-120
Овес, могар и др.	200-300	150-200
Силосные культуры при широкорядном способе посева		
Кукуруза, подсолнечник	15-18	8-12
Сорго	35-40	15-25

При возделывании на семена многолетних бобовых трав (люцерна, эспарцет, донник) следует высевать широкорядным способом (45-60 см), обеспечивая на 2-3 годах жизни 10-20 шт. растений на 1 м², злаковых трав – широкорядным способом (30-45 см), добиваясь получения на 2-3 годах жизни 30-60 шт. растений, суданской травы 150-160 шт. на 1 м².

При благоприятных условиях влагообеспеченности этот показатель должен быть выше, при неблагоприятных – ниже, но в пределах указанного интервала, к которому следует внести поправку на посевную годность семян, полевую всхожесть и сохранность растений (потери растений, возникающие по разным причинам в течение вегетационного периода при уходе за посевами).

Норма высева семян кормовых культур (в млн. шт./га) может рассчитываться по формуле:

$$M = \frac{P_{п} \cdot 100 \cdot 10000}{B_{р}},$$

где M – норма высева всхожих семян, млн. шт./га;

$P_{п}$ – оптимальное предуборочное (проектное) количество растений, шт./м² (согласно табл. 1.2);

$B_{р}$ – выживаемость растений, % (табл. 1.3).

10000 – пересчет с 1 м² на 1 га.

Далее, взяв показатель массы 1000 семян и сделав поправку на посевную годность семян, можно вычислить весовую норму высева (кг/га) по методике, изложенной далее.

Полевая всхожесть семян полевых культур и особенно многолетних трав бывает значительно ниже лабораторной, поэтому изучение возможностей сокращения разрыва между этими показателями имеет большое практическое значение.

Таблица 1.3

Средние значения полевой всхожести семян и сохранности растений в зависимости от уровня агротехники и условий увлажнения, %

Культура	Полевая всхожесть семян	Сохранность растений
Кукуруза	70-90	80-95
Подсолнечник	70-80	80-95
Сорго	60-70	70-90
Люцерна	25-60	85-95
Эспарцет	40-80	90-95
Житняк	25-50	60-90
Суданская трава	60-70	80-95

Полученные в опытах материалы по полевой всхожести семян многолетних трав в зависимости от приемов агротехники дают возможность при решении задачи получения заданного количества растений вносить соответствующие поправки к норме высева. Многочисленными опытами и наблюдениями установлено, что полевая всхожесть семян кукурузы на 20-50% ниже лабораторной, а выживаемость растений составляет 60-80%. Эти показатели зависят от срока сева, качества подготовки почвы, глубины заделки семян, посевных качеств семян. Сохранность растений кукурузы во многом зависит от умения правильно применять систему ухода за посевами, в частности, боронование по всходам, культивация междурядий, при которых нередко уничтожается до 20-35% растений от полученных всходов.

В среднем можно считать, что при естественном увлажнении полевая всхожесть семян колеблется в интервале: у кукурузы – 50-70%, суданской травы – 60-70%, люцерны – 10-60%, эспарцета – 40-80%, житняка – 25-50%, костреца безостого – 20-45%, при этом у многолетних трав она достигает своего максимума при посеве в ранневесенние и подзимние (у злаковых) сроки, поскольку в эти сроки

наилучшим образом решается задача заделки семян во влажный слой почвы, принимая во внимание, что оптимальная глубина заделки семян трав 2-3 см, при возделывании на орошаемых землях полевая всхожесть семян повышалась у люцерны – до 40-60%.

Для теплолюбивых культур – кукурузы, суданской травы, сорго, могара, проса и других наилучшие показатели полевой всхожести семян достигаются при прогревании почвы выше 10-15 °С и посеве во второй половине мая – начале июня.

Для зерновых культур норму высева следует рассчитывать, исходя из оптимального стеблестоя культуры к уборке на 1 м², применительно к конкретной зоне. Показатель программируемого оптимального стеблестоя следует брать с учетом почвенно-климатических условий хозяйства и предшественников. При расчете следует спрогнозировать полевую всхожесть семян, выживаемость растений, продуктивную кустистость с учетом факторов, влияющих на эти показатели, и посевных качеств семян. Расчет для зерновых культур можно произвести по формуле, предложенной М.С. Савицким (1973):

$$H_в = \frac{C \cdot A \cdot 100}{K \cdot B \cdot ПГ},$$

где $H_в$ – норма высева, кг/га;

C – количество стеблей к уборке на 1 м², шт.;

A – масса 1000 семян, г;

K – продуктивная кустистость;

B – показатель выживаемости растений, %;

$ПГ$ – посевная годность семян, %.

Продуктивная кустистость яровых зерновых хлебов в Северном Казахстане находится в среднем в пределах – от 1,2 до 1,3, с колебаниями в различные годы на разных полях в зависимости от увлажнения, предшественников, технологии, культуры, сорта – от 1 до 2,5-3,0, полевая всхожесть семян в среднем 70-90%, выживаемость растений – 65-70%, с колебаниями – от 50 до 85%.

Оптимальная величина количества стеблей (С) зерновых культур перед уборкой в пределах региона в зависимости от влагообеспеченности может колебаться от 200 до 360 шт./м².

В практической работе каждому агроному следует накапливать собственные наблюдения по указанным вопросам, чтобы затем вполне обоснованно для каждого поля с учетом влагообеспеченности, культуры, сорта, засоренности, плодородия, уровня агротехники, сроков посева и других факторов делать расчеты нормы высева под программируемую густоту стеблестоя.

Для расчета оптимальной густоты стеблестоя кормовых культур можно

воспользоваться разработками, полученными на основании проведенных полевых опытов, представленных в таблице 1.3.

Достигнуть для каждой культуры в конкретных почвенно-климатических условиях оптимальной предуборочной густоты стеблестоя – значит получить максимальный урожай при наименьшем расходе семян, а в конечном итоге при минимальных затратах труда и материальных средств.

Разработка теоретических основ получения оптимальной предуборочной густоты и норм высева семян – один из важных вопросов программирования урожаев, поскольку решение этих вопросов позволяет для конкретных условий в конечном итоге формировать посевы с лучшими параметрами площади листовой поверхности, фотосинтетического потенциала, чистой продуктивности фотосинтеза.

Контрольные вопросы

1. Какие основные требования предъявляются к посевным качествам семян кормовых культур? Каковы показатели кондиционности семян?
2. Что такое «посевная годность семян» и методика ее определения?
3. Полевая всхожесть семян. Значение и методика ее определения.
4. Каковы основные различия между полевой и лабораторной всхожестью? Пути и основные агротехнические приемы, способствующие сокращению этого разрыва.
5. Что такое «сохранность» и «выживаемость» растений, методика их определения и основные агротехнические приемы, способствующие повышению этих показателей?
6. Понятие об оптимальной густоте стеблестоя разных культур. Ее зависимость от факторов внешней среды и почвенно-климатических условий.
7. Основные методы расчета норм высева полевых культур, применяемые в настоящее время.
8. Какова методика расчета нормы семян под планируемую (оптимальную) предуборочную густоту с учетом посевной годности семян, их полевой всхожести и сохранности растений?

Глава 2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ДОЗ УДОБРЕНИЙ ПОД ЗАПРОГРАММИРОВАННЫЙ УРОВЕНЬ УРОЖАЙНОСТИ

2.1. Основное направление в расчетах доз удобрений

Разработка системы удобрений с учетом плодородия почвы является одним из принципов программирования урожайности. В решении задач, связанных с получением заданного программируемого уровня урожайности, обоснованием методов расчета и применением оптимальных доз удобрений, необходимо соблюдать следующие условия:

1) удовлетворить потребности растений в питательных веществах для получения запрограммированного уровня урожайности;

2) обеспечить сохранение и дальнейшее повышение эффективного плодородия почвы;

3) исключить загрязнение удобрениями водоемов, грунтовых вод и т.д., обеспечить охрану окружающей среды.

В настоящее время имеется два основных направления в расчетах доз удобрений.

Первое направление основывается на результатах полевых опытов, проведенных в конкретных условиях на типичных для этого региона почвах, в которые после уточнения агрохимического состава почвы вносятся соответствующие поправки к вносимым дозам удобрений. Это направление было обосновано работами Д.Н. Прянишникова, А.В. Соколова, С.В. Щербы, П.Г. Найдина, А.Г. Дояренко и других.

При внесении соответствующих поправок удается избежать грубых ошибок, однако не всегда возможно добиться максимального эффекта от вносимых удобрений, поскольку не учитывается действительно возможный уровень урожайности по лимитирующему фактору – влагообеспеченности, недостаточный учет и эффективного плодородия почвы. Средние дозы удобрений устанавливаются чисто эмпирическим путем, поскольку для определения оптимального количества азота, фосфора и калия, необходимого определенной культуре, потребуется поставить опыт с огромным количеством вариантов с учетом разных уровней эффективного плодородия почвы и влагообеспеченности посевов и др.

Второе направление предусматривает расчет доз удобрений, исходя из потребности в питательных веществах под программируемый уровень урожайности, с учетом выноса питательных веществ с основной и побочной продукцией, наличия в почве доступных азота, фосфора, ка-

лия, коэффициентов использования их из почвы и из удобрений, при этом учитывается последействие органических и минеральных удобрений и накопленных корневых и пожнивных остатков.

По мнению крупнейших ведущих агрохимиков современности (Б.А. Ягодин, П.М. Смирнов, А.В. Петербургский, В.А. Демин и др., 1989; З.И. Журбицкий, 1971; Г.В. Листопад, 1975; А.С.Радов, 1974; И.И. Синягин, 1968 и др.), при расчете доз удобрений следует исходить из понятий: *оптимальная, рациональная и предельная доза минеральных удобрений.*

Оптимальная – доза, обеспечивающая получение высокого урожая хорошего качества при максимальном уровне чистого дохода с 1 га при условии постепенного повышения или сохранения оптимального уровня плодородия почвы за ротацию севооборота.

Рациональная – доза, которая при сложившихся организационно-хозяйственных условиях производства позволяет получить возможно высокий выход продукции хорошего и удовлетворительного качества с 1 га пашни и интенсивно повышать плодородие почвы при обязательном экономическом эффекте от применения удобрений.

Предельная – доза, которая обеспечивает максимально возможный уровень урожайности допустимого качества при условии, как минимум, самоокупаемости удобрений, что возможно, безусловно, при наличии в хозяйстве средств на приобретение и внесение этого количества удобрений.

Хозяйство в зависимости от его экономического состояния может применять тот или иной уровень вносимых доз удобрений, однако предпочтительны первые два – рациональная и оптимальная, однако с точки зрения экономического эффекта и окупаемости вносимых доз целесообразно применение рациональных доз удобрений.

Крупнейший агрохимик современности В.Г. Минеев (1990) считает, что «получение высоких урожаев от освоения прогрессивных (интенсивных) технологий и есть форма реализации программирования урожаев в производственных условиях. Важно только активно переходить к реализации программирования урожаев во всем комплексе научной системы земледелия, а не отдельных ее звеньев». Он, а также и другие агрохимики (Б.А. Ягодин, 1989; К.П. Афендулов, А.И. Лантухова,1978), утверждали, что при расчете доз удобрений под планируемый урожай культур чаще всего используется метод балансового расчета по выносу питательных элементов всем запланированным урожаем, поскольку в нем отражены все статьи прихода и расхода всех питательных веществ.

Многие широко известные агрохимики современности – В.Г. Минеев (1990), Б.А. Ягодин, В.А. Демин и др. (1989), К.П. Афендулов, А.И. Лантухова и др. (1978), подразделили методы определения доз удобрений под сельскохозяйственные культуры на три основные группы:

Первая группа – метод основан на прямом использовании результатов полевых опытов и агрохимических картограмм.

Вторая – базируется на расчетном методе (балансовым или расчетно-балансовым).

Третья – комплексный метод (сочетании 1-й и 2-й групп методов).

Если в XIX и XX столетиях в странах Западной Европы, России и на территории постсоветского пространства применяли преимущественно первую группу методов расчета, то последние 40-50 лет наиболее широкое распространение стала приобретать вторая группа методов.

2.2. Классификация расчетной (балансовой) группы методов определения доз удобрений

Расчетная (балансовая) группа методов определения доз удобрений на планируемую (программируемую) урожайность включает, в свою очередь, несколько модификаций (Б.А. Ягодин, В.А. Демин и др., 1989; В.Г. Минеев, 1990). Так, из них наиболее широко применяемы:

а) метод элементарного баланса;

б) на планируемую прибавку урожая;

в) метод нормативного баланса.

В расходной части баланса при использовании расчетно-балансовой группы методов (модификация «а» и «б») учитывается вынос питательных веществ с планируемым (программируемым) урожаем, основанный на том, что *с каждой единицей продукции (зерно, сухое вещество) выносится определенное количество единиц питательных веществ* (N, P_2O_5, K_2O). (В странах Западной Европы, в частности, в Германии, учитывается, кроме того, и вынос MgO).

В приходной части баланса учитывается содержание доступных питательных веществ в почве, доза внесенных удобрений и поправки на проценты их использования (коэффициенты выноса питательных веществ из почвы и удобрений), которые зависят от уровня влагообеспеченности почвы в течение вегетационного периода и технологии возделывания культуры.

Таким образом, в настоящее время существует несколько методик расчета доз удобрений, однако в основу всех их положены данные по выносу питательных веществ и коэффициенты использования их из почвы и из удобрений. М.К. Каюмов (1989) внес

дополнения к этой классификации и условно подразделил методы расчета на 4 группы по следующим признакам:

1. *Под запланированный урожай* по выносу питательных веществ с учетом эффективного плодородия почв и использования элементов питания из вносимых туков. (Эта методика нашла наиболее широкое распространение).

2. *На планируемую прибавку,* когда известны величины урожаев без внесения удобрений, т.е. потенциально возможные урожаи за счет эффективного плодородия почвы.

3. *По показателям первой и второй групп,* но с учетом дальнейшего повышения плодородия почвы.

4. *По балльной шкале оценок почв* – цена одного балла в продукции определенной культуры и возможной прибавки от удобрений.

Мы не ставим перед собой задачу давая критический анализ всем этим методам – они достаточно полно разобраны в работах таких ученых, как К.П. Афендулова и А.И. Лантуховой (1973), М.К. Каюмова (1977, 1989), Г.А. Ненайденко (1980) и др. Наиболее подробно рассмотрим из вышеперечисленных *первый метод – метод элементарного баланса,* который, в свою очередь, подразделяется на интенсивный, экстенсивный и бездефицитный.

Интенсивный (положительный) – поступление питательных веществ в почву превышает их вынос с урожаем и потерь из почвы и удобрений.

Экстенсивный (отрицательный или дефицитный) – вынос с урожаем и потери питательных веществ превышают их поступление в почву.

Бездефицитный (нулевой) – статьи прихода и расхода и элементов питания равновелики.

Метод нормативного баланса предусматривает детальный учет всех статей прихода и расхода питательных веществ: *в приходной части* – поступление питательных веществ в почву с удобрениями, семенами, из атмосферы, в том числе азот клубеньковых бактерий бобовых культур и свободно действующих бактерий – азотофиксаторов, и, безусловно, учитывается эффективное плодородие почвы; *в расходную часть* включается вынос питательных веществ с увозимым с поля урожаем, потери элементов питания из почвы и удобрений с поверхностным стоком воды, вымывания (инфильтрации), газообразные потери (например, азота в результате денитрификации). Метод нормативного баланса более сложен, применение его в производственных условиях в полном объеме затруднено, потому практикуется обычно при постановке специальных балансовых опытов для углубленного и детального изучения всех элементов баланса.

В связи с этим могут применяться две модификации нормативного

урожайность продукции (У, ц/га, т/га), показатель картограммы по содержанию питательных веществ (азота, фосфора, калия) в мг/100 т почвы, коэффициента перевода мг/100 г в кг/га пахотного слоя потребуются дополнительные справочные материалы – данные по выносу с урожаем каждого элемента питательных веществ, коэффициенты выноса питательных веществ из почвы, удобрений, навоза, а также содержание питательных веществ в навозе. Использование этих показателей позволяет рассчитать обеспеченность растений за счет питательных веществ почвы и установить недостающее количество питательных веществ под за-планированный уровень урожайности, которое следует компенсировать за счет внесения органических и минеральных удобрений.

Зная вынос питательных веществ с каждой единицей урожая, можно рассчитать общий вынос азота, фосфора, калия с планируемой урожайности, поскольку с каждой единицей продукции (сена, силоса, корнеплодов, зерна и т.д.) выносится определенное количество азота, фосфора, калия. Эти величины довольно постоянные и ими следует пользоваться при расчете доз удобрений под планируемый уровень урожайности той или иной культуры (М.К. Каюмов, 1989, Н.И. Можаев, 1988), указанные в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Вынос питательных веществ на 1 ц основной и соответствующее количество побочной продукции, кг

Культура	Продукция	Вынос, кг/ц			Затраты N, P, K на 1 ц урожая, кг
		N	P_2O_5	K_2O	
Яровая пшеница	зерно	4,27	1,24	2,05	7,56
Озимая пшеница	зерно	3,25	1,15	2,0	6,40
Гречиха	зерно	3,40	1,86	3,31	8,57
Озимая рожь	зерно	3,10	1,27	2,26	7,07
Ячмень	зерно	2,50	1,09	1,75	5,34
Овес	зерно	2,99	1,31	2,58	6,84
Кукуруза	зерно	3,03	1,02	3,13	7,18
Просо	зерно	3,30	1,02	3,26	7,58
Сорго	зерно	3,63	1,12	1,54	6,29
Горох	зерно	6,00	1,25	2,00	10,12
Вика	зерно	6,23	1,31	1,56	9,10

Рапс	семена	4,90	2,30	3,30	10,2
Люцерна	сено	2,60	0,65	1,50	4,75
Эспарцет	сено	2,50	0,56	1,30	4,36
Вика	сено	2,27	0,62	1,00	3,89
Житняк	сено	1,30	0,51	1,05	2,86
Кострец безостый	сено	1,41	0,51	1,13	3,05
Суданская трава	сено	1,44	0,46	1,15	3,07
Просо	сено	1,81	0,47	1,45	3,73
Могар	сено	1,50	0,46	1,20	3,16
Овес	сено	1,76	0,42	1,55	3,75
Озимая рожь	сено	1,36	0,42	1,10	2,86
Горох	сено	2,36	0,51	1,75	3,68
Кукуруза	сухое в-во	2,65	0,60	2,20	5,85
Свекла сахарная	корнеплоды	0,49	0,15	0,50	1,24
Свекла кормовая	корнеплоды	0,40	0,13	0,46	0,99
Турнепс	корнеплоды	0,25	0,14	0,40	0,79
Картофель	клубни	0,62	0,30	1,45	2,37

Примерные коэффициенты выноса питательных веществ из почвы и из удобрений основными группами культур в зависимости от уровня влагообеспеченности приведены в таблице 2.2 (М.К. Каюмов, 1989).

Таблица 2.2

Примерные коэффициенты выноса питательных веществ из почвы и из удобрений некоторыми группами растений полевых культур, %

Показатели	Примерные коэффициенты выноса, %		
	Азот	Фосфор	Калий
Без орошения			
Питательные вещества почвы	20-25	5-10	10-12
Питательные вещества минеральных удобрений			
1. Зерновые, кукуруза на силос, вико-овсяные смеси	50-60	20-25	60-70
2. Многолетние травы, картофель	60-70	25-30	70-75
Орошение			
Питательные вещества почвы	30-35	25-30	10-15
Питательные вещества минеральных удобрений	80-95	30-35	90-95

Количество доступных питательных веществ берется из картограмм хозяйства или (при отсутствии их) средние данные по их содержанию в разных типах почв ряда регионов и областей РК, составленных Р.Х. Кариповым (1996), даны в таблице 2.3.

Таблица 2.3

Средние показатели содержания подвижных питательных веществ по ряду областей и регионов РК

Область, зона, годовое количество осадков	**Тип, подтип почвы, механический состав, рельеф, содержание подвижных форм питательного вещества, мг/100 г почвы**
Северо-Казахстанская обл., умеренно-засушливая лесостепь, 320-350 мм	Чернозем обыкновенный, тяжелосуглинистый, склоны малой крутизны, NO_3-10-15, P_2O_5-1,5-2,5, K_2O-50-70
Костанайская обл., умеренно-засушливая степь, 300-330 мм	Чернозем обыкновенный, тяжелосуглинистый, равнина, NO_3-10-15, P_2O_5-1,5-2,5, K_2O-50-70
Костанайская обл., сухая степь, 240-280 мм	Темно-каштановая, тяжелосуглинистая, равнина, NO_3-3-8, P_2O_5-1,0-1,5, K_2O-40-70
Акмолинская обл., умеренно-засушливая степь, 300-330 мм	Чернозем обыкновенный, тяжелосуглинистый, склоны малой крутизны, NO_3-10-15, P_2O_5-1,5-2,5, K_2O-50-70
Акмолинская обл., умеренно-засушливая степь, 300-330 мм	Чернозем южный, карбонатный, тяжелосуглинистый, равнина, NO_3-10-17, P_2O_5-1,0-1,5, K_2O-60-80
Акмолинская обл., засушливая степь, 250-300 мм	Чернозем южный, тяжелосуглинистый, склоны малой крутизны, NO_3-8-15, P_2O_5-1,5-2,5, K_2O-60-80
Акмолинская обл., засушливая степь, 250-300 мм	Темно-каштановая, тяжелосуглинистая, равнина, NO_3-5-8, P_2O_5-1,0-1,5, K_2O-40-70
Павлодарская обл., засушливая степь, 250-300 мм	Темно-каштановая, легкосуглинистая, равнина, NO_3-6-8, P_2O_5-1,2-2,0, K_2O-40-70
Карагандинская обл., сухая степь, 240-280 мм	Темно-каштановая, тяжелосуглинистая, карбонатная, склоны малой крутизны, NO_3-10-13, P_2O_5-0,8-1,5, K_2O-60-90

При пользовании этими справочными материалами следует учитывать, что при лучшей влагообеспеченности посевов коэффициент использования питательных веществ повышается, потому следует брать более высокие значения этого показателя, при недостаточной влагообеспеченности – низкие.

Следует учитывать, что технология внесения удобрений может существенно повлиять на эти показатели. Например, локальное, ленточное, прикорневое внесение удобрений обеспечивает резкое повышение использования питательных веществ удобрений: азота – 85-90%, фосфора – 40-45%, калия – 90-95%, существенно повышая окупаемость каждой единицы вносимых удобрений.

Исследованиями также установлено, что в континентальных районах республики зерновые культуры и картофель выносят азота больше на 15-50%, фосфора на 30-50%, калия – на 15-35%, а многолетние травы выносят фосфора меньше на 45-60%, калия на 60-80%. (М.К. Каюмов, 1989).

При нарушении соотношения NPK в почвенном растворе и вносимых удобрениях нередко в пределах даже одной культуры и одного сорта наблюдаются различия в выносе питательных веществ за счет изменения массы основной и побочной продукции, связанных с нарушением закона оптимума и внесением доз удобрений без учета других факторов (влагообеспеченность, сумма активных температур).

Накопление и сохранение плодородия почвы связано с необходимостью обязательного применения органических удобрений, в частности навоза.

При внесении органических удобрений следует учитывать, какое количество питательных веществ растение сможет получить из почвы, из вносимого навоза, а недостающее количество для получения программируемого уровня урожайности следует вносить с минеральными удобрениями.

Данные по среднему содержанию питательных веществ в навозе и коэффициенты их использования в год внесения и в последующие годы приведены в таблице 2.4 (К.П. Афендулов, А.И. Лантухова, 1973).

Таблица 2.4

Химический состав и усвоение растениями питательных веществ из навоза

Показатели	N	P_2O_5	K_2O
Валовое количество питательных веществ в 1 т навоза	4,6	2,0	6,0
Усвоение NPK растениями в первый год			
Коэффициент усвоения в первый год, %	25	30	50
В кг на 1 т	1,2	0,6	3,0
Коэффициент усвоения за 3-4 года, %	50-65	50-70	65-90
В кг на 1 т (действие и последействие)	2,3-3,0	1,0-1,4	3,5-5,4

При расчете последействия органического вещества на урожайность первой культуры берется коэффициент использования азота 25%, фосфора – 30% и калия – 50%, а в сумме за 3-4 года с учетом последействия – соответ-ственно 50-65%, 50-70% и 65-90%.

При недостатке влаги потенциальные возможности культуры ограничены, потому следует вносить удобрения под уровень урожайности, рассчитанной по влагообеспеченности, и не вносить их наугад, «вслепую», как это нередко бывало в условиях производства, поскольку отдача от каждого килограмма внесенных удобрений будет снижаться, что приведет к удорожанию продукции.

При хорошей влагообеспеченности, а также при орошении внесение расчетных доз удобрений позволяет обеспечивать растения элементами питания в оптимуме и исключает недобор урожая из-за недостатка отдельных элементов минерального питания, которые могут оказаться в первом минимуме.

При орошении можно достигать урожайности в 6-10 раз выше, чем без орошения при условии внесения доз удобрений в 6-10 раз больше, чем без орошения, поскольку на каждую единицу урожая растения используют как определенное количество единиц воды, так и определенное количество единиц элементов минерального питания.

После уборки урожая остаются пожнивные и корневые остатки, которые содержат питательные вещества в форме органических соединений, посту-пающих в процессе минерализации в почвенный поглощающий комплекс и использующихся впоследствии растениями. При расчетах следует учитывать, что воздушно-сухая масса корней злаковых однолетних составляет до 28-30% от надземной массы, многолетних трав – 60-80%, в засушливых условиях сухостепной и полупустынной зон масса корней может даже превышать массу надземной части растений. Наибольшее количество азота содержится в пожнивных и корневых остатках бобовых культур, например, у люцерны – до 300 кг на 1 га, зернобобовых – 30-50 кг/га (Н.И. Можаев, Н.А. Серикпаев, 2001).

При внедрении прогрессивных технологий и получении максимально возможных в этих условиях урожаев год от года должно повышаться плодородие почвы, следовательно, внесением удобрений должно не только компенсировать вынос питательных веществ с урожаем, но и повышать эффективное плодородие почвы, а баланс питательных веществ в системе севооборотов при интенсивном возделывании полевых культур должен быть положительным по всем основным элементам минерального питания и гумусу.

Рассмотренная методика расчета доз удобрений может с успехом применяться на посевах однолетних культур, при расчетах под многолетние травы необходимо учитывать продолжительность пользования травостоем (количество лет, укосов), чтобы под основную обработку почвы внести на всю сумму урожаев весь требующийся фосфор и калий, а азотные удобрения следует вносить ежегодно в виде подкормок, а при многоукосном использовании трав – 2-3 раза за вегетацию после каждого укоса.

Расчет доз удобрений с учетом выноса питательных веществ с урожаем, плодородия почвы и коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений можно проводить без применения расчетной формулы – методом логического рассуждения.

Таблица 2.5

Пример методики расчета доз удобрений под планируемый уровень урожайности зеленой массы кукурузы 200 ц/га, сухой массы 40 ц/га)

№	Показатели	Азот	Фосфор	Калий
1	Вынос с 1 ц сухой массы, кг	2,65	0,60	2,20
2	Вынос на заданный урожай, кг/га	106,0	24,0	88,0
3	Содержание в почве, мг/100 г	7,5	1,5	35,0
4	Коэффициент перевода мг/100 г в кг/га питательных веществ почвы	30	30	30
5	Наличие в почве доступных для растений питательных веществ, кг	225	45	1050
6	Коэффициент усвоения элементов питания из почвы, %	20	10	10
7	Возможный вынос питательных веществ из почвы, кг/га	45,0	4,5	105
8	Недостаток питательных веществ, кг/га (п. 2 – п.7)	61	19,5	+17,0 Доста-ток
9	Будет внесено элементов питания с запланированной дозой 35 т/га навоза, кг/га	161	70	210
10	Будет использовано из внесенного навоза, кг/га	40	21	105
11	Необходимо довнести с минеральными удобрениями, кг/га (п. 8 – п. 10)	21	1,5	Не требуется
12	Коэффициент использования питательных веществ из удобрений, %	50	-	-
13	Доза минеральных удобрений на заданный урожай действующего вещества, кг/га	42	Не требуется	-
14	Содержание действующего вещества в туках вносимых удобрений, %	34	-	-
15	Доза удобрений в туках, ц/га	1,2	-	-

В качестве примера в таблице 2.5 приводится методика подобного расчета доз удобрений, которая была проверена в производственных условиях на больших площадях в бывших совхозах «Октябрь», 40 лет Казахстана», имени М. Маметовой Целиноградского района и других, агрономом А.Н. Можаевым (1983).

2.4. Методика расчета коэффициентов использования доступных питательных веществ из почвы и удобрений

На основании многочисленных экспериментальных исследований установлено, что из доступного количества питательных веществ, содержащихся в почве, растения используют ежегодно в среднем до 5-10% – фосфора, до 10-12% – калия и до 20-25% – легкогидролизуемого азота, при хорошем естественном увлажнении и орошении коэффициенты использования питательных веществ, как почвы, так и удобрений повышаются (табл. 2.2 и 2.5).

Более точные коэффициенты выноса питательных веществ можно получить при проведении полевых опытов в каждой конкретной зоне, хозяйстве, почве, для определенной культуры, которые будут зависеть от условий увлажнения и уровня агротехники.

В производственных условиях и полевых опытах коэффициенты использования растениями NPK из почвы и удобрений можно определить, вычислив вынос питательных веществ с урожаем на участках той или иной культуры без внесения удобрений и при внесении удобрений.

Расчет производится по формулам, которые выводятся из приведенного ранее баланса:

$$K_{п} = \frac{B_1 \cdot У \cdot 100}{П_1 K_{м}},$$

$$K_{у} = \frac{B_1 \cdot У \cdot 100}{Д},$$

где $K_{п}$ – коэффициент использования питательного элемента из почвы, %;

$B_1 \cdot У$ – вынос питательного вещества с урожаем на участке без удобрений, кг/га;

$П_1 \cdot K_{м}$ – содержание питательного вещества в почве (показатель картограммы, умноженный на 30), кг/га;

$K_{у}$ – коэффициент использования питательного вещества из удобрения, %;

$B_1 \cdot У$ – вынос питательных веществ с прибавкой урожая, где $У$ – прибавка урожая от внесенных в опыте удобрений (при расчете $K_{у}$);

$Д$ – доза действующего вещества элемента питания, внесенного с удобрениями, кг/га.

Коэффициент выноса питательных веществ из почвы ($K_{п}$) представляет из себя отношение вынесенно-

го с урожаем одного из элементов питательных веществ (кг/га) к количеству содержащихся доступных питательных веществ в пахотном горизонте почвы (кг/га), выраженное в процентах.

Коэффициент выноса питательных веществ из удобрений (K_y) представляет из себя отношение количества питательных веществ, вынесенных с полученной прибавкой урожая от внесенного действующего вещества удобрения (кг/га) к количеству внесенной дозы удобрений в кг/га действующего вещества, выраженное в процентах.

Поскольку в справочной литературе рецептов для всех частных случаев, отдельных хозяйств, полей и культур получить невозможно, подобные расчеты позволяют уточнить величины коэффициентов выноса питательных веществ и на этом основании делать более обоснованные расчеты доз удобрений в условиях хозяйства.

2.5. Основные законы земледелия и растениеводства, учитываемые при оценке обеспеченности растений факторами внешней среды и расчете доз удобрений

При разработке систем агротехнических мероприятий, обеспечивающих получение программируемых урожаев, необходимо руководствоваться основными законами земледелия и растениеводства.

Наибольшее значение имеют законы равнозначимости и незаменимости факторов жизни растений, закон возврата, закон минимума, закон совокупного, а не изолированного действия факторов жизни и ряд других.

Закон возврата питательных веществ предусматривает ежегодно или периодически возврат питательных веществ не меньше количества выносимого из нее с урожаем сельскохозяйственных культур. В севооборотах без применения органических и минеральных удобрений под зерновыми и картофелем обычно *складывается отрицательный баланс по азоту, фосфору и калию.* В севооборотах с многолетними травами с использованием обычно рекомендуемых доз органических и минеральных удобрений отмечается положительный баланс по азоту, фосфору. В тех же севооборотах, в том числе и специализированных кормовых, положительный баланс основных элементов питания отмечался при внесении расчетных доз органических и минеральных удобрений под программируемый урожай. Таким образом, речь идет не о простом соблюдении закона возврата питательных веществ, а о применении такого количества органических и минеральных удобрений, которое обеспечило бы получение высоких урожаев полевых

культур при одновременном увеличении запасов в почве азота, фосфора и калия.

Закон равнозначимости и незаменимости факторов свидетельствует о том, что ни один фактор жизни растений нельзя полностью исключить или заменить другим, поскольку в том и другом случае гибель растений неизбежна (например, вода не может быть заменена пищей или теплом и наоборот).

Закон минимума в формулировке Ю. Либиха для элементов питания гласит о том, что каждое поле содержит одно или несколько питательных веществ в минимуме и одно или несколько в максимуме, а урожайность находится в зависимости от вещества, находящегося в минимуме, которое управляет урожаем и определяет его величину и устойчивость во времени. В последующие годы опытами, проведенными Г. Гельригелем, Ю. Саксом, Э. Вольни и другими, доказано, что закон минимума применим ко всем факторам жизни растений (вода, тепло, свет, пища и др.).

Закон максимума проявляется при широком использовании органических и минеральных удобрений, которое приводит к ограничивающему действию фактора, находящегося в максимуме, а при избытке фактора против оптимальной потребности будет сдерживаться рост урожайности. С проявлением этого закона приходится сталкиваться при необоснованном внесении удобрений без учета содержания элементов питания в почве и выноса их с урожаем. Закон максимума проявляется при необоснованно завышенных нормах высева семян, а на орошаемых землях при нарушении режима полива и при отсутствии увязки с критическими фазами растений к воде.

Закон оптимума может реализоваться при применении расчетных доз удобрений и оросительных норм под планируемую урожайность с учетом потребности растений в этих факторах, то есть оптимизации регулируемых факторов.

Закона плодосмена – чередование культур в пространстве и во времени позволяет более рационально распределять удобрения между культурами, осуществлять более эффективно систему обработки почвы и борьбу с сорняками, а чередование культур, относящихся к различным биологическим группам с введением в севооборот многолетних трав, способствует повышению урожайности и сохранению плодородия почвы. Применительно к каждому полю севооборота необходимо разработать систему мероприятий (агротехнических, химических, биологических) по борьбе с сорняками, вредителями и болезнями.

Среди других факторов, препятствующих прогрессивному росту

урожайности, можно назвать низкие посевные качества семенного материала, а как следствие – изреженность посевов, низкое качество обработки почвы и нарушение оптимальных сроков проведения полевых работ и др.

Биологическим законом растениеводства следует считать критический период по отношению к факторам жизни, который предусматривает необходимость обеспечения растений в этот период факторами жизни в необходимых количествах за счет применения соответствующих агротехнических приемов, в частности, планирование сроков посева, поливов, подкормок минеральными удобрениями, уходов за посевами и др. и их проведение.

Критический период у всех полевых культур возникает после всходов по отношению к фосфору, а фосфорное голодание в этой фазе (особенно у кукурузы и других сельскохозяйственных культур) резко снижает величину будущего урожая и не исправляется улучшением фосфорного питания на последующих фазах; у зерновых культур на третьем-четвертом этапах органогенеза проявляется по отношению к азоту, а дефицит азота отрицательно влияет на количество закладывающихся колосковых бугорков в зародыше колоса или метелки, последующее улучшение азотного питания уже не исправляет этого отрицательного воздействия.

Критический период по отношению к влаге у всех культур проявляется в разные фазы вегетации, например, при попадании зерновых культур под засуху за 10-15 дней до выметывания или выколашивания, урожайность их снижается; у зернобобовых культур этот период растянут и приходится на фазы бутонизации – цветения. Задача заключается в том, чтобы агротехническими приемами в критические периоды развития растений улучшить обеспечение растений элементами питания и влагой с тем, чтобы по возможности снизить отрицательное воздействие фактора, влияющего на снижение урожайности.

Этот закон следует учитывать в условиях степного Казахстана при определении сроков посева культур, в частности, пшеницы, ячменя, овса и ряда других, чтобы критический период по отношению к влаге по возможности совпал со среднемноголетним максимумом выпадающих осадков, который в большинстве лет приходится на июль – начало августа. Эффективное ведение отрасли растениеводства в зоне рискованного земледелия требует применения технологии возделывания культур с расчетом наиболее рационального использования летних осадков и накопления влаги в почве в осенне-зимний периоды, а также формирование посевов с оптимальной для конкретных условий густотой стеблестоя.

Интенсивные технологии полностью базируются на программировании урожаев, а разработка и внедрение этих технологий возделывания культур немыслимы без применения всего комплекса или отдельных его элементов.

2.6. Методика расчета уровня урожайности полевых культур по эффективному плодородию

Пользуясь приведенными выше материалами, можно рассчитать по уровню эффективного плодородия почвы потенциальные возможности ее ДВУ без внесения удобрений.

Расчеты можно проводить по формуле, выведенной из баланса, приведенного ранее, в числителе которой количество доступных растениям питательных веществ в пахотном горизонте почвы:

$$П_1 \cdot К_м \cdot К_п, \text{ кг/га},$$

в знамена теле – вынос питательных веществ каждой единицей продукции B_1, кг/ц.

$$У = \frac{П_1 \cdot К_м \cdot К_п}{B_1 \cdot 100},$$

где *У* (*ДВУ*) – урожайность потенциальная или действительно возможная по содержанию доступных элементов минерального питания, ц/га.

Пользуясь этой методикой, можно прогнозировать и ожидаемую прибавку урожая от внесенных в почву минеральных и органических удобрений с учетом коэффициентов использования питательных веществ из внесенных удобрений и выноса питательных веществ на 1 ц продукции.

Пример расчета урожайности ячменя. Согласно материалам картограммы содержание элементов питания в почве (в мг/100 г почвы): азота – 5, фосфора – 2, калия – 40. Пересчитаем эти показатели в кг на 1 гектар пахотного слоя путем умножения на коэффициент 30, получим: азота – 150, фосфора – 60, калия – 1200 кг/га, из которых растениями будет использовано: азота – 25%, фосфора – 10%, калия – 12%, или соответственно 37,5; 6,0 и 144 кг. Для формирования 1 ц зерна ячменя и соответствующего количества побочной продукции требуется: азота – 2,50 кг, фосфора – 1,09, калия – 1,75. Поделив количество питательных веществ, выносимых из почвы, на эти показатели, получим уровень урожайности по азоту – 37,5:2,50=15,0 ц/га; по фосфору – 6:1,09=5,5 ц/га и по калию – 144:1,75=82,2 ц/га. В соответствии с законом минимума уровень урожайности может быть в данном случае 5,5 ц/га.

2.7. Приемы оптимизации плодородия почв

На основании экспериментальных материалов научно-исследователь-

ских учреждений в стационарных опытах с удобрениями в Географической сети были даны рекомендации по применению методики оптимизации плодородия почвы по агрохимическим и агрофизическим показателям на планируемую высокую ее продуктивность. Показатели плодородия почвы являются оптимальными в том случае, если они обеспечивают формирование высокого планируемого урожая и качества продукции всех культур севооборота, а оптимальные параметры должны соответствовать биологическим требованиям всех культур севооборота и способствовать реализации их потенциальной продуктивности (В.Г. Минеев, 1990).

Оптимизация плодородия предусматривает учет агрофизических, агрохимических и физико-химических свойств почвы:

Агрофизические свойства: учитывается пахотный слой, см; плотность почвы, г/см^3; пористость общая, %; влажность, % от массы; водопрочные агрегаты 0,25 мм, %.

Агрохимические и физико-химические – гумус, % и т/га; азот, % и т/га; фосфор подвижный, мг/100 г почвы; калий обменный, мг/100 г почвы.

По данным В.Г. Минеева (1990), для черноземов обыкновенных эти показатели должны соответствовать следующим параметрам:

1. *Агрофизические свойства почвы:*

а) пахотный слой, см – 35;

б) плотность, г/см^3 – 1,10;

в) пористость общая, % – 59;

г) влагоемкость, % от массы – 30;

д) водопрочные агрегаты 0,25 мм, % – 60.

2. *Агрохимические и физико-химические свойства почвы:*

а) гумус, % – 7,0, т/га – 270;

б) азот, % – 0,30, т/га – 12,0;

в) фосфор подвижный, мг/100 г почвы – 20;

г) калий обменный, мг/100 г почвы – 35.

Если почвы соответствуют этим показателям, по расчетам агрохимиков, имеется реальная возможность достигнуть уровня урожайности зерна озимой пшеницы не менее 60 ц/га, многолетних трав (сено) – 120 ц/га.

Следует вспомнить, что при классификации почв Казахстана определены следующие параметры по гумусу, %: черноземы обыкновенные – 6,0-8,0, южные – 4,5-6,0, темно-каштановые – 3,0-4,5.

Оптимальные параметры основных показателей плодородия почвы достигаются путем применения комплекса агротехнических и агрохимических приемов, требующие больших материальных и финансовых вложений.

Несколько упрощенный, более доступный и менее затратный метод оптимизации – через содержание

подвижного фосфора в почве, поскольку считается, что *содержание подвижного фосфора служит одной из главных характеристик общей окультуренности почв, при которой достигаются наибольший урожай возделываемой культуры и отсутствие эффекта от дополнительно вносимых фосфорных удобрений.* При этом рекомендуется ориентироваться на ведущие и наиболее требовательные к уровню фосфорного питания культуры севооборота в конкретных почвенно-климатических условиях.

За оптимальный уровень принято содержание фосфора (P_2O_5) в почве, при котором может быть достигнуто не менее 90-95% от максимального урожая, а недостающие 5-10% (на грани достоверности опыта) восполняются фосфорными удобрениями, компенсирующими вынос их с урожаем.

В таблице 2.6 даны показатели оптимального содержания «подвижного» фосфора на каштановых почвах и черноземах карбонатных, а также затраты фосфорных удобрений для повышения содержания «подвижного» фосфора в почве на каждый 1 мг/100 г, кг/га (В.Г. Минеев, 1990).

Таблица 2.6

Оптимальное содержание подвижного фосфора в черноземных, каштановых, сероземных почвах

Почва и метод определения	Нижняя граница оптимального содержания P_2O_5, мг/100 г	Затраты фосфорных удобрений для повышения содержания подвижного фосфора в почве на 1 мг/100 г, кг/га, д.в.
Чернозем карбонатный и каштановая почва (по Мачигину)	3,1-4,5	90-170
Серозем (по Мачигину)	3,1-4,5	130-400
Чернозем некарбонатный (по Чирикову)	10,1-15,0	50-120

Большинство темно-каштановых почв Северного Казахстана имеют содержание P_2O_5 в среднем 1,0-1,5 мг/100 г, черноземов обыкновенных – 1,5-2,5 мг/100 г, в связи с чем для достижения только нижней границы оптимального содержания (3,1-4,5 мг/100 г) следует повышать содержание фосфора минимум на 2-3 мг/100 г почвы, что можно достигнуть внесением не менее 180-500 кг P_2O_5 или в пересчете на двойной суперфосфат от 4 до 11 ц/га, а, кроме того, ежегодно еще

восполнять выносимое количество фосфора с урожаем.

Доведение содержания подвижного фосфора до оптимальных значений потребует огромных затрат средств, срок окупаемости которых весьма продолжительный, потому в каждом отдельном случае необходима всесторонняя оценка целесообразности применения этого метода «оптимизации» в конкретных условиях хозяйства и учета уровня его экономического состояния.

Учитывая крайне низкий уровень обеспеченности сельского хозяйства минеральными удобрениями, а также экономическое состояние хозяйств, в настоящее время говорить об оптимизации уровня плодородия почв преждевременно. Поэтому в ближайшие годы основные усилия должны быть направлены на применение балансового метода расчета доз удобрений и переход хозяйств на первом этапе от экстенсивного (отрицательного) баланса, при котором вынос с урожаем и потери питательных веществ превышают их поступление в почву, к бездефицитному (нулевому), при котором статьи прихода и расхода элементов питания равновелики. Это позволит повысить урожайность культур, не допустить дальнейшее хищническое истощение почв при высокой окупаемости вносимых удобрений.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные методы и методики расчета доз удобрений?
2. Законы земледелия и растениеводства, которые следует учитывать при программировании урожаев и оценке обеспеченности посевов факторами внешней среды и реализация их на практике за счет применения соответствующих элементов технологии возделывания сельхозкультур.
3. Каковы принципы построения балансовой формулы (приходная и расходная часть) по питательным веществам?
4. Существующие методики расчета доз минеральных удобрений с учетом уровня урожайности и плодородия почвы.
5. В чем особенности методики расчета доз минеральных удобрений при внесении органических удобрений?
6. В чем сущность методики расчета доз минеральных удобрений без применения расчетных формул?
7. Выведите формулы для расчета: а) доз удобрений; б) уровня урожайности по эффективному плодородию; в) коэффициентов выноса питательных веществ из почвы и удобрений.
8. Какова методика расчета уровня урожайности в зависимости от эффективного плодородия почвы?

9. Какова методика расчета коэффициента выноса питательных веществ из почвы и удобрений?

10. Каковы особенности методики расчета и внесения минеральных удобрений под многолетние травы?

11. По каким агрофизическим, агрохимическим свойствам почв осуществляется оптимизация плодородия почвы (по В.Г. Минееву)?

12. В чем сущность оптимизации плодородия почвы по содержанию в ней P_2O_5 (по В.Г. Минееву) и каковы экономическая возможность и целесообразность этого метода?

13. Фактическое состояние с внесением органических и минеральных удобрений в 70-80-е годы прошлого столетия.

14. Дать анализ баланса по выносу питательных веществ и их возврату в почву в настоящее время.

Глава 3. ПРОГРАММИРОВАНИЕ УРОЖАЕВ – ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРЕССИВНЫХ (ИНТЕНСИВНЫХ) ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУЛЬТУР

3.1. Определение понятия «технология возделывания культур» и ее основные элементы

Устойчивое развитие растениеводства и животноводства, необходимость производства конкурентоспособной продукции сельского хозяйства требуют применения технологий, обеспечивающих высокий уровень продуктивности культур с низкой себестоимостью продукции, потому в развитых странах мира основным путем развития сельскохозяйственного производства является интенсивное развитие всех отраслей, обеспечивающее выживание фермерских хозяйств в условиях жесткой конкуренции.

Интенсификация отраслей сельского хозяйства – растениеводства, животноводства, кормопроизводства и др., реализуется в производственных условиях через интенсивные технологии возделывания полевых культур на основе внедрения и комплексного применения достижений науки, техники, удобрений, эффективных средств борьбы с сорняками, вредителями и болезнями растений, что требует дополнительных материальных затрат, которые при правильном научном подходе должны окупаться дополнительно получаемой продукцией и снижением ее себестоимости.

Разработка и внедрение прогрессивных технологий интенсивного типа в конкретных почвенно-климатических условиях имеет в современных условиях первоочередное значение. По расчетам ученых, в настоящее время до 70% недобора урожая сельхозкультур связано с нарушением технологий, поэтому овладение современными технологиями возделывания и уборки культур, заготовки и хранения кормов людьми, в чьих руках сосредоточены возможности реализации этих технологий (руководители, специалисты, механизаторы, фермеры и др.), имеет огромное практическое и экономическое значение.

Прогрессивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур должны основываться на постоянном повышении плодородия почвы, на учете биологических особенностей и потенциальных возможностей культур и сортов интенсивного типа, на комплексном использовании биологических, агротехнических и агрохимических средств управления урожаем и интегрированной защиты

растений от болезней, вредителей, сорняков, обеспечении высокопроизводительными машинами, орудиями, комплексами для обработки почвы, посева, уходу за ними, уборке культур, первичной обработке продукции и др., с обязательным эффективным использованием машин, высокой квалификации кадров и безукоризненном соблюдении технологической дисциплины.

«Технология» применительно к возделыванию сельскохозяйственных культур представляет совокупность последовательных работ по их выращиванию, уборке и послеуборочной доработке полученной продукции, приемов консервирования и хранения, а также перечень материально-технических средств и технико-экономических показателей.

Само слово «интенсивная» обозначает напряжение – комплексное сосредоточение (концентрацию) материально-технических ресурсов для возделывания культур, а все работы должны быть приурочены к фазам вегетации растений, то есть предполагается выполнять все операции «вовремя, постоянно и обоснованно». Внедрение их должно начинаться с разработки подробных технологических карт для каждой культуры, сорта и для каждого конкретного поля.

Разработка операционной технологии требует индивидуального подхода к каждому полю, однако есть приемы, которые являются общими для многих культур: проведение всех операций с высоким качеством, снижение затрат труда на всех технологических операциях, применение современных машин и орудий с тщательно отрегулированными рабочими органами. В Северном Казахстане таким общим приемом является система противоэрозионных мероприятий и применение машин и орудий, способствующих предотвращению или уменьшению ветровой, а также и водной эрозии.

Применение прогрессивных технологий интенсивного типа преследует выполнение всех операций, предусмотренных технологической картой, однако в зависимости от складывающихся условий может корректироваться путем исключения одних или включения других, не внесенных в технологическую карту операций. Например, при массовом появлении сорняков, вредителей и болезней в непрогнозируемых в момент составления карты размерах и др.

Технология интенсивного типа предусматривает управление ростом и развитием на основе глубокого знания биологии культуры, сорта и применения основных принципов программирования урожаев (расчет уровня урожая по влагообеспеченности, формирование оптимальной густоты стеблестоя (травостоя), внесение доз удобрений под запланиро-

ванный урожай, проведение вегетационных подкормок, мероприятий по борьбе с вредителями и бо-лезнями и др.

Понятие «интенсивная технология» стало широко применяться в 70-80-е годы прошлого столетия как аналог «прогрессивной технологии» и в противовес технологии экстенсивной, хотя в нормальных хозяйствах технологий экстенсивного типа не должно быть.

Каждая технология, которую можно назвать интенсивной, исходя из современных представлений, должна включать в себя следующие основные элементы:

1. Размещение каждой культуры по лучшим для нее предшественникам в системе севооборотов интенсивного типа.

2. В условиях естественного влагообеспечения рассчитывается возможный уровень урожайности по влагообеспеченности, а при орошении растения обеспечиваются влагой в оптимальных размерах.

3. Применение научно обоснованной зональной системы обработки почвы и подготовки ее к посеву.

4. Обеспечение растений элементами минерального питания в расчетных дозах под возможный уровень урожайности, рассчитанного по влагообеспеченности, с учетом содержания элементов питания в почве и потребности растений в питательных веществах, с дробным внесением азотных удобрений в период вегетации растений.

5. Использование научно обоснованных норм высева семян для формирования оптимальной густоты стеблестоя с фотосинтетическим потенциалом посевов, обеспечивающим получение максимально возможного уровня урожайности.

6. Возделывание высокоурожайных культур и сортов интенсивного типа, с повышенной засухоустойчивостью, хорошо отзывающихся на увлажнение, уровень агротехники и внесение удобрений.

7. Использование интегрированной системы защиты растений от сорняков, вредителей и болезней, в необходимых случаях регулирование роста растений ретардантами, десикантами.

8. Ориентация всех технологий возделывания на защиту почв от эрозии и повышение год от года ее плодородия, накопление, сохранение и рациональное использование влаги, создание оптимальных условий для роста растений и формирование максимально возможного в этих условиях уровня урожайности.

9. Разработка для каждой культуры, сорта, поля технологических карт, учитывающих все исходные условия поля – плодородие, наличие сорняков, запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы, предшествующие культуры, их урожайность, об-

работки почвы, внесение удобрений и др., применение машин, орудий, комплексов с учетом максимальной механизации всех процессов, начиная с подготовки семян, почвы и кончая уборкой и консервированием кормов.

10. Проведение всех операций своевременно и качественно в соответствии с технологической картой, внося в зависимости от складывающихся метеорологических и других условий изменения в операционную технологию, предусмотренную технологическими картами, снимая, добавляя или заменяя отдельные операции.

Сопоставление элементов интенсивных технологий с основными принципами программирования урожаев позволяет отметить аналогичность многих элементов, поскольку все прикладные вопросы управления формированием урожайности тесно связаны с программированием. Приведенные выше материалы позволяют с полным основанием сделать вывод, что программирование урожаев следует рассматривать как теоретическую основу прогрессивных технологий интенсивного типа, знание и применение которого вооружает специалиста-агронома методами расчета уровня урожая по влагообеспеченности, оптимальной густоты стеблестоя с учетом ожидаемой полевой всхожести семян и сохранности растений, а при орошении – расчета оптимальной оросительной нормы, сроков полива, расчета доз удобрений в зависимости от плодородия почвы и уровня планируемого урожая и др.

Интенсификация растениеводства и кормопроизводства предусматривает одновременное решение и ряда других агротехнических вопросов: совершенствование структуры посевных площадей; введение соответствующих полевых и кормовых севооборотов, которые смогли бы обеспечить производство растениеводческой продукции и кормов в необходимых объемах за счет расширения площади посева наиболее продуктивных культур и введение комбинированных или специализированных кормовых севооборотов, применение промежуточных (повторных) посевов, а также прогрессивных технологий возделывания культур, послеуборочной подработки полученной продукции; заготовки и хранения кормов, обеспечивающих сокращение потерь урожая.

3.2. Значение севооборотов в повышении урожайности культур и плодородия почвы

Одним из обязательных элементов технологии интенсивного типа,

значащегося в числе первых, а также один из законов земледелия и растениеводства предусматривают введение севооборотов (плодосмена) с чередованием культур в пространстве и времени, позволяющих с учетом биологических особенностей культуры, ее хозяйственной значимости и ряда других показателей, отводить каждой культуре такое место в севообороте, в котором культуре наилучшим образом будут созданы условия обеспечения ее факторами внешней среды и получения максимально возможного уровня урожайности не только с какого-то отдельного поля, но и всех культур и со всей площади севооборота.

Система севооборотов (плодосмена) должна предусматривать не только повышение сбора продукции с единицы площади, но и сохранение и повышение год от года, ротации от ротации севооборота плодородия почвы.

В каждом севообороте должно быть хотя бы одно поле – восстановитель плодородия, к которым в первую очередь следует отнести многолетние травы, особенно бобовые, оставляющие после 4-5 лет пребывания на этом поле большое количество корневых остатков (до 15-16 т сухого вещества), зерно-бобовые культуры, однолетние травы и др. К восстановителям плодородия почвы ряд авторов относят пропашные культуры, но они могут выполнять эту функцию в основном в тех случаях, когда под эти культуры вносятся органические и минеральные удобрения. Зерновые злаковые оставляют после себя относительно небольшое количество корневых остатков, потому при длительном возделывании этих культур почвы истощаются. Несколько лучшие условия с накоплением органики складываются в тех случаях, когда вся солома при уборке измельчается и разбрасывается на полях, но это может быть эффективно только при высокой урожайности зерна, принимая во внимание, что соотношение зерна и соломы составляет в среднем 1:1.

Нередко чистый пар относят также к восстановителю плодородия почвы – что следует считать крайне большим заблуждением: при ряде положительных сторон чистого пара, отрицательных значительно больше, поскольку в почве протекают активно микробиологические процессы, разрушающие органическое вещество и превращающие его в минеральные соединения, дос-тупные растениям и которые могут легко вымываться и улетучиваться, к тому же поля чистого пара особенно подвержены ветровой и водной эрозии.

Поэтому основным природным восстановителем плодородия почвы следует считать многолетние травы, которым, кстати, мы обязаны образованию самых богатых по плодородию

почв-черноземов, темно-каштановых и др.

Таким образом, севооборот (плодосмен) предусматривает чередование культур в пространстве и времени, то есть ежегодную ротацию культур по полям севооборота. Чередование позволяет размещать культуры с учетом их требований к факторам внешней среды, поскольку культуры различаются по требованиям к влаге, пище, способности конкурировать с сорняками, глубине проникновения корневых систем, срокам посева и уборки имеют свои особенности роста и развития и др.

В севообороте наряду с культурами, истощающими плодородие, должны быть восстановители плодородия почвы, на что обращал внимание Д.Н. Прянишников (1953), указав на взаимосвязи между урожайностью и системами земледелия: феодальной трехполкой, плодосменом за продолжительный период в странах Западной Европы. Феодальная трехполка в странах Западной Европы уже в конце XVIII века была заменена плодосменом, в России в ряде регионов просуществовала до начала XX столетия.

Чередование культур в трехпольном севообороте было следующим: 1) чистый пар, 2) озимая пшеница или озимая рожь, 3) овес или ячмень. В нем не было ни одной культуры, которая оказывала влияние на повышение плодородия почвы. Положительным в этом севообороте с полем чистого пара следует считать, что в нем осуществлялась борьба с сорняками, а за счет минерализации органических остатков шло накопление доступных для последующих двух культур питательных веществ, к тому же в паровом поле обязательно вносились органические удобрения не менее 20-30 т/га, что способствовало повышению плодородия. Во введенном впоследствии плодосмене количество полей с 3 увеличивалось до 4-5, поскольку 1-2 поля отводились под клевер, который был очень хорошим обогатителем плодородия почвы.

В связи с этим хотелось бы обратить внимание на введенные и преобладавшие в 50-80-х годах в совхозах и колхозах зернопаровые севообороты (преимущественно пятипольные) со следующим чередованием культур:

1) чистый пар, 2) пшеница, 3) пшеница, 4) пшеница, 5) ячмень, в котором 80% пашни занимали зерновые культуры и 20% чистый пар. Сравнивая этот севооборот с феодальной трехполкой, можно выделить единственное различие – удлинение ротации, а общим является то, что нет ни одной культуры, которая могла бы служить восстановителем плодородия почвы, к тому же в отличие от феодальной трехполки органические

удобрения в паровом поле не вносились, а при незначительных дозах вносимых минеральных удобрений баланс питательных веществ в севообороте был отрицательным. В итоге год от года снижались запасы органического вещества, резко упал уровень эффективного плодородия почвы; содержание гумуса при такой эксплуатации пашни за 30-35 лет после освоения целины снизились на 25-30%, а на почвах с низкими исходными запасами гумуса на 40-50% (А.Н. Можаев, 1990).

Роль плодосмена, многолетних трав в нем, особенно бобовых, а также зернобобовых культур исследовалась многими учеными в разных странах мира, а также и в Казахстане. В исследованиях, проведенных на темно-каштановой почве Целиноградской области (Н.И. Можаев, 1981; А.Н. Можаев,1986; А.Г. Лузько, 1975) было установлено, что корневая система люцерны к 3-4-му годом проникала на глубину более 2,5 м, а количество корневых остатков (сухое вещество) в почве превышало 10-15 т/га.

Опытами, проведенными Н.А. Серикпаевым (1995, 1998, 2004, 2009), было установлено, что в зависимости от применяемых доз удобрений, а также инокуляции семян, люцерна и эспарцет накапливали на гектаре в слое почвы 0-40 см к концу второго года жизни в условиях естественного увлажнения до 5,8-7,8 т воздушно-сухой массы корней, а на поливе до 7,0-10,5 т, зернобобовые культуры – горох и нут до 1,9-0,4 ц, с содержанием общего азота от 1,51% до 2,2%. В корневых остатках многолетних бобовых трав к концу третьего года жизни накапливалось при естественном увлажнении от 53,4 до 64 кг биологического азота, при поливе – до 164-243 кг/га. Однолетние зернобобовые культуры – горох и нут накапливали соответственно от 48-64 до 57-130 кг/га. В зависимости от складывавшихся метеорологических условий при инокуляции семян бобовых культур количество симбиотически фиксированного азота на гектаре у многолетних трав второго года жизни достигало 60 кг, у однолетних – 22 кг.

В рассматриваемых опытах высевались и злаковые культуры – из многолетних трав житняк и кострец безостый, из однолетних – ячмень, что позволило установить: у многолетних злаковых масса корней в слое 0-40 см (воздушно-сухая масса) на втором году жизни достигала у житняка до 1,0-1,3 т и до 2,0-2,8 т у костреца безостого, что в среднем в 5 раз меньше, чем у бобовых трав при более низком содержании азота в них. Такие же законо-мерности были отмечены и у ячменя в сравнении с зернобобовыми культурами.

Таким образом, с полным основанием можно сказать, что важнейшим и наиболее дешевым источником со-

хранения и повышения плодородия почвы в современных условиях следует считать многолетние (особенно бобовые) травы, а также зернобобовые культуры.

3.3. Динамика урожайности зерновых культур в странах Западной Европы в XVIII – начале XX веков в связи с введением плодосмена (севооборотов) и применением минеральных удобрений

Дмитрий Николаевич Прянишников (1865-1948) – академик, крупный ученый, выдающийся агроном, растениевод, агрохимик, физиолог, биохимик, который считается основоположником агрохимии в России, с 1895 года в течение 35 лет (1895-1929) руководил кафедрой частного земледелия в Московском сельскохозяйственном институте (впоследствии Тимирязевская сельскохозяйственная академия), и в течение всех этих лет читал курс лекций по «Частному земледелию» (теперь этот курс носит название «Растениеводство»), став преемником профессора И.А. Стебута.

Д.Н. Прянишников подготовил и впервые издал в 1898 году учебник «Частное земледелие», которое выдержало впоследствии 8 изданий, и сыгравшее огромную роль в подготовке многих поколений агрономов, обучавшихся не только в ТСХА, но и других сельскохозяйственных учебных заведениях. Последнее издание было опубликовано в 1931 году в период коренной перестройки всего сельского хозяйства, коллективизации (Д.Н. Прянишников, 1963).

Наряду с педагогической деятельностью, подготовкой и изданием учебников по растениеводству и агрохимии, переведенных на несколько языков, Д.Н. Прянишников опубликовал целый ряд фундаментальных научных работ, среди которых следует назвать «Азот в жизни растений и земледелии», опубликованную в 1945 году. В этой работе автор наряду со многими другими вопросами делает аналитический обзор динамики урожайности зерновых культур в странах Западной Европы с 1770 по 1929 гг., увязывая с системами земледелия – средневековой трехполкой (без клевера) и плодосменом (с клевером), а также влиянием минеральных удобрений на фоне клевера.

Он писал (1953), что в начале XX столетия урожаи в России были в два-три раза ниже, чем в странах Западной Европы, что объяснялось более благоприятными естественными условиями – климатическими и почвенными, однако, почвы на Западе по природе хуже, чем в России, а их плодородие создано применением труда и знаний. С полным основани-

ем можно сказать, что почва переделана руками человека, поскольку при том же климате 150-200 лет тому назад Запад имел такие же низкие урожаи, как дореволюционная Россия (около 7 ц/га).

Согласно по мнению академика, два фактора играли в переделке почв в Западных странах: первый – клеверосеяние, как восстановитель плодородия почвы; второй – минеральные удобрения (включая известкование), причем воздействие этих факторов усиливалось за счет внесения навоза.

Схематически динамику урожайности в Западной Европе Д.Н. Прянишников (1953) представил в виде трех ступеней лестницы (рис. 3.1).

Он писал, что в начале XX столетия в Бельгии и Голландии ничего нового не случилось ни в области обработки почвы, ни в области селекции, севообороты новым изменениям не подверглись. Единственным, по существу, новым фактором воздействия на урожай явились в то время минеральные удобрения, но они, конечно, подняли значение и прочих факторов – клевера и навоза.

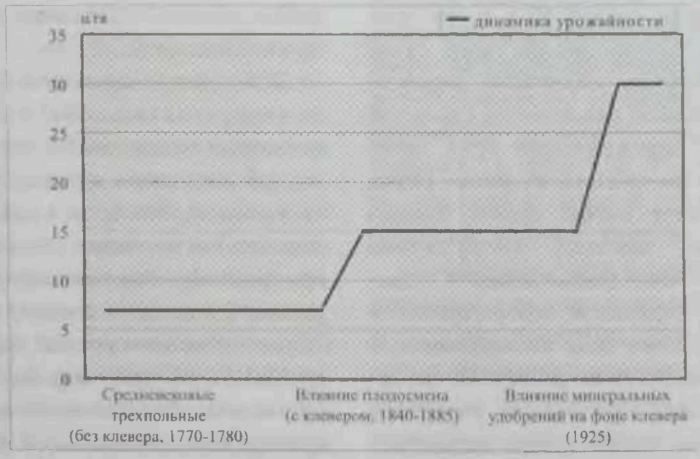

Рис. 3.1. *Динамика урожайности зерновых культур в странах Западной Европы за период с 1770 по 1925 годы в зависимости от применяемых систем земледелия (трехполка без клевера, плодосмен с клевером) и минеральных удобрений*

Следует принять во внимание, что с введением плодосмена был упразднен чистый пар, занимавший при средневековой трехполке 33% пахотной площади, и введены в севообороты пропашные культуры, способствующие очищению полей от сорняков.

3.4. Краткие производственные результаты освоения севооборотов с применением удобрений и других элементов технологии на урожайность культур и продуктивность пашни

В самом начале 60-х годов прошлого столетия автора этих строк Н.И. Можаева назначили директором Ужурской опытно-селекционной станции Красноярского края, которой еще фактически не было. Перед директо-ром стояла задача создать коллектив научных сотрудников (по штатному расписанию 47 единиц в 6 отделах и лабораториях) и развернуть научные исследования, в т.ч. селекционную работу по сахарной свекле, зерновым и кормовым культурам, организовать первичное семеноводство зерновых, создать и укомплектовать штат опытно-производственного хозяйства из главных и старших специалистов (агрономы, инженеры, зоотехники, ветврачи и др.), резко повысить культуру земледелия и урожайность культур, улучшить (фактически создать) кормовую базу для животноводства, организовать строительство жилья, поскольку ни одной свободной квартиры не было, и животноводческие помещения, зерносклады, зерноочистительные и сушильные комплексы, объекты соцкультбыта, лабораторный корпус и многое др. Опытная станция организовывалась на базе крупного отделения совхоза, которое до 1957 года было самостоятельным колхозом, потому все производственные помещения были в крайне плохом состоянии, фактически все надо было создавать с нуля – строить, к тому же крайне плохое положение было и с водоснабжением.

При организации опытная станция получила около 8 тыс. га сельхозугодий, в т.ч. около 5,5 тыс. га пашни, 1,5 тыс. голов крупного рогатого скота, более 500 коров, в предыдущие годы до организации опытной станции урожайность зерновых была на уровне 7,4 ц/га, в часности пшеницы 7,2 ц, при этом в урожае зерновых – до 20-50% по массе занимали зерновки овсюга. Урожайность кормовых культур не превышала 8-9 ц/га, средний надой на одну корову составлял всего 1600 кг. Вот с этого уровня пришлось «стартовать» вновь организованному научному учреждению и его опытно-производственному хозяйству. Поскольку в этом разделе учебного пособия речь идет о роли сево-

оборотов и применении удобрений, то в дальнейшем будет дано краткое изложение опыта, наработанного в те годы, что более подробно было изложено в ряде опубликованных статей, некоторые из них приведены в списке литературы (Н.И. Можаев, 1969).

Незадолго до организации опытной станции (1958 г.) на землях бывшего совхоза был нарезан 10-польный зернотравяной севооборот и 6-польный зернопропашной севооборот, в которых под зерновыми было занято более 70% пашни, кормовыми культурами – 28% и чистыми парами – менее 2% пашни.

В те годы чистые пары, как и многолетние травы, были фактически запрещены, в качестве кормовых культур можно было сеять кукурузу на силос, однолетние травы, кормовые бобы, сахарную и кормовую свеклу.

Одной из проблем, возникшей перед директором в сфере растениеводства и кормопроизводства, стало очищение полей от сорняков, как одного из препятствий на пути повышения урожайности. Обследование показало, что в пахотном слое почвы на 1 га было «накоплено» до 14-19 млн. шт. зерновок овсюга и других сорняков, а в урожае зерновых культур овсюг занимал по разным полям до 20-50%.

Была разработана система мероприятий по борьбе с сорняками и повышению урожайности, для чего в границах нарезанных полей было введено четыре севооборота.

Из 10-польных полевых севооборотов (площадь каждого поля по 410-430 га) было создано по два с короткой ротацией – пятипольных. К примеру, один севооборот в первой бригаде, земли которой находились в радиусе 2-7 км от животноводческих ферм, на площади 2131 га – зернопропашной со следующим чередованием культур: 1 – кукуруза на силос, 2 – пшеница, 3 – пшеница (или ячмень), 4 – кукуруза на силос, 5 – пшеница. Во второй бригаде, земли которой были в 12-15 км от животноводческих ферм, на площади 2301 га ввели пятипольный зернопаровокормовой севооборот со следующим чередованием культур: 1 – пар чистый (черный), 2– пшеница, 3 – пшеница, 4 – однолетние травы на сено, 5 – зернофуражные (овес, ячмень).

На площади 300 га был введен специальный плодосменный севооборот, в котором разместили опытное поле, где закладывалась основная часть полевых опытов, питомники первичных семеноводческих звеньев зерновых, корнеплодов и многолетних трав.

Четвертый севооборот – зернопропашной (плодосменный) на площади 605 га, в котором размещались картофель, корнеплоды, питомники размножения пшеницы, ячменя, овса, гороха и др.

Применительно к введенным севооборотам была разработана и внедрена система агротехнических мероприятий, направленных на очищение полей от сорняков и в первую очередь от овсюга и повышение урожайности. Борьба с овсюгом в зернопропашном севообороте осуществлялась в основном на полях, занимаемых кукурузой, в зернопарокормовом – на полях, занятых чистым паром и однолетними травами, и на всех полях – в системе основной и предпосевной обработки почвы, сроков сева, ухода за посевами и уборки полевых культур.

Поскольку массовое прорастание овсюга в зависимости от складывающегося температурного режима весны в условиях хозяйства происходило в период с 10 мая по 10 июня, посев на засоренных полях проводили несколько позднее, например, кукурузу на чистых от сорняков полях высевали в лучшие сроки – 15-25 мая, на более засоренных – 25-30 мая, а нередко и в начале июня, гороxо-овсяные и вико-овсяные смеси на корм сеяли в 1-й – начале 2-ой декады июня, засоренные поля занимали более скороспелыми культурами и сортами – ячменем и овсом, которые успевают при посеве в первой декаде июня созреть до наступления ранних осенних заморозков.

На всех полях сразу после уборки урожая и освобождения полей проводили глубокую зяблевую обработку, ранней весной боронование, а если условия позволяли – начинали полевые работы с культивации с последующим боронованием и прикатыванием кольчатыми катками. Такая обработка, проведенная за 10-15 дней до посева пшеницы, способствовала ускорению прорастания сорняков и уничтожению их предпосадочной обработкой.

Сроки сева пшеницы были также увязаны с засоренностью полей: на чистых от сорняков полях высевали в первые сроки 15-20 мая, на засоренных позднее – 25-28 мая, но не позднее – во избежание попадания под ранние осенние заморозки.

Хозяйство получало минеральных удобрений недостаточно (баланс по питательным веществам был отрицательным): в сумме за 4 года (1964-1967) было внесено на гектар пашни по 280 кг, в том числе фосфорных – 114 кг (табл. 3.1).

Основная часть удобрений была внесена в зернопропашном севообороте преимущественно под кукурузу в среднем по 2,5 ц – аммиачной селитры, 3 ц – суперфосфата и 1 ц – хлористого калия; под пшеницу вносили припосевно гранулированный суперфосфат по 20-25 кг/га. В зернопарокормовом севообороте азотные удобрения по 1,0-1,5 ц/га вносили под однолетние травы, а под пшени-

цу припосевно – по 20-25 кг гранулированного суперфосфата. Кроме того, в зернопропашном севообороте под кукурузу вносили ежегодно на одном из полей по 20-30 т полупревшего навоза.

Таблица 3.1

Количество минеральных удобрений, внесенных в полях севооборотов по годам, кг/га пашни

	Внесено удобрений по годам				В сумме за 4 года
	1964	1965	1966	1967	
Внесено удобрений на 1 га по хозяйству всего	12,0	98,3	88,3	84,2	282,9
из них фосфорных	5,2	35,4	36,2	37,2	113,9
в зернопропашном севообороте	30,2	164,4	173,6	163,0	531,3
в т.ч. фосфорных	12,9	61,6	73,1	59,4	207,0
в зернопарокормовом	0,0	52,6	9,7	11,9	74,2
в т.ч. фосфорных	0,0	17,4	9,7	11,9	39,0

В среднем урожайность пшеницы в 1966-1967 гг. в зависимости от предшественников составила: по кукурузе – 28,1 ц/га, вторая пшеница после кукурузы – 22,3, по чистому пару – 24,1, вторая культура после чистого пара – 17,4 ц, по вико-овсяной смеси – 18,7 ц/га. На отдельных полях после кукурузы в зернопропашном севообороте урожайность пшеницы сорта Скала в 1966-1967 гг. превысила 42-43 ц/га, а хозяйство по урожайности заняло второе место в Красноярском крае (М.Н. Климин, 1967). Звено севооборотад 1 – пар, 2 – пшеница, 3 – пшеница уступило по урожайности звену 1 – кукуруза, 2 – пшеница, 3 – пшеница. Введение севооборотов с короткой ротацией, применение удобрений, система обработки почвы, система мер борьбы с сорняками позволили не только за 2-3 года избавиться от сорняков, но и резко повысить урожайность: зерновых культур с 7,0 ц/га в 1961 (до образования опытной станции) и 9,8 в 1963 г. до 26,8 ц/га с площади более 3 тыс. га в 1966-1967 гг., урожайность зеленой массы кукурузы с 60-70 ц/га до 164-232 ц/га и сена вико-овсяной смеси с 8-10 до 30-32 ц/га.

Динамика продуктивности пашни за 1964-1967 гг. по хозяйству и двум севооборотам представлена в таблице 3.2.

По итогам 1967 года опытная станция была утверждена участником ВДНХ и награждена дипломом II степени, а директор – серебряной медалью.

Таблица 3.2

Динамика сбора кормовых единиц с гектара севооборотной площади в зернопропашном и зернопаропропашном севооборотах, ц/га

Севообороты	1964	1965	1966	1967	В сумме за 4 года
Зернопропашной	13,1	13,1	32,7	29,1	88,0
Зернопарокормовой	10,7	6,4	17,6	11,7	46,2

В зернопропашном севообороте в среднем за 1964-1967 гг. с гектара севооборотной площади было получено зерна на 32,1%, а кормовых единиц – на 89,6% больше, чем в зернопарокормовом, принимая во внимание различное количество внесенных в этих севооборотах удобрений.

Проведенная за сравнительно короткое время работа по внедрению системы мероприятий (севообороты, удобрения и др. элементы технологии) позволила повысить валовой сбор зерна в 2,5-3 раза, реализация семян элиты и первой репродукции зерновых культур превысила 10 тыс. ц в год. Интенсивное использование пашни, повышение урожайности и увеличение производства кормовых культур позволило повысить надой от каждой коровы с 1600 кг (1963 г.) до 2800-3000 (1967-1968 гг.), а уровень реализации продукции вырос в четыре раза.

Таким образом, в условиях хозяйства два севооборота – зернопропашной и зернопарокормовой, взаимно дополняя один другой, позволили рационально использовать пашню в зависимости от обеспеченности минеральными удобрениями, достигнуть максимально возможного сбора зерна, в частности, пшеницы, а также в производстве кормов, позволивших достигнуть высоко-молочной продуктивности коров.

Приведенный пример практического введения севооборотов, внесения удобрений с применением соответствующих элементов технологии наглядно показывает, как повышается отдача от затраченного труда при отказе от бессистемного использования пашни и применения шаблонных технологий возделывания культур.

Положительным следует считать, что опытная станция, созданная почти пятьдесят лет тому назад, успешно работает: создаются новые сорта кормовых культур, готовятся кадры научных сотрудников, ежегодно производится и продается до 2,5-3,0 тыс.

т элитных семян и т.д. До сих пор бывший первый директор поддерживает постоянную переписку с бывшим бригадиром, с которым работал в 60-годы – годы становления опытной станции – А.Е. Жуковым, который постоянно информирует о делах в хозяйстве. Что можно отметить: сохранились введенные в 60-е годы севообороты, ежегодно вносятся на поля до 1,5-2 ц/га минеральных удобрений, в 2008 году средняя урожайность зерновых была выше 30 ц/га. Сохранилась ферма крупного рогатого скота, в том числе около 400 дойных коров с продуктивностью более 2500 кг на корову, выращиваются кормовые культуры, загатовливается достаточное количество кормов. По итогам краевого соревнования среди работников агрономической службы гл. агроном и зам. директора опытной станции Г.А. Жуков (сын бывшего бригадира, А.Е. Жукова) занял 3-е место. Все это с полным основанием позволяет сказать, что фундамент, заложенный в 60-е годы, в том числе объекты, построенные в те годы, позволили по всем основным позициям – растениеводству, животноводству, научной работе, элитному семеноводству, селекции и др., не только сохраниться научному подразделению и опытно-производственному хозяйству, но и иметь высокие показатели.

3.5. Урожайность зерновых культур в зависимости от количества внесенных минеральных удобрений в ряде стран мира и Казахстане в 80-е годы XX столетия

Количество вносимых удобрений зависит от многих факторов, во-первых, уровня развития химической промышленности в стране, во-вторых, уровня интенсификации сельскохозяйственного производства, в-третьих, заинтересованности сельхозпроизводителя покупать, применять на своих полях минеральные удобрения и др.

В таблице 3.3 приведены материалы по урожайности зерновых культур и количеству внесенных удобрений в ряде стран мира в конце восьмидесятых годов прошлого столетия.

Приведенные цифры дают относительное представление об эффективности вносимых удобрений, поскольку эффект их действия связан со многими другими факторами (почвенно-климатические условия, общая культура земледелия, рациональное использование удобрений и др.), однако ясно одно: *если питательные вещества выносятся с урожаем, то их следует с «процентами» возвращать почве, в противном случае можно довести почвы до крайне низкого уровня как потенциального, так и эффективного плодородия.*

Таблица 3.3

Количество внесенных в почву минеральных удобрений (кг/га) и урожайность зерновых культур (ц/га, конец 80-х годов XX столетия)

Государство	Количество вносимых удобрений, кг/га	Урожайность зерновых, ц/га
Голландия	800	70,0
Япония	437	58,4
Франция	311	56,3
Германия	421	53,1
Польша	231	29,0
СССР	120	18,0

В Казахстане и на территории бывшего постсоветского пространства с 60-х годов прошлого столетия ежегодно увеличивались поставки сельскому хозяйству минеральных удобрений и их использование: в 80-е годы в расчете на гектар пашни вносилось в среднем более 85 кг (в пересчете на 100% питательные вещества), в Казахстане – более 35 кг, а в Целиноградском районе на каждый гектар посева только кормовых культур вносилось более 52 кг, а удобренная площадь превышала 60% от площади посева, к тому же на гектар посева в среднем ежегодно вносилось от 1,2 до 3,2 т органических удобрений.

С 90-х годов прошлого столетия из-за дороговизны хозяйства республики перестали приобретать минеральные удобрения, а в связи с резким сокращением скота в крупных и средних сельхоз предприятиях побочная продукция животноводства – навоз – перестала производиться, и, следовательно, вноситься на поля.

Для примера в таблице 3.4 приводятся данные о внесении удобрений в целом по республике в ряде областей Казахстана за 2006 год.

Приведенные в таблице цифры свидетельствуют о крайне экстенсивном ведении сельского хозяйства и крайне отрицательном балансе питательных веществ: ежегодно с урожаем выносятся питательные вещества, а возврата их в почву нет, что свидетельствует о прогрессивном истощении плодородия почв на всей территории республики.

Удобренная площадь от общей посевной площади по республике составила всего 5%, а по областям колебалась от 1,9 до 6,1%. В среднем по республике внесено на гектар посевной площади 4,9 кг минеральных удобрений (в физическом показателе) и 0,1 т (100 кг) – органических. В Ак-

молинской области всего по 500 г на 1 га минеральных удобрений. Показанные в таблице органические удобрения – это в основном внесенный навоз на приусадебные участки личных подворий.

Таблица 3.4

Внесено удобрений в целом по республике и областях Северного и Центрального Казахстана, 2006 г.

Области	Посевная площадь, тыс. га	Удобренная площадь		Внесено удобрений		Внесено удобрений на 1 га всей посевной площади	
		тыс. га	% к общей площади	минеральных, тыс.га	органических, тыс.га	минеральных, кг	органических, т
Республика, всего:	18328,9	912,1	5,0	90,2	2017,4	4,9	0,1
в т.ч.: Акмолинская	4075,3	75,7	1,9	2,02	118,3	0,5	0,0
Костанайская	4069,8	249,4	6,1	8,13	324,5	2,0	0,1
Павлодарская	895,7	22,6	2,5	0,24	176,5	0,3	0,2
С.-Казахстанская	3625,3	127,7	3,5	3,84	375,9	1,1	0,1
Карагандинская	899,9	18,5	2,1	0,9	204,6	1,0	0,2

Вполне понятно, что при таком «балансе» питательных веществ рассчитывать на высокую урожайность сельскохозяйственных культур и повышение или даже сохранение плодородия почвы – нереально.

3.6. Особенности методики расчета и внесения доз удобрений в Германии

В методических рекомендациях по возделыванию кукурузы и других культур для фермеров Германии (Feldbuch, 95/96, Mais anbauplaner и др.), изданных в последние годы, особое внимание уделено методике расчета и применения минеральных (Mineraldunger) и органических (Rindergulle) удобрений под кукурузу и другие кормовые культуры.

Кукуруза на зерно и силос стала в Германии одной из ведущих кормовых культур: за период с 1965 по 2002 гг. площадь посева увеличилась с 110 тыс. га до более 1,5 млн. га, в т.ч.

на зерно около 306 тыс. и на силос – более 1,2 млн. га, почти вытеснив за эти годы традиционные для Германии кормовые корнеплоды, потеснив даже клевер, поскольку кукуруза дает не только высокие сборы корма с гектара, а возделывать ее более выгодно, поскольку себестоимость продукции ниже в связи с применением комплексной механизации всей технологической цепочки от посева до уборки, хранения и скармливания.

Средняя урожайность в целом по стране за последние 30 лет составила: силосной массы – 190-210 ц/га (стандартное содержание сухого вещества 30%) и зерна – 110-125 ц/га. В Германии очень хорошо отработана технология выращивания гибридных семян, зонирования гибридов, подготовки семян к посеву, обработки почвы, посев, ухода за посевами, созданы и применяются современные самые совершенные машины и орудия. Все это позволяет, например, добиваться полевой всхожести семян не менее 95% и получать при высеве в среднем на 1 м^2 10,5 шт. семян (*Korner/m^2*) – 10 шт. растений (*Pflanzen/m^2*), при этом рассчитано даже расстояние (см) между семенами при ширине междурядий 75 см (*Ablage in cm*).

Таблица 3.5

Густота стояния растений и норма высева семян на 1 м^2 при посеве с шириной междурядья 75 см (при 95% всхожести семян)

Количество растений на м^2	Норма высева семян на м^2	Расстояние между семенами, см
7,0	7,4	18,1
7,5	7,9	16,9
8,0	8,4	15,8
8,5	9,0	14,9
9,0	9,5	14,1
9,5	10,0	13,3
10,0	10,5	12,7
10,5	11,1	12,1
11,0	11,6	11,5

В указанных выше рекомендациях по возделыванию кормовых культур, рассчитанных на простых фермеров, особое место уделено методике расчета и применению удобрений, которая представляет определенный интерес и заслуживает внимания.

В таблице 3.6 приведен пример плана внесения азотных удобрений под кукурузу (кг/га) по фонам без внесения навозной жижи (*ohne Gulle*) и с органическими удобрениями (*Rindergulle*) с указанием доз (кг/га, м^3/га), сроков внесения (в марте, апрелемае перед посевом и припосевно, в июне – в междурядья).

Таблица 3.6

Доза внесения азотных удобрений в посевах кукурузы

Удобрения		**Навозная жижа кг/га N**	**Органические удобрения кг/га N**
N_{min}	Март кг/га N	50	70
Март	жижа + навоз, 25 м^3/га	-	50
Апрель/Май	при посадке / появление минеральных удобрений	80	40
Июнь	междурядья жижа 25 м^3/га минеральные удобрения	– 70	50 –
Сумма N_{ges}	сумма удобрений от 50 м^3/га жижи минеральные удобрения	200 - 150	210 100 40

Следует обратить внимание, что в сумме за один год вносятся высокие дозы азотных удобрений: без внесения навозной жижи – 200 кг/га, с внесением органики – 210 кг, в т.ч. 40 кг за счет минеральных удобрений, что вполне оправдано, принимая во внимание высокий уровень урожайности культуры.

Дозы фосфорных и калийных удобрений рассчитываются с учетом выноса питательных веществ с урожаем (*E– Entzug*) и классификации по уровню содержания в почве доступных растениям питательных веществ: A – низкий (*niedrig*), B – средний (*mittel*), C – высокий (*hoch*), Д – очень высокий (*sehr hoch*) и *E* – очень высокий (*besonders hoch*) (табл. 3.7).

В зависимости от класса обеспеченности в A, B, C вносятся фосфорные удобрения, компенсирующие вынос их с урожаем, кроме того в соответственно 90 и 40 кг фосфора, в классе обеспеченности Д вносится половина от выносимых с урожаем питательных веществ, в классе E – совсем не вносятся.

Таблица 3.7

Содержания питательных веществ в почве и рекомендованные дозы удобрений

Класс обеспеченности	P_2O_5 мг/100 г почвы	Рекомендуемая доза удобрения кг P_2O_5/га
А – низкий	<8	Е + 90
В – средний	8-14	Е + 40
С – высокий	15-25	Е
Д – очень высокий	26-30	1/2 Е
Е – очень высокий	>30	0
		Е = Сумма выноса питательных веществ с урожаем

Аналогичный метод расчета принят и по калию. В табл. 3.8 приводится классификация почв (А, В, С, Д, Е) в зависимости от содержания калия и механического состава почвы – легкие (*leichte Boden*) и тяжелые (*schwere Boden*), а в нижней части таблицы дается методика расчета доз удобрений с учетом выноса с урожаем (*E = Entzug*), механического состава почвы и на болотных почвах (*Moorboden*).

В зависимости от классификации вносится дополнительное количество минеральных удобрений в целях повышения плодородия почвы.

Интересно то, что в Германии возникает необходимость внесения и магниевых удобрений. Классификация почв по уровню содержания MgO в разных почвах и рекомендуемые дозы внесения их представлены в таблице 3.9.

Анализируя методику расчета доз удобрений, применяемую германскими фермерами, можно сделать следующее заключение:

1. Применяемая методика расчета доз удобрений представляет собой упрощенный балансовый метод, вполне понятный и доступный для фермеров, даже не имеющих специального сельскохозяйственного образования.

2. Методикой предусмотрен возврат в почву вынесенных с урожаем питательных веществ с учетом содержания питательных веществ в почве в соответствии с принятой классификацией (А, В, С, Д, Е).

Таблица 3.8

Рекомендуемые дозы K_2O-удобрений в зависимости от класса обеспеченности, типа почвы и выноса питательных веществ с урожаем

Класс обеспеченности	K_2O на мг/100 г почвы		
	легкие	средние почвы	тяжелые почвы
А	<8	<8	<10
В	8-14	8-14	10-14
С	15-20	15-30	20-35
Д	21-30	31-45	36-50
Е	>30	>45	>50

Класс обеспеченности	Рекомендуемые дозы K_2O-удобрений		
	легкие почвы	средние и тяжелые почвы	болотные почвы
А	Е + 50	Е + 100	Е + 300
В	Е + 25	Е + 50	Е + 200
С	Е	Е	Е+100
Д	1/2 Е	1/2 Е	Е
Е	О	О	100
			Е = Сумма выноса питательных веществ с урожаем

Таблица 3.9

Рекомендуемые дозы микроудобрений (MgO) в зависимости от класса обеспеченности и типа почвы

Класс обеспеченности	**MgO мг/100 г почвы**			
	S, IS	**sL,L**	**tL,T**	**Moor**
А – низкий	3	< 6	< 8	3
В – средний	4-6	7-12	9-14	4-6
С – высокий	7-10	13-20	15-25	7-10
D – очень высокий	> 10	> 20	> 25	> 10

Класс обеспеченности	Рекомендуемые дозы удобрений (MgO), кг/ га
А – низкий	60-100
В – средний	30-60
С – высокий	0-30
D – очень высокий	0

3. Методикой не предусмотрены подробные расчеты использования посевами питательных веществ из почвы и удобрений, однако взамен этого на почвах с более низким уровнем плодородия (A, B, C) вносится дополнительное количество удобрений, что связано, с нашей точки зрения, во-первых, с необходимостью упрощения методики и доступности для фермеров; во-вторых, с высоким уровнем увлажнения (среднее многолетнее количество осадков за год в разных зонах колеблется от 620 до 880 мм, в том числе за май-сентябрь – от 330 до 480 мм при высокой относительной влажности воздуха), что способствует повышению коэффициентов выноса питательных веществ из почвы и удобрений до максимальных значений, которое возможно при хорошем уровне естественного увлажнения или орошении.

4. Методика рассчитана на внесение удобрений под максимально возможный (потенциальный) уровень урожайности в этих условиях культуры, гибрида, сорта.

5. Почвы стран Западной Европы отличаются высоким уровнем потенциального и эффективного плодородия, поскольку в течение более 200 лет регулярно применяется и «работает» плодосмен (севообороты) с клевером и пропашными культурами при ежегодном внесении «огромных» (по нашим меркам) доз минеральных и органических удобрений, что лишний раз подтверждает справедливость утверждения академика Д.Н. Прянишникова, что «почвы в этих странах сделаны руками человека».

6. Учитывая все вышеизложенные факторы и условия, можно сказать, что немецкие ученые рекомендуют фермерам новый вариант балансового метода расчета доз удобрений, который на этом этапе можно считать оптимальным для конкретных условий. Приведенные выше материалы, наглядно свидетельствуют о том, что в Германии, как и в других странах Западной Европы, применяется балансовый метод расчета и внесения доз удобрений с учетом выноса питательных веществ с урожаем и уровня плодородия почвы, в котором предусмотрено сверх того внесение дополнительных доз удобрений на почвах с относительно низким (по их классификации) содержанием доступных питательных веществ в почве.

3.7. Классификация, общие требования к кормовым севооборотам

Один из законов земледелия и растениеводства предусматривает обязательное введение плодосмена или севооборота с чередованием культур в пространстве и времени, что позволяет отводить каждой возделываемой

культуре соответствующий предшественник и создавать лучшие условия для получения высокого урожая основной (или основных) для хозяйства культуры (или культур).

В средних и крупных животноводческих хозяйствах для обеспечения скота полноценными кормами возникает необходимость вводить специализированные кормовые севообороты, в которых должны сосредотачиваться основная доля посевов кормовых культур – силосных, многолетних и однолетних бобовых и злаковых трав, корнеплодов и зернофуражных культур.

Кормовые севообороты подразделяются на два типа: *специализированные и комбинированные.*

– *специализированные* севообороты – предназначены для производства различных видов кормов, в том числе и зернофуража;

– *комбинированные* - для выращивания кормовых, доля которых может достигать 40-50%, а до 50-60% зерновые и другие культуры.

В специализированных севооборотах насыщенность кормовыми культурами может достигать 100%, однако с точки зрения лучшего использования пашни и кормовых культур как предшественников целесообразно до 20-25% пашни отводить под зернофуражные и зернобобовые культуры.

В свою очередь, специализированные кормовые севообороты подразделяются на несколько видов:

– *пропашные* для выращивания силосных культур и кормовых корнеплодов;

– *травянопропашные,* в которых размещают преимущественно травы, силосные и другие культуры;

– *травопольные* – для выращивания кормовых многолетних и однолетних трав.

К кормовым севооборотам предъявляются следующие основные требования:

– система кормовых севооборотов в сочетании с естественными пастбищами должна бесперебойно обеспечивать кормами поголовье животных в достаточном количестве и необходимых видов;

– в кормовых севооборотах следует выращивать культуры, необходимые для полноценных рационов животных и обеспечивающие максимальный сбор с каждого гектара посевов;

– наибольшую площадь должны занимать культуры универсального использования, идущие на приготовление кормов различных видов и дающие возможность применять комплексную механизацию возделывания культур;

– для наиболее полного использования агроклиматических ресурсов и повышения выхода кормов с каждого

гектара площади севооборота в районах достаточного увлажнения или при орошении применяют промежуточные посевы кормовых культур;

– при разработке структуры посевов в севооборотах предусматривают стабильность производства кормов в экстремальные годы за счет включения видов и сортов кормовых культур с разными требованиями к факторам внешней среды;

– севообороты должны иметь сравнительно короткую ротацию, позволяющую в зависимости от условий изменять структуру посевов и относительно быстро осваивать севообороты без заметного снижения общей продуктивности пашни;

– видовой и сортовой состав культур и их чередование, системы применения удобрений и обработки почвы в севооборотах должны обеспечивать расширенное воспроизводство плодородия почвы;

– из многолетних трав отдается предпочтение культурам с высоким продуктивным долголетием, применяя в зависимости от почвенно-климатических и метеорологических условий беспокровный или подпокровный способы посева.

В целях наиболее рационального использования орошаемых земель, занимаемых кормовыми культурами, по данным ВНИИ кормов им. В.Р.Вильямса, в структуре посевных площадей многолетние травы должны занимать до 70%, силосные – 19%; однолетние – 4%, кормовые корнеплоды – 7%.

3.8. Виды кормовых севооборотов для Северного Казахстана и методы оценки их продуктивности

Научными учреждениями Северного Казахстана, в частности, ВНИИЗХ, Северо-Казахстанской опытной станцией, на основании изучения комбинированных кормовых севооборотов были рекомендованы 2-3-польные севообороты, обеспечивающие сбор с гектара севооборотной площади до 2200-2600 корм. ед., со следующим чередованием культур: 1) просо кормовое на сено – ячмень на зерно; 2) кукуруза на силос – ячмень на зерно; 3) кукуруза на силос – пшеница; 4) просо кормовое – кукуруза на силос – овес на зерно или сено; 5) кукуруза на силос – ячмень на зерно – овес на зерно или сено, а также бессменное размещение кукурузы.

Оценивая эти севообороты, приходится обратить внимание на узкий набор культур в них, отсутствие бобовых культур и многолетних трав, что не позволяет получать корм, сбалансированный по переваримому протеину.

Этот недостаток был учтен при проведении серии опытов по изучению специализированных кормовых

севооборотов в условиях естественного увлажнения и при орошении в 80-90-е годы (Н.И. Можаев, 1986, 1989). Было изучено в общей сложности около 30 видов кормовых севооборотов.

В опытах, приближенных к производственным условиям, при естественном увлажнении были изучены травяно-пропашные пятипольные, а также трехпольные – травяно-пропашные, зерно-траво-пропашные и др.

Результаты исследований по некоторым из изученных перспективным вариантам пятипольных севооборотов в среднем за 2-3 ротации представлены в таблице 3.10.

Таблица 3.10

Продуктивность травяно-пропашных севооборотов в зависимости от насыщенности многолетними травами (1980-1990 гг.)

Севообороты и номера полей	Доля много-летних трав, %	Сбор с 1 га, ц		Средняя обеспеченность корм. ед., переваримым протеином, г
		корм.ед.	переваримый протеин	
1. Кукуруза– 2-5 люцерна	80,0	18,1	2,2	129
1. Кукуруза – 2-5 кострец безостый	80,0	11,9	1,0	84
1. Кукуруза – 2. просо на корм – 3-5 эспарцет	60,0	16,0	1,6	108
1. Кукуруза – 2. просо на корм – 3-5 житняк	60,0	13,2	1,1	87
1. Кукуруза– 2. суданская трава – 3. эспарцет (выводное поле)	33,3	15,8	1,6	103
1. Кукуруза– 2. суданская трава – 3. житняк (выводное поле)	33,3	12,4	1,0	95

Продуктивность кормовых севооборотов оценивается:

а) по сбору с гектара севооборотной площади сухого вещества;

б) кормовых единиц;

в) переваримого протеина;

г) средней обеспеченности кормовой единицы переваримым протеином.

Наиболее высокую продуктивность (сбор кормовых единиц) обеспечили пятипольные травяно-пропаш-

ные севообороты с 20% – кукурузы и 80% – многолетних трав с люцерной (18,1 ц/га), высеваемой беспокровно. Несколько ниже с эспарцетом (15,8-13,1 ц/га), кострецом безостым и житняком; пятипольные травяно-пропашные севообороты с долей многолетних трав 60%, 20% просо на корм, играющего роль покровной культуры, и 20% – кукурузы обеспечили сбор до 13,1-16,0 ц корм. ед. с 1 га, и трехпольные севообороты с долей многолетних трав 33,3% и по 33,3% кукурузы и суданской травы дали по 15,8-16,8 ц корм. ед.

Максимальные сборы переваримого протеина по 1,8-2,2 ц/га дали травяно-пропашные севообороты, в которых люцерна занимала от 33,3 до 80%, в аналогичных севооборотах с эспарцетом сбор переваримого протеина был несколько ниже – 1,6-1,8 ц/га, а со злаковыми травами снижался до 0,9-1,1 ц/га.

Во всех рассматриваемых севооборотах с многолетними бобовыми травами полученный корм был сбалансирован в соответствии с зоотехническими нормами по переваримому протеину (от 103 до 129 г на 1 корм.ед.), а с многолетними злаковыми не сбалансирован – 79-95 г.

Продуктивность 1-2- и 3-польных травяно-пропашных и пропашных севооборотов представлена в таблице 3.11.

Таблица 3.11

Продуктивность травяно-зерно-пропашных и пропашных севооборотов в условиях естественного увлажнения

Схемы севооборотов	% пропашных культур	% зерновых культур	Сбор с 1 га, ц		Средняя обеспеченность корм. ед., переваримым протеином, г
			корм. ед.	переваримый протеин	
Кукуруза – ячмень	50,0	50,0	26,7	1,9	70
Кукуруза – горохо-овсяная смесь – ячмень (на зерно)	33,3	33,3	20,6	1,8	96
Кукуруза (бессмен-но)	100,0	-	23,8	1,8	75

В двухпольном севообороте сбор кормовых единиц достиг 26,7 ц/га, в трехпольном севообороте при уменьшении доли кукурузы и ячменя несколько снижался и сбор кормовых единиц, лучшая обеспеченность переваримым протеином была в трехпольном севообороте (96 г/корм. ед.).

На основании сравнительного изучения специализированных кормо-

вых севооборотов животноводческим хозяйствам Северного Казахстана были рекомендованы к внедрению пятипольные травяно-пропашные с 80% люцерны (кукуруза – 2-5 люцерна), трехпольные (кукуруза – суданская трава – люцерна (выводное поле).

На орошаемых землях наиболее продуктивными были 5-6-польные кормовые севообороты с набором высокоурожайных культур интенсивного типа – кукуруза, суданская трава, люцерна со следующим чередованием культур:

– кукуруза – суданская трава – 3-6 люцерна

– суданская трава – 2-5 люцерна.

Перспективными являются двухпольные севообороты:

– кукуруза (5 лет бессменно);

– люцерна (5 лет выводное поле).

Применение расчетных доз удобрений под планируемый уровень урожайности позволило увеличивать сбор корма и протеина в 1,5-2,0 раза.

3.9. Промежуточные культуры и их значение в повышении $K_{фар}$ и урожайности в системе кормовых севооборотов

В целях повышения продуктивности пашни и сбора корма, а также КПД ФАР посевов целесообразно применять промежуточные культуры.

Промежуточными культурами называются такие, которые выращиваются в период, когда поле не занято основной культурой. В районах с продолжительным беззаморозковым периодом и теплой зимой основной культурой является озимая пшеница, высеваемая во второй половине лета, после уборки которой на следующий год остается продолжительный период с неиспользуемой суммой активных температур и приходом ФАР. В качестве основных культур в различных почвенно-климатических зонах и в зависимости от потребности растениеводческой продукции могут быть кормовые культуры (однолетние травы, корнеплоды, картофель и др.), после уборки которых нередко имеется возможность собрать еще один урожай другой культуры.

Промежуточные культуры условно делятся на пожнивные, поукосные, подсевные и зимующие.

Пожнивные – культуры, высеваемые после уборки основных зерновых или зернобобовых культур.

Поукосные – культуры, высеваемые после уборки основных, убираемых (скошенных) на кормовые цели.

Подсевные – культуры, семена которых подсеваются весной под перезимовавшие озимые – пшеницу или рожь.

Они находятся первый период под покровом зерновых культур, а после их уборки начинают интенсивно ра-

сти, развиваться и формировать урожай. Одной из наиболее распространенных подсевных культур считается сераделла – однолетняя бобовая трава, которую используют для подсева под озимую пшеницу.

Зимующие культуры – высеваются в конце лета, перезимовывают и ранней весной дают урожай корма, после чего собирается основная культура. Примером такой культуры можно назвать озимый рапс.

Из промежуточных посевов наиболее широкое распространение в производственных условиях имеют пожнивные и поукосные, однако их применение возможно при обеспеченности в определенных размерах факторами внешней среды – теплом и влагой, а культуры должны иметь короткий вегетационный период, отличаться холодостойкостью и устойчивостью к замо-розкам.

Минимальные условия для возделывания промежуточных культур должны быть следующие: продолжительность периода со среднесуточными температурами выше +5 °С не менее 60 суток с суммой активных температур более 10000 и количеством осадков за этот период не менее 120-150 мм. В Северном Казахстане наиболее надежно можно выращивать промежуточные культуры при орошении, а также в годы с обильными осадками во второй половине лета.

В качестве промежуточных культур в этом регионе возможно возделывание растений для кормовых целей – холодостойких и достигающих укосной спелости через 55-65 суток после посева: рапс, овес, ячмень и травосмеси – горохо-овсяная, горохо-ячменная, ячменно-рапсовая, скороспелые сорта турнепса, брюквы и др. В качестве основной культуры могут быть такие культуры, крайний срок уборки которых вторая половина июля (озимая рожь на корм, однолетние травы и травосмеси, высеваемые на корм в первой половине мая, ранние картофель и овощи и ряд других), с тем, чтобы уже не позднее 1-ой декады августа произвести посев промежуточной культуры.

Возможности применения промежуточных культур изучались в полевых опытах при орошении в условиях Целиноградского района Акмолинской области (Н.И. Можаев, 1990). В качестве основной культуры были озимая рожь и горохо-овсяная смесь, убираемые на корм, в качестве поукосной – рапс и горохо-овсяная смесь. Опыт закладывался по трем фонам с внесением в расчетных доз минеральных удобрений – низкому, среднему и высокому.

Результаты этих опытов по 2 фонам удобрений – низкому и высокому приведены в табл. 3.12.

Таблица 3.12

Урожайность и КПД ФАР основных и промежуточных культур в севооборотах с применением расчетных доз удобрений и орошения

Звенья	Культуры	Фон минерального питания					
		без удобрений			расчетная доза		
		урожайность, ц/га		$К_{фар}$, %	урожайность, ц/га		$К_{фар}$, %
		Зеленая масса	Сух.вещество		зеленая масса	Сух.вещество	
1	Озимая рожь (основная культура)	111	21,1	0,42	134	25,5	0,51
	Горохо-овсяная смесь (поукосная)	253	49,3	0,99	408	79,6	1,59
	Сумма двух урожаев за вегетационный период	364	70,4	1,41	542	105,1	2,10
2	Горохо-овсяная смесь (основная культура)	264	55,4	1,11	367	77,1	1,54
	Рапс (поукос-ная)	237	40,3	0,81	356	60,5	1,21
	Сумма двух урожаев за вегетационный период	501	95,7	1,92	723	137,6	2,75

Приведенные материалы свидетельствуют, что в соответствующих почвенно-климатических условиях и увлажнении, применении элементов интенсивной технологии (орошение, удобрения), можно увеличить сбор корма в 2-3 раза за счет промежуточных (поукосных) культур, что крайне важно с производственной точки зрения. Из изученных вариантов лучшим оказалось сочетание: горохо-овсяная смесь как основная культура и рапс как поукосная в сравнении с вариантами озимая рожь и горохо-овсяная смесь, хороший эффект был получен от внесения расчетных доз удобрений.

В условиях Северного Казахстана с точки зрения использования тепловых ресурсов важность этих приемов заключается в более полном использовании беззаморозкового периода и получении двух урожаев культур, имеющих короткий вегетационный период и убираемых на корм. КПД ФАР повысился с 0,42-1,1% до 2,1-2,7%, чему способствовали и минеральные удобрения, внесенные в расчетных дозах.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятий «технология возделывания культур», «прогрессивная, интенсивная технология».

2. Значение прогрессивных (интенсивных) технологий в увеличении производства растениеводческой продукции и снижении ее себестоимости.

3. Перечислите основные элементы прогрессивной (интенсивной) технологии и дайте обоснование применения каждого из элементов.

4. Роль и место программирования урожаев сельхозкультур в разработке и применении прогрессивных технологий интенсивного типа.

5. Дайте обоснование роли севооборотов как элемента прогрессивных технологий.

6. Значение кормовых севооборотов в обеспечении животноводства полноценными кормами и их классификация.

7. Основные требования, предъявляемые к кормовым севооборотам.

8. Методика оценки продуктивности кормовых севооборотов.

9. Назовите типы и виды перспективных кормовых севооборотов для средних и крупных животноводческих хозяйств Северного Казахстана.

10. Каковы особенности набора культур и построение кормовых севооборотов при орошении?

11. Значение промежуточных культур в повышении продуктивности севооборотов и $K_{фар}$ посевов.

12. Условия применения промежуточных посевов и особенности их использования в Северном Казахстане.

Глава 4. ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ, БОЛЕЗНЕЙ, СОРНЯКОВ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

4.1. Размеры потерь урожая от вредителей, болезней, сорняков

Систему мероприятий по борьбе с вредителями и болезнями, обеспечивающей выращивание здоровых растений и исключающей отрицательное влияние вредителей, болезней и сорной растительности на урожайность соответствующей культуры, И.С. Шатилов (1973) назвал в числе десяти принципов программирования урожаев сельхоз культур.

Защита посевов от вредителей. Эта система предусматривает применение кроме агротехнических методов борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками – химических, что зачастую наносит вред окружающей среде, животным, человеку, поэтому эти вопросы требуют серьезного изучения и научного обоснования.

Все частные вопросы защиты растений и охраны окружающей среды подробно рассматриваются в соответствующих учебных и научных дисциплинах: фитопатология, энтомология, защита растений, охрана окружающей среды, земледелие и др.

В настоящем разделе учебного пособия ставится задача рассмотреть наиболее общие вопросы и проблемы по защите растений и охране окружающей среды, поскольку средства защиты растений в большинстве своем химические: фунгициды, инсектициды, гербициды и др., уничтожая вредителей, болезни растений, сорную растительность, порой наносят серьезный вред, приводящий к необратимым нарушениям экологических систем. Применение пестицидов в растениеводстве и сохранение сложившегося баланса в экологических системах – два антипода, а потому должен соблюдаться необходимый баланс в применении химических средств и нанесении вреда природе, помня слова великого врача древности Гиппократа: «Не навреди!», которые относятся не только к взаимоотношению «врач – больной», но и «агроном – окружающая среда».

Ежегодные потери от вредителей, болезней, сорняков достигают по самым скромным подсчетам до 20-30% валового урожая, а по ряду культур еще выше, ухудшается качество растениеводческой продукции – снижается содержание протеина до 15-20%, незаменимых аминокислот до 10-15%.

Многочисленные научные исследования и многолетний опыт показывают, что интенсивное развитие рас-

тениеводства и кормопроизводства невозможно без применения мер защиты растений.

На посевах люцерны отдельные виды вредителей наносят огромный вред: повреждение растений *фитономусом* приводит к недобору урожая зеленой массы до 20 ц/га, снижается содержание белка на 6,5%, урожайность семян – 30-65%; при заболевании *аскохитозом* снижается не только урожайность семян в среднем на 20%, но ухудшается и качество корма из-за потерь сырого протеина до 25% от его общего количества. *Бурая пятнистость, фузариозное увядание, вирусные болезни люцерны* могут снизить содержание сырого протеина на 10%, а урожайность семян – до 50%. Различные *корневые* гнили многолетних трав являются одной из основных причин выпадения растений. Приведенный пример наглядно показывает, что распространение всего 2-3 вредителей и болезней может привести к полной гибели урожая семян люцерны, снижению более чем наполовину сбора белка и т.д.

На посевах злаковых культур наиболее распространены вредители – житняковый и костровый комарики, стеблевые блошки, колосовые мухи, тли, шведская муха и другие; болезни – мучнистая роса, склеротиниоз, различные пятнистости, ржавчина, снежная плесень и другие вызывают значительный недобор урожая. На посевах кормовых корнеплодов (кормовая свекла, брюква, турнепс) наиболее опасными вредителями являются крестоцветные и свекловичные блошки, свекловичная минирующая муха, рапсовидный цветоед, а из болезней – корнеед, мучнистая роса, гнили корней и др.

Однолетним бобовым культурам большой ущерб причиняют болезни и вредители, снижая урожайность зеленой массы и семян на 20-30% при повреждении растений *гороховой тлей, плодожорками, мухами и поражении аскохитозом, мучнистой росой, антракнозом, пероноспорозом и другими болезнями.*

Урожайность зеленой массы кукурузы снижается на 30-40% при повреждении ее шведскими мухами, проволочниками, при поражении фузариозными гнилями.

Таким образом, борьба с вредителями и болезнями полевых культур – один из существенных факторов повышения их урожайности и повышения качества продукции.

Развитие вредных организмов – вредителей и возбудителей заболеваний растений происходит неравномерно, что связано с погодными, климатическими, агроэкологическими, антропогенными и другими, порой непредсказуемыми факторами. Вредители и болезни могут находиться в состоянии депрессии или достигнуть размеров эпизоотии или эпифитотии, приводя в ряде случаев к катастрофическим последствиям, в связи с чем вред от них может ко-

лебаться значительно. Большое разнообразие сорняков, а также вредных организмов (насекомые, клещи, нематоды, грибы, бактерии, вирусы и др.), динамичность их развития, разнообразие поражаемых культур предъявляют к защите растений особые требования.

Средние цифры количественных и качественных потерь урожая полевых культур свидетельствуют о значительных потенциальных возможностях роста урожая повреждаемых культур за счет эффективной борьбы с вредными организмами, а потому защита растений занимает важное место в системе мер, направленных на повышение эффективности сельскохозяйственного производства.

4.2. Химические средства защиты растений и влияние их на окружающую среду. Интегрированные методы защиты растений

В мировом земледелии ведущее место в защите растений стали занимать химические методы, благодаря применению которых сокращается существенная часть потенциальных потерь урожая, поэтому по мере интенсификации сельскохозяйственного производства проявляется тенденция применения все возрастающих количеств пестицидов, что наносит серьезный ущерб ок-ружающей среде.

Защита растений, являясь заключительным звеном технологии возделывания культуры, по существу определяет эффективность и других, в том числе наиболее емких, энергетических вложений, поскольку сорняки, вредители и болезни прямо или косвенно используя вносимые удобрения, снижают эффективность других элементов технологии, вложений и затрат на возделывание культуры.

Высокая эффективность и универсальность, простота и практическая доступность метода уничтожения вредных организмов с помощью пестицидов, а сорняков с помощью гербицидов, очевидность и быстрота производимого эффекта – все это способствовало тому, что применение их нередко стало занимать главное место в технологии возделывания культур в ущерб менее опасным для окружающей среды агротехническим приемам.

Массированное, а часто и неконтролируемое использование пестицидов и гербицидов приводит к накоплению их в почве, водоемах, в живых организмах, возникновению устойчивых к пестицидам популяций вредителей, нарушению естественных биоценозов и резкому снижению их способности к саморегуляции, появлению новых, экономически значи-

мых вредителей и другим явлениям в окружающей среде. Возникла потенциальная угроза здоровью человека и непредвиденных, в том числе и генетических последствий.

Отрицательное воздействие при одностороннем использовании синтетических пестицидов и гербицидов на биосферу ставит крайне остро задачу совершенствования химических средств защиты растений, поиска новых альтернативных путей борьбы с вредителями, болезнями и сорняками в дополнение к традиционным методам. Многочисленные исследования и практиче-ский опыт показывают, что использование отдельных, даже самых эффективных приемов защиты растений не может обеспечить долговременного подавления численности вредных организмов, что можно достигнуть лишь при систематическом комплексном применении всех доступных профилактических и истребительных мероприятий.

Необходима работа по поиску новых эффективных гербицидов и пестицидов, обладающих низкой, острой и хронической токсичностью, умеренной стойкостью, отсутствием кумулятивного эффекта, избирательностью действия и безопасностью для полезных организмов, гербицидов, не накапливающих вредных веществ в растениях и относительно быстро разлагающихся в почве.

Интегрированные методы защиты растений предусматривают не только простое истребление отдельных видов вредных организмов, но и долговременное сдерживание комплекса вредных организмов на безопасном уровне с минимальными отрицательными последствиями для окружающей среды.

Интегрированная система защиты растений предусматривает набор таких средств и методов подавления вредных организмов, которые не только сохраняют, но и активизируют деятельность полезных.

Интегрированная защита растений в современном понимании по существу является системой мер управления внутри и межпопуляционными отношениями в пределах конкретного агробиоценоза, а применение истребительных средств должно проводиться с учетом наличия численности естественных сдерживающих факторов размножения вредителей *(паразиты, хищники и др.)*. В зарубежной литературе синонимом понятия «интегрированная борьба» считается термин «управление популяциями вредителей», которая должна основываться на ряде взаимосвязанных элементов:

1) высокая агротехника, обеспечивающая получение полноценных растений, устойчивых к различным неблагоприятным условиям, включая использование специальных агротех-

нических приемов по профилактике или подавлению развития отдельных вредных объектов;

2) выращивание сортов, устойчивых к болезням и вредителям;

3) использование приемов, сохраняющих и активизирующих деятельность природных энтомофагов и других организмов, регулирующих численность вредителей, фитопатогенезов и сорняков;

4) использование активных мер подавления численности вредных организмов (биологических и химических) на основе детального анализа агробиоценоза и объективной оценки ожидаемого развития вредителей и уровня ущерба;

5) постоянная работа по совершенствованию ассортимента используемых пестицидов и гербицидов, проявляющих избирательность действия и не оказывающих отрицательного влияния на полезных насекомых и полученную сельхозпродукцию.

4.3. Агротехнические меры борьбы с вредителями, болезнями, сорняками в посевах культур

Засоренность посевов, численность вредных и полезных насекомых, микроорганизмов, птиц, многих диких млекопитающих и других животных в значительной мере зависят от применяемых элементов технологии возделывания культур: обработки почвы, оздоровления семенного и посадочного материала и качества его очистки, сроков, способов, норм высева семян, чередования культур в севообороте, структуры посевных площадей, внесения минеральных и органических удобрений, приемов и методов борьбы с сорняками, способов уборки, и других особенностей ведения сельского хозяйства. Правильное и своевременное использование всех этих относительно несложных мероприятий позволяет защитить посевы от сорняков, вредителей и болезней без широкого применения химических и других активных средств.

Агротехнические методы не требуют дополнительных затрат, они в большей мере способны в нужном для человека направлении изменять экологическую среду, от которой зависит размножение и развитие вредных видов и их естественных врагов, а агротехнические приемы можно сочетать с биологическими и другими способами. В изменяющихся погодных условиях среди приемов агротехники имеется определенный выбор оптимальных вариантов технологии возделывания и уборки культур, обеспечивающих лучшую защиту их от вредителей, болезней и сорняков.

При использовании кормовых культур на витаминно-травяную муку, сенаж, сено, на зеленый корм

исключается использование пестицидов, загрязняющих корма и, следовательно, животноводческую продукцию остатками ядов, потому необходимо применять только агротехнические, биологические и другие нехимические способы защиты.

В животноводческих хозяйствах, где кормовые культуры занимают значительный удельный вес, большие возможности агротехнического метода защиты от сорняков, вредителей и болезней заложены в подборе видов кормовых культур, культивируя те, которые не только повышают сбор корма, но и меньше заражаются вредными видами, создают условия для размножения энтомофагов, опылителей растений, микроорганизмов, подавляющих вредные виды, обуславливают общее снижение количества вредителей и болезней.

Специализация по зерновым культурам должна предусматривать также широкий набор в севооборотах разных по биологии культур (зерновые, крупяные, зернобобовые), отличающихся разными сроками сева и уборки, а также целесообразно внедрять комбинированные зернокормовые севообороты.

При наличии в структуре посевов в хозяйстве поздно созревающих и раносозревающих культур увеличивается значение энтомофагов. Например, энтомофаги тлей, питающихся на бобовых однолетних культурах, обычно в начале июля достигают большой численности и после созревания бобовых перелетают на кукурузу и другие поздние культуры и быстро, в течение 5-7 дней, очищают растения от тлей. Более равномерное размещение нектароносных культур (рапс, подсолнечник, эспарцет, люцерна и др.) на территории хозяйства обеспечивает постоянную эффективную полезную деятельность энтомофагов.

При посеве кукурузы на участке с численностью более 15 особей проволочников на 1 м^2 экономически выгодна дополнительная предпосевная культивация почвы, снижающая заселенность вредителем в 2 раза, при этом затраты на культивацию вполне оправданы, поскольку при культивации уничтожаются и сорняки. Лучшими полевыми севооборотами следует считать те, которые не только обеспечивают производство максимального количества продукции с гектара пашни с использованием факторов внешней среды, но и одновременно служит целям защиты растений: ухудшают условия питания вредителей в каждом последующем году или совсем лишают их пищи, уменьшают количество заразного начала болезней и обеспечивают неблагоприятную среду для развития вредных организмов.

Таким образом, в зависимости от цели возделывания культуры (корм,

зерно, семена и др.), численности насекомых-вредителей, болезней растений, засоренности посевов следует в каждом конкретном случае выбирать, какой из способов борьбы целесообразен (агротехнический, химический или их комплекс) с учетом воздействия пестицидов на получаемую продукцию, окружающую среду, размеров затрат средств на их проведение. Своевременное и качественное проведение научно обоснованных агротехнических приемов обработки почвы, уходу за посевами оказывают профилактическое воздействие на размножение, расселение и распространение вредителей и многих болезней, сокращению засоренности посевов при меньших затратах денежных средств в сравнении с применением пестицидов.

Контрольные вопросы

1. Каковы средние размеры потерь урожая сельхозкультур от вредителей, болезней, сорной растительности?
2. Какие культуры в наибольшей степени подвержены воздействию вредителей и болезней?
3. Назовите наиболее распространенные болезни и вредители сельхозкультур.
4. Какие существуют основные методы борьбы с вредителями и болезнями?
5. Дайте обоснование понятию «интегрированная система защиты растений» и назовите ее основные элементы.
6. Назовите положительные и отрицательные стороны применения химических средств борьбы с вредителями, болезнями растений, сорняками.
7. Назовите основные требования, которым должны отвечать гербициды, пестициды и др. с точки зрения охраны окружающей среды.
8. Дайте обоснование системы агротехнических мероприятий борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками, исключающей или сокращающей применение пестицидов и гербицидов на посевах сельхоз культур.
9. Роль энтомофагов в борьбе с вредителями растений и приемы увеличения численности их и расселения.
10. Значение севооборотов, подбора и чередования культур в них в борьбе с вредителями, болезнями, сорняками.

Глава 5. МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР

5.1. Основные принципы разработки технологий

Разработка и применение прогрессивных технологий интенсивного типа – важнейшее условие наиболее полного использования нерегулируемых факторов и получение максимально возможного уровня урожайности всех возделываемых в хозяйстве культур, что могут успешно выполнять специалисты, хорошо подготовленные как теоретически, так и практически.

Применяя ту или иную технологию, создается реальная возможность обеспечения потребности растений регулируемыми факторами полностью или частично, а потому и урожайность будет колебаться от потенциально возможной до очень низкой.

Важнейшее условие разработки научно обоснованных технологий – знание биологических особенностей культуры, требований ее к факторам внешней среды и условий, в которых будет возделываться эта культура: агрохимическая характеристика почвы, условия увлажнения, засоренность, место в севообороте, предшествующая культура и др. Особое внимание следует обращать на предшественник.

В разработке технологий выращивания можно выделить три основных этапа:

Первый – сбор исходных данных по конкретному полю.

Второй – на основании исходных данных (влагообеспеченность, запасы доступных питательных веществ в почве и др.) производятся расчеты действительно возможного уровня урожайности (ДВУ) по влагообеспеченности, доз удобрений под этот уровень урожайности, норм высева семян с учетом их посевной годности для получения оптимальной густоты стеблестоя, определяется наиболее пригодный для этих условий сорт или гибрид.

Выполнение расчетных работ следует проводить по схеме, представленной ниже:

Хозяйство _____

Область _____

Предшественник и севооборот (схема)_____

Запасы продуктивной влаги перед посевом(мм)_____

Осадки за вегетационный период (мм)_____

Запасы доступных питательных веществ в почве, мг/100 г:

азот _____ фосфор _____

калий_____

Преобладающие сорняки в посевах, шт. /м^2-_____

Расчет ДВУ по влагообеспеченности или оросительной и поливной нормы (при орошении) _____

Расчет норм высева семян под планируемую (предуборочную) густоту.

Расчет доз удобрений.

Гибрид, сорт –

Третий этап – на основании выбора предшествующей культуры в севообороте, состояния засоренности и др. разрабатывается технология с включением последующих элементов*:

1. Способы и сроки основной и последующих обработок почвы;

2. Мероприятия по накоплению и сохранению влаги;

3. Предпосевная обработка почвы;

4. Сроки и способы внесения рассчитанных доз удобрений в физических туках;

5. Сроки и способы предпосевной обработки почвы;

6. Приемы и сроки подготовки семян к посеву;

7. Сроки и способы посева, глубина заделки семян;

8. Норма высева семян, рассчитанная и переведенная в кг/га;

9. Уход за посевами (междурядная обработка, подкормка и др.);

10. Уборка урожая;

11. Последующие виды работ (очистка семян, способы консервирования кормов и т.д.).

С целью высококачественного выполнения всех видов работ для каждой операции подбирается набор машин и орудий, а продолжительность периода проведения той или иной операции на одном поле не должно превышать 3 суток.

Изложение операционной технологии следует проводить по схеме (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Операционная технология возделывания и уборки культуры

Операция	Агротехнические требования		Сельскохозяйственные машины и орудия
	сроки проведения операции	показатели качества	

Ниже будут приведены варианты операционных технологий для условий Северного Казахстана по ряду кормовых культур, представителей разных групп: зернофуражные, зернобобовые, силосные, многолетние бобовые и злаковые травы, однолетние травы и ряд других.

5.2. Технологии возделывания и уборки кормовых культур (примерные варианты технологий)

Порядок и последовательность разработки и изложения операционной технологии в качестве примера дан по нескольким частным культурам: из многолетних и однолетних трав – люцерна, эспарцет, житняк и суданская трава, из силосных – кукуруза, из зернофуражных – ячмень и горох, кроме того, в условиях орошения – кукуруза и люцерна. В основу предлагаемых вариантов технологии положены выше изложенные «Принципы разработки технологий возделывания культур».

В выполнении работы выделены следующие этапы:

1) Формирование исходных данных;

2) Выполнение расчетов и расчетные материалы;

3) Составление операционной технологии.

Исходные данные, приведенные в качестве примера, взяты из характеристики почвенно-климатических условий Северного Казахстана – осадки, запасы доступных питательных веществ в почве и др. Названия хозяйств – условные. Определены сорт (гибрид) возделываемой культуры, предшественник, место культуры и их чередование, засоренность поля.

Во втором разделе приведены только итоговые цифры проведенных расчетов – урожайность (ДВУ) по влагообеспеченности, дозы удобрений, норма высева семян, гербициды (дозы, сроки и способы внесения) с учетом засоренности поля, препараты для протравливания семян и др.

В третьем разделе – последовательно изложены основные элементы с указанием сроков и качества выполняемых работ, названы марки машин и орудий.

В названиях некоторых пестицидов использованы сокращения, которые расшифровываются:

в.с.к. – водно-суспензионный концентрат;

в.р. – водный раствор;

к.с. – концентрат суспензии;

к.э. – концентрат эмульсии;

с.п. – смачивающийся порошок.

Операционная технология возделывания и уборки эспарцета (вариант)

1. Исходные данные:

Хозяйство – АО «Колутонское»

Многолетнее количество осадков – 310 мм, запасы доступных питательных веществ в почве, мг/100 г: азот – 6,5, фосфор – 1,5, калий – 55.

Культура – эспарцет на корм

Сорт – Песчаный улучшенный

Предшественник – пшеница

Севооборот – чистый пар – пшеница – эспарцет (выводное поле) – пшеница – ячмень

Сорняки – однолетние злаковые и двудольные

2. Итоговые расчетные данные:

– урожайность (ДВУ по влагообеспеченности) – сено 20,5 ц/га

– дозы удобрений, д.в.:

а) азотные – ежегодно подкормка 25 кг/га

фосфорные – на 3 года пользования 75 кг/га

калийные – 0

б) физические туки

азотные – аммиачная селитра, ежегодно подкормка 0,7 ц/га

фосфорные – двойной суперфосфат на 3 года пользования – 1,7 ц/га

калийные – 0

– нормы высева семян – 3,5 млн. шт./га,– 45,0 кг/га

– протравливание семян ТМТД-80% с.п. 3-4 кг/т

– гербицид трефлан 24 к.э., 5,7 л/га, опрыскивание почвы с немедленной заделкой до посева беспокровной культуры.

3. Операционная технология

Операция	Агротехнические требования		Показатели качества см, кг/га, ц/га, т/га, л/га, л/т, м³/га и т.д.	Состав агрегатов, марка машин. орудий
	Ориентировочный календарный срок начала работы	Число календарных суток		
Подготовка почвы и первый год жизни эспарцета				
Основная обработка почвы с внесением двойного суперфосфата	10.09	15	20-22 см 1,7 ц/га	ГУН-4
Боронование	10.09	15	4-5 см	БМШ-20
Культивация	15.09	15	5-7 см	КТС-10
Снегозадержание первое	Декабрь		4-5 м	СВУ-2,6
Снегозадержание второе	Январь		4-5 м	СВУ-2,6
Протравливание семян ТМТД-80% с.п.	20.04	3	3-4 кг/т	ПС-10
Внесение гербицида Трефан 24 к.с.	20.04	3	5,7 л/га	ОП-3200
Заделка гербицидов	20.04	3	4-6 см	БМШ-20
Прикатывание	25.04	5		ЗККШ-6
Посев стерневой зерно-травяной сеялкой беспокровно	25.04	5	2-3 см	СТС-2,1
Второй год жизни				
Подкормка аммиачной селитрой	20.04	5	0,7 ц/га	РУМ-16
Весеннее боронование	20.04	5	4-5 см	БМШ-15
Скашивание трав	15.06	10	4-6 см	ГП-10, ЖВН-6
На третьем и четвертом годах жизни проводится работа аналогично второму				
Варианты приготовления кормов 1. Прессование, транспортировка, штаблевание тюков				
Прессование сена из валков пресподборщиков с боковой подачей тюков	17.06	10		ППА-Ф-1,6
Транспортировка к месту хранения	17.06	20		ГКБ-887Б
Штаблевание тюков	17.06	20		ПФ-0,5
2. Копнение, погрузка, транспортировка, скирдование сена				
Копнение сена пневмоподборщиком	17.06	10		ППС-Ф-1,6+ ГКБ-887Б
Погрузка сена на транспортные средства	17.06	10		ПФ-0,5
Транспортировка сена к месту хранения сцепом сеносоломовозов	17.06	10		ОЗТП-9554С+ ОЗТВ-8572С
Скирдование сена	17.06	10		УСА-10-2+ ПФ-0,5

Образование стогов из валков подборщиком-стогообразователем	17.06	10		СПТ-60
Транспортировка сена стоговозом к месту хранения	17.06	10		СП-60
Завершение скирд	17.06	10		ПФ-0,5
3. Уборка многолетних трав на зеленый корм				
Кошение многолетних трав с одновременным измельчением зеленой массы и погрузкой на транспортные средства	15.06	20		КПКУ-75
Транспортировка зеленой массы к месту скирдования	15.06	20		ЗИЛ-ММЗ-554М

В зависимости от условий могут применяться другие варианты: предшественники, сроки и способы посева (например, подпокровный), внесение гербицидов, подкос сорняков, способы уборки и др.

Операционная технология возделывания и уборки кукурузы

1. Исходные данные:

Хозяйство – АО «Двуречное»

Среднее многолетнее количество осадков – 295 мм, запасы продуктивной влаги 135 мм, запасы питательных веществ в почве, мг/100 г: азот – 8,5, фосфор – 1,5, калий – 65.

Культура – кукуруза на силос с початками

Сорт – Гибрид 257 СВ

Предшественник – пшеница

Севооборот – чистый пар – пшеница – кукуруза – пшеница – ячмень

Сорняки – однолетние двудольные

2. Исходные расчетные данные:

– урожайность (ДВУ по влагообеспеченности) – зеленая масса 145 ц/га

– дозы удобрений, д.в.:

а) азотные – 75 кг/га

фосфорные – 50 кг/га

калийные – 0

б) физические туки

полуперепревший навоз – 35 т/га

азотные – аммиачная селитра 2,2 ц/га

фосфорные – двойной суперфосфат – 1,2 ц/га

калийные – 0

– нормы высева семян – 0,16 млн. шт./га – 34,0 кг/га

– гербициды – 2,4-Д (ДМА-6) в.р. 0,85-1,4 л/га (опрыскивание в фазу 3-5 листьев кукурузы).

3. Операционная технология

Операция	Агротехнические требования		Показатели качества см, кг/га, ц/га, т/га, л/га, л/т, м³/га и т.д.	Состав агрегатов, марка машин, орудий
	Ориентировочный календарный срок начала работы	Число календарных суток		
1	2	3	4	5
Разбрасывание органических удобрений	5.09	20	35 т/га	РОУ-6
Внесение минеральных удобрений	5.09	20	3,0 ц/га	РУМ-16
Вспашка отвальная с боронованием	15.09	20	25-27 см	ПТК-9-35
БЗСТ-1,0				
Снегозадержание	Январь	20	4-5 м	СВУ-2,6
Весеннее боронование	25.04	5	4-5	БЗСТ-1,0
Приобретение семян	15.04	20		
Предпосевная обработка почвы	10.05	5	6-8 см	КПШ-9
Прикатывание почвы перед посевом	10.05	10		ЗККШ-6
Посев	10.05	5	5-6 см	СУПН-8
Довсходовое боронование	15.05	5	3-4 см	БЗСС-1,0
Внесение раствора гербицидов – 2,4Д (ДМА-6)	30.06	6	1.2 л/га	ОВТ-1В
Первая обработка междурядий с одновременным внесением аммиачной селитры	15.06	6	0,2 ц/га	КРН-5.6
Вторая обработка междурядий с одновременным внесением аммиачной селитры	10.07	6	5-6 см 0,2 ц/га	КРН-5,6
Скашивание на силос	20.08	15		КСК-100

Примечание: Семена кукурузы готовятся к посеву на специальных семенных заводах, где их подвергают калибровке, протравливанию, гидрофобизации, инкрустированию и затариванию в мешки. Калибровка семян позволяет использовать сеялки точного высева и получать заданную густоту стеблестоя. Протравливание семян проводится 80%-ным ТМТД, фентиурамом из расчета 1,58-2 кг препарата на 1 т семян. Гидрофобизация и инкрустирование семян (обработка раствором полимера в сочетании с протравителем с целью создания защитной пленки) способствуют повышению полевой всхожести семян, особенно при неблагоприятных погодных условиях после посева (похолодание). После посева компоненты, входящие в гидрофобную пленку, растворяются. Технология приготов-

ления состава для гидрофобизации и инкрустации семян следующая: на 1 т семян кукурузы расходуется 0,5 кг полистирола, который растворяется в 11 л технического хлороформа, добавляется 2 кг фентиурама, и все это в виде раствора наносится на семена.

Операционная технология возделывания и уборки житняка (вариант)

1. Исходные данные:

Хозяйство – АО «Александровское»

Среднее многолетнее количество осадков – 290 мм, запасы доступных питательных веществ в почве, мг/100 г: азот – 6,0, фосфор – 1,5, калий – 60.

Культура – житняк на корм

Сорт – Батыр

Предшественник – пшеница

Севооборот – чистый пар – пшеница – житняк (выводное поле) – пшеница – ячмень

Сорняки – однолетние двудольные

2. Итоговые расчетные данные:

– урожайность (ДВУ по влагообеспеченности) – сено 18,0 ц/га

– дозы удобрений, д.в.:

а) азотные – ежегодно подкормка 20 кг/га

фосфорные – на 5 лет пользования 85 кг/га

калийные – 0

б) физические туки

азотные – аммиачная селитра, ежегодно подкормка 0,6 ц/га

фосфорные – двойной суперфосфат на 5 лет пользования – 2,8 ц/га

калийные – 0

– нормы высева семян – 4,5 млн. шт./га – 11,5 кг/га

– протравливание семян ТМТД-80% с.п. 3-4 кг/т

3. Операционная технология

Операция	Агротехнические требования		Показатели качества см, кг/га, ц/га, т/га, л/га, л/т, м³/га и т.д.	Состав агрегатов, марка машин, орудий
	Ориентировочный календарный срок начала работы	Число календарных суток		
Подготовка почвы и первый год жизни житняка				
Основная обработка почвы с внесением двойного суперфосфата	5.09	10	20-22 см 2,8 ц/га	ГУН-4
Боронование	5.09	10	4-6 см	БМШ-20
Боронование	25.09	10	4-5 см	БМШ-20
Прикатывание	10.10	10		ЗККШ-6
Посев зерно-травяными стерневыми сеялками	10.10	5	2-3 см	СТС-2,1

Снегозадержание	январь		4-5 м	СВУ-2,6
Второй год жизни				
Подкормка аммиачной селитрой	15.04	5	0,6 ц/га	РУМ-16
Скашивание трав	15.06	10	4-6 см	ЖВН-6
Третий год жизни				
Подкормка аммиачной селитрой	15.04	5	0,6 ц/га	РУМ-16
Весеннее боронование	15.04	5		БМШ-15
Скашивание трав	15.06	10	4-6 см	ЖВН-6
На четвертом и последующих годах жизни работы проводятся аналогично с 3-м годом.				
Варианты приготовления кормов 1. Прессование, транспортировка, штаблевание тюков				
Прессование сена из валков пресс-подборщиков с боковой подачей тюков	18.06	15		ППА-Ф-1,6
Транспортировка к месту хранения	18.06	15		ГКБ-887Б
Штаблевание тюков	18.07	15		ПФ-0,5
2. Копнение, погрузка, транспортировка, скирдование сена				
Копнение сена пневмоподборщиком	18.06	15		ППС-Ф-1,6+ ГКБ-887Б
Погрузка сена на транспортные средства	18.06	15		ПФ-0,5
Транспортировка сена к месту хранения сцепом сеносоломовозов	18.06	15		ОЗТП-9554С+ ОЗТВ-8572С
Скирдование сена	18.06	15		УСА-10-2+ ПФ-0,5
Образование стогов из валков подборщиком-стогообразователем	18.06	15		СПТ-60
Транспортировка сена стоговозом к месту хранения	18.06	15		СП-60
Завершение скирд	18.06	15		ПФ-0,5
3. Уборка многолетних трав на зеленый корм				
Кошение многолетних трав с одновременным измельчением зеленой массы и погрузкой на транспортные средства	10.06	10		КПИ-2,4
Транспортировка зеленой массы к месту скармливания	10.06	10		ОЗГП-9554
На 3-й и последующие годы жизни житняка все основные работы повторяются				

Заготовка корма в зависимости от особенности складывающихся условий и производственной необходимости по одному из трех вариантов, а отдельные элементы технологии возделывания в год посева в зависимости от условий могут меняться.

Операционная технология возделывания и уборки ячменя (вариант)

1. Исходные данные:

Хозяйство – АО «Есильское»

Среднее многолетнее количество осадков – 285 мм, запасы продуктивной влаги в почве 135 мм, запасы питательных веществ в почве, мг/100 г: азот – 6,0, фосфор – 1,5, калий – 60.

Культура – ячмень на зерно

Сорт – Кедр

Предшественник – пшеница

Севооборот – чистый пар – пшеница – пшеница – ячмень

Сорняки – осот

2. Итоговые расчетные данные:

– урожайность (ДВУ по влагообеспеченности) – 21,0 ц/га

– дозы удобрений, д.в.

а) азотные – 27 кг/га

фосфорные – 71 кг/га

калийные – 0

б) физические туки, т

азотные – аммиачная селитра – 0,8 ц/га

фосфорные – двойной суперфосфат – 1,5 ц/га

калийные – 0

– нормы высева семян – 3,0 млн. шт./га – 120 кг/га

– гербициды – Лонтрел 300, в.р. 0,5-0,7 л/га (опрыскивание в фазу кущения ячменя)

– протравливание семян – Бункер в.с.к. (0,4 л/т)

3. Операционная технология

Операция	Агротехнические требования		Показатели качества см, кг/га, ц/га, т/га, л/га,л/т, м³/га и т.д.	Состав агрегатов, марка машин, орудий
	Ориентировочный календарный срок начала работы	Число календарных суток		
1	2	3	4	5
Обработка почвы	15.09	20	20-22 см	ПГ-3-5
Выравнивание поля	15.09	20	5-8 см	БМШ-15
Снегозадержание первое	декабрь	30	Валы через 2 м	СВШ-10
Снегозадержание второе	январь	30	Валы через 4 м	СВШ-10
Весеннее боронование	15.04	3	5-6 см	БМШ-15
Внесение удобрений Дв. суперфосфат Аммиачная селитра	25.04	5	14-16 см 1,5 ц/га 0,8 ц/га	ГУН-4А
Протравливание семян Бункер в.с.к.	05.04	16	0,4 л/т	ПС-10
Предпосевная обработка почвы	30.05	6	6-8 см	КПШ-11
Посев, норма высева семян	30.05	6	6-7 см 120 кг/га	СЗС-6

Обработка посевов гербицидом Лонтрел 300	20.06	10	0,5 л/га	ОП-2000-2
Скашивание в валки	20.08	8	6-8 см	ЖВН-6А
Подбор и обмолот валков с копнением соломы	24.08	8		Енисей 1200-1
ППТ-3А				
Транспортировка зерна	24.08	8		1 ПТС-9+ 3ПТС-12
Очистка зерна после обмолота	24.08	10		ЗАВ-50
Очистка и сушка семенного зерна	29.08	15		СП-10А

Операционная технология возделывания суданской травы (вариант)

1. Исходные данные:

Хозяйство – АО «Максимовское»

Среднее многолетнее количество осадков – 305 мм, запасы продуктивной влаги в почве 125 мм, запасы доступных питательных веществ в почве, мг/100 г: азот – 7,5, фосфор – 1,5, калий – 45.

Культура – суданская трава на корм

Сорт – Кинельская 100

Предшественник – пшеница

Севооборот – чистый пар – пшеница – пшеница – суданская трава – ячмень

Сорняки – однолетние двудольные злаковые

2. Итоговые расчетные данные:

– урожайность (ДВУ по влагообеспеченности) – сено 28 ц/га

– дозы удобрений, д.в.:

а) азотные – 70 кг/га

фосфорные – 55 кг/га

калийные – 0

б) физические туки

азотные – аммиачная селитра 2,2 ц/га

фосфорные – двойной суперфосфат 1,3 ц/га

калийные – 0

3. Операционная технология

Операция	Агротехнические требования		Показатели качества см, кг/га, ц/га, т/га, л/га, л/т, м³/га и т.д.	Состав агрегатов, марка машин, орудий
	Ориентировочный календарный срок начала работы	Число календарных суток		
1	2	3	4	5
Основная обработка почвы с внесением фосфорных минеральных удобрений	15.09	15	20-22 см 1,3 ц/га	ГУН-4
Боронование	15.09	15	4-6 см	БМШ-20
Снегозадержание первое	декабрь		4-5 м	СВУ-2,6
Снегозадержание второе	январь		4-5 м	СВУ-2.6
Ранневесеннее боронование	20.04	3	4-6 см	БМШ-20
Протравливание семян	02.06	4	3-4 кг/т	ПС-10
Внесение азотных удобрений	03.06	6	2,2 ц/га	РУМ-5А
Предпосевная обработка почвы – боронование	03.06	7	5-7 см	КТС-10
Посев зерно-травяными сеялками	03.06	7	4-6 см	ЗСТС-2,1
Уборка				
Скашивание с одновременным сгребанием	15.08 15.08	10 10	4-6 см КМБ-6+ГПП-6	ГП-10
Варианты приготовления сена 1. Прессование, транспортировка, штаблевание тюков				
Прессование сена из валков пресс-подборщиком	16.09	10		ППА-Ф-1,6
Транспортировка тюков к месту хранения	16.08	10		ГКБ-887Б ПФ-0,5
Штаблевание тюков	16.08	10		ПФ-0,5
2. Копнение, погрузка, транспортировка, скирдование сена				
Копнение сена из валков пневмоподборщиком	16.08	10		ППС-Ф-1,6+ ГКБ-887Б
Погрузка сена на транспортные средства	16.08	10		ПФ-0,5
Скирдование сена	16.08	10		УСА-10-2+ ПФ-0,5
Формирование стогов из валков подборщиком-стогообразователем	16.08	10		СПТ-60
Транспортировка сена стоговозом к месту хранения	16.08	10		СП-60
Завершение скирд	16.08	10		ПФ-0,5

Операционная технология возделывания и уборки гороха (вариант)

1. Исходные данные:

Хозяйство – АО «Приозерное»

Среднее многолетнее количество осадков – 325 мм, запасы влаги перед посевом – 150 мм, запасы доступных питательных веществ в почве, мг/100 г: азот – 8,5, фосфор – 2,0, калий – 50.

Культура – горох на семена

Сорт – Рамонский 77

Предшественник – кукуруза

Севооборот – кукуруза – горох – ячмень

Сорняки – однолетние двудольные

2. Итоговые расчетные данные:

– урожайность (ДВУ по влагообеспеченности) – 18,0 ц/га

– дозы удобрений, д.в.:

а) азотные – 55 кг/га

фосфорные – 80 кг/га

калийные – 0

б) физические туки

азотные – аммиачная селитра – 1,8 ц/га

фосфорные – двойной суперфосфат – 1,7 ц/га

калийные – 0

– нормы высева семян – 0,8 млн. шт./га– 165 кг/га

– гербициды – Базагран, 48% в.р. 3 л/га (опрыскивание в фазу 5-6 листьев культуры гороха).

– протравливание семян – Дерозол, 50% с.п. и 50% к.с. (2,0-2,5 кг/т)

3. Операционная технология

Операция	Агротехнические требования		Показатели качества см, кг/га, ц/га, т/га, л/га,л/т, м³/га и т.д.	Состав агрегатов, марка машин, орудий
	Ориентировочный календарный срок начала работы	Число календарных суток		
Внесение удобрений Дв. суперфосфат Аммиачная селитра	15.09	5	1,7 ц/га 1,8 ц/га	РУМ-16
Основная обработка почвы	17.09	10	25-27 см	ПТК-9-35
Выравнивание зяби	17.09	10	3-5 см	БЗТС-10
Снегозадержание	январь	30	Валы через 4-6 м	СВУ-2,6
Раннее весеннее боронование	15.04	3	Два следа 4-5 см	БЗТС-10
Протравливание семян (Дерозол)	15.05	3	2,5 кг/т	ПТС-10
Предпосевная культивация	15.05	3	6-8 см	КПШ-11
Прикатывание почвы	15.05	3		ЗККШ-6
Посев	15.05	3	6-8 см	СЗП-12
Прикатывание после посева	15.05	3		ЗККШ-6
Повсходовая обработка гербицидом Базагран	05.06	5	3 л/га	ОП-2000-2
Обкосы полей	02.08	1		Енисей 1200-1 ЖВН-6А
Скашивание гороха в валки	04.08	5		ЖБА-3,5

Внесение гербицидов сплошным способом на поверхность почвы Акцент прима 96% к.э.	12.05	3	2,0 л/га	ОП-3200
Заделка удобрений и гербицидов в почву	12.05	3	5-6 см	БМШ-15
Боронование	15.05	3	3-4 см	БЗСС-1,0
Приобретение семян	01.04	20		
Прикатывание	15.05	6		ЗККШ-6
Посев	16.05	6	6-8 см	СУПН-8
Прикатывание после посева	16.05	6		ЗККШ-6
Довсходовое боронование	20.05	3	3-4 см	БЗСС-1,0
Рыхление почвы перед поливом в междурядьях	15.06	5	5-6 см	КРН-5,6
Полив 1-ый	20.06	5	400-500 м³/га	ДДА-100 м
Рыхление почвы	28.06	5	5-7 см	КРН-5,6
Полив 2-й	02.07	5	400-500 м³/га	ДДА-100 м
Рыхление почвы	18.07	5	5-7 см	КРН-5,6
Полив 3-й	17.07	5	400-500 м³/га	ДДА-100 м
Полив 4-й	30.07	5	400-500 м³/га	ДДА-100 м
Полив 5-й	15.08	5	400-500 м³/га	ДДА-100 м
Уборка кукурузы на силос	05.09	10		КСК-100

Примечание: Семена кукурузы хозяйства должны приобретать уже подготовленными к посеву на специальных семенных заводах (откалиброванные, протравленные, гидрофобизированные, инкрустированные и затаренные в мешки). Калибровка семян позволяет применять сеялки точного высева, обеспечивающие получение заданной густоты стеблестоя. Протравливание семян производится 80% ТМТД из расчета 1,5-2 кг/т. Гидрофобизация и инкрустирование (обработка раствором полимера в сочетании с протравителем с целью создания защитной пленки) способствуют повышению полевой всхожести семян, особенно при неблагоприятных условиях после посева (эта работа может проводиться только в заводских условиях). Компоненты, входящие в состав гидрофобной пленки в расчете на 1 т семян: полистирол (0,5 кг) растворяется в техническом хлороформе (11 л) с добавлением протравителя (фентиурам и др.), наносится в виде раствора на семена.

Операционная технология возделывания и уборки люцерны при орошении (вариант)

1. Исходные данные:

Хозяйство – АО «Дамсинское»

Среднее многолетнее количество осадков – 290 мм, запасы питательных веществ в почве, мг/100 г – азот – 8,5, фосфор – 2,0, калий – 65.

Культура – люцерна на корм при орошении

Сорт – Карабалыкская 18

Предшественник – кукуруза (люцерна высевается под покров кукурузы)

Севооборот – кукуруза (5 лет бессменно) – люцерна (5 лет)

Сорняки – однолетние двудольные

2. Итоговые расчетные данные:

– урожайность (потенциальная) – сено 90 ц/га

– дозы удобрений, д.в.:

а) азотные – 100 кг/га

фосфорные – на 5 лет пользования 600 кг/га

калийные – 0

б) физические туки

азотные – аммиачная селитра, подкормка 3,2 ц/га

фосфорные – двойной суперфосфат – 12,5 ц/га

калийные – 0

– нормы высева семян – 6 млн. шт/га – 12,0 кг/га

– оросительная норма 2500 м^3/га

– гербициды – Базагран, 48% в.р. 2 кг/га (опрыскивание в фазу 3-5 листьев кукурузы и 1-2 настоящих листьев люцерны до начала отрастания люцерны или поздней осенью).

– протравливание семян люцерны ТМТД, 80 с.п. 2 кг/т.

3. Операционная технология

Операция	Агротехнические требования		Показатели качества см, кг/га, ц/га, т/га, л/га,л/т, м^3/га и т.д.	Состав агрегатов, марка машин, орудий
	Ориентировочный календарный срок начала работы	Число календарных суток		
Внесение расчетной дозы фосфорных удобрений	10.09	10	12,5 ц/га	РУМ-16
Зяблевая вспашка	15.09	15	25-27 см	ПТК-9-35
Боронование	15.09	15	3-4 см	БЗСТ-1,0
Год посева и первый год жизни люцерны				
Боронование	15.04	6	3-4 см в 2 следа	БЗСС-1,0
Внесение аммиачной селитры	25.04	4	2,2 ц/га	РУМ-16
Культивация (заделка удобрений)	25.04	4	6-8 см	ЛДГ-10
Боронование	25.04	4	3-4 см в 2 следа	БЗСС-1,0
*Протравливание семян люцерны (ТМТД)	15.04	5	2 кг/т	ПС-10
Предпосевная культивация	15.05	5	6-8 см	КПШ-11
Посев покровной культуры (кукурузы)	15,05	5	ширина межд.70 см, 35 кг/га, 6-8 см	СУПН-8
Прикатывание	15,05	5		ЗККШ-6
Посев люцерны	16,05	3	3-4 см	СЗТ-3,6
**Полив увлажняющий	20,05	3	200 м^3/га	ДДА-100 м

Полив вегетационный	30,05	3	300 м³/га	ДДА-100 м
Опрыскивание посевов гербицидом Базагран, 48% в.р.	10,06	3	2 кг/га	ОП-2000
Вегетационный полив	25,06	3	500 м³/га	ДДА-100м
Вегетационный полив	15,07	3	500 м³/га	ДДА-100м
Вегетационный полив	30,07	3	500 м³/га	ДДА-100м
Вегетационный полив	15,08	3	500 м³/га	ДДА-100м
Уборка кукурузы	15,09	5		КСК-100
Подкормка люцерны аммиачной селитрой	15,09	5	1,0 ц/га	РУМ-16
Второй год жизни люцерны				
Внесение азотных удобрений (подкормка) аммиачной селитрой	05,05	5	1,2 ц/га	РУМ-16
Боронование	05,05	5		БЗСС-1,0
Полив	15,05	10	500 м³/га	ДДА-100м
Полив	05,06	10	500 м³/га	ДДА-100м
Первый укос	15,06	10		КСК-100
Внесение подкормки	17,06	10	1,0 ц/га	РУМ-16
Боронование	17,06	10		БЗСС-1,0
Полив	30,06	10		ДДА-100м
Полив	05,07	10		ДДА-100м
Полив	10,07	10		ДДА-100м
Второй укос	20,07	10		КСК-100
Внесение подкормки	20,07	10	1,0 ц/га	РУМ-16
Боронование	20,07	10		БЗСС-1,0
Полив	30,08	10	500 м³/га	ДДА-100м
Третий укос	15,09	10		КСК-100
Варианты приготовления кормов из люцерны 1. Приготовление сенажа				
Скашивание трав с укладкой массы в валки (по укосам)	1 – 15,06 2 – 20,07 3 – 15,09	10		ЖВН-6
Подбор валков с измельчением и одновременной погрузкой массы в транспортные средства	Через 2-3 дня после скашивания	10		КПКУ-75
Транспортировка сенажной массы в траншеи	То же	10		ПСЕ-20
Уплотнение сенажной массы	То же	10		Д-535
Укрытие сенажной массы полиэтиленовой пленкой	То же	10		Вручную
Транспортировка и укрытие свежескошенной измельченной травы	То же	10	Слой 30-35 см	
2. Приготовление травяной муки и гранулированных кормов				

Кошение с измельчением и одновременной погрузкой массы в транспортные средства	В зависимости от уко-са	10		КПКУ-75
Транспортировка измельченной массы к агрегату для приготовления травяной муки и гранулированных кормов	То же	10		ПСЕ-20
Приготовление травяной муки	То же	10		АВМ
Приготовление гранулированных кормов	То же	10		ОПК-2М+ ОПК-1,5
Транспортировка травяной муки и гранулированных кормов на склад	То же	10		ГКБ-887Б.

В зависимости от складывающихся условий и возможностей хозяйства необходимо исключать или дополнительно вносить те или иные изменения в предложенные выше примерные варианты технологий.

Контрольные вопросы

1. Основные принципы разработки технологии возделывания полевых культур. Этапы разработки технологий. Какие показатели следует рассчитывать?

2. Основные элементы, которые должны быть включены в технологию возделывания любой полевой культуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алпатьев А.М. Биоклиматический метод обоснования водного баланса растений и использование его в земледелии. В сб. Водный режим растений в засушливых районах СССР. – М.: Изд. АН СССР, 1961.

2. Афендулов К.П., Лантухова А.И. Удобрения под планируемый урожай. – М.: Колос, 1978.

3. Журбицкий З.И. Удобрения под планируемый урожай // Земледелие. – 1971. – №10.

4. Каюмов М.К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. – М.: Агропромиздат, 1989.

5. Каюмов М.К. Справочник по программированию урожаев. – М.: Агропромиздат, 1989.

6. Климин М.Н. Основные пути дальнейшего повышения рентабельности сельхозпроизводства и укрепления экономики совхозов и колхозов края // Кн. Пути повышения рентабельности сельхоз производства колхозов и совхозов Красноярского края. – Красноярск, 1964.

7. Листопад Г.Е. и др. Программирование урожая // Тр. Волгоградского СХИ.– Т. 5. – 1975.

8. Можаев Н.И. Основы программирования урожаев. Кормопроизводство: Учеб. пособие. – Алма-Ата: Кайнар, 1986. – С. 142-155.

9. Можаев Н.И. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. Растениеводство: Учебник. – Акмола, 1996.

10. Можаев Н.И. Люцерна на корм и семена. – Алма-Ата: Кайнар, 1981. – 128 с.

11. Можаев Н.И. Методика программирования урожайности полевых культур. Практикум по растениеводству: Учеб. пособие. – Астана, 2003. – С. 36-67.

12. Можаев Н.И., Серикпаев Н.А. Теоретические основы разработки интенсивных технологий и получения максимально возможного уровня урожайности. Практикум по кормопроизводству: Учебное пособие. – Астана, 2007. – С. 56-88.

13. Можаев Н.И., Серикпаев Н.А. Кормопроизводство: Учебник. – Астана, 2007.

14. Можаев Н.И., Серикпаев Н.А. Практикум по кормопроизводству: Учеб. пособие. – Астана, 2007.

15. Можаев Н.И. Площадь листовой поверхности и урожай кукурузы // Кукуруза. – 1966. – №8.

16. Можаев Н.И. Площадь питания и урожай кукурузы в лесостепи Красноярского края // Кукуруза, 1969. – №2.

17. Можаев Н.И. Севообороты Ужурской опытной станции // Труды, ЦСХИ. – Т.5 – Красноярск: НИИСХ, 1969. – С. 14-21.

18. Можаев Н.И., Лузько А.Т. Особенности развития корневой системы люцерны на темно-каштановой почве в зависимости от возраста растений при разных способах посева // Тр. ЦСХИ. – Т.12. – Вып. 7. – 1975. – С. 98-103.

19. Можаев Н.И. Площади питания многолетних трав// Сибирский вестник сельхознауки. – 1977. – № 5. – С. 32-36.

20. Можаев Н.И. Влияние минеральных удобрений на формирование фотосинтетического потенциала и урожайность многолетних трав // Труды ЦСХИ. – Т.1. – Целиноград, 1978. – С. 116-125.

21. Можаев Н.И. Водопотребление, вынос элементов минерального питания и урожай многолетних трав при разном уровне минерального питания // Труды ЦСХИ. – Т. 24, 1979. – С. 26-29.

22. Можаев Н.И. Фотосинтетическая деятельность многолетних трав в полевых условиях // Труды ЦСХИ. – Т. 24, 1979. – С. 48-53.

23. Можаев Н.И. Расход влаги многолетними травами в зависимости от агротехники//Корма, 1979. – №2. – С. 9-10.

24. Можаев Н.И. Некоторые агротехнические и биологические основы программирования урожаев многолетних трав // Труды ЦСХИ. – Т. 34. 1981.– С. 48-54.

25. Можаев Н.И. Создание посевов оптимальной структуры при программировании урожаев. В кн.: Природопользование Северного Казахстана. – Алма-Ата: Кайнар, 1983. – С. 116-125.

26. Можаев Н.И. Формирование оптимального агрофитоценоза для получения запрограммированных урожаев люцерны // Тр. ЦСХИ. – Т. 52, 1983. – С. 3-17.

27. Можаев Н.И. Программирование урожаев культур и основные пути внедрения его элементов в производственную практику // Тр. ЦСХИ. – Т.65, 1985. – С. 3-18.

28. Можаев Н.И. Сравнительная оценка звеньев специализированных кормовых севооборотов при орошении и без орошения // Труды ЦСХИ. – Т. 72. 1986. – С. 44-51.

29. Можаев Н.И. Сравнительная оценка кормовых севооборотов, насыщенных многолетними травами // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 1988. – №12. – С. 36-38.

30. Можаев Н.И. Промежуточные посевы в кормовых севооборотах – резерв увеличения производства кормов // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 1989. – №6. – С. 21-22.

31. Можаев Н.И. Возможности программирования посевов кормовых культур оптимальной структуры в зависимости от влагообеспеченности // Мат. Всесоюзн. научн.-техн.конф. – Волгоград, 1990 – С. 31-33.

32. Можаев Н.И., Лазник Э.Ф., Можаев А.Н. Интенсивные технологии в кормопроизводстве и себестоимость кормов // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 1991. – №7. – С. 14-18.

33. Можаев Н.И. Особенности формирования урожая многолетних трав и основные пути интенсификации полевого травосеяния в Северном Казахстане: Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. – Новосибирск, 1991.

34. Можаев Н.И. Экономическая эффективность возделывания кормовых культур при разном уровне интенсификации // Труды АСХИ. – 1994. – С. 3-11.

35. Можаев А.Н. Состояние и резервы кормопроизводства в Целиноградском районе // Труды ЦСХИ, 1990. – С. 30-36.

36. Можаев А.Н. Опыт интенсификации кормопроизводства на орошаемых землях // Труды ЦСХИ, 1986.

37. Можаев А.Н. и др. Зеленый конвейер в совхозе им. М. Маметовой Целиноградского района. Интенсивные технологии в кормопроизводстве в Северном Казахстане. – Акмола, 1994. – С. 14-19.

38. Можаев Н.И., Серикпаев Н.А. Роль биологического азота в повышении урожайности полевых культур // Вестник науки Казахского агроуниверситета. Т. 2. – №1.– Астана, 2001. – С. 6.

39. Минеев В.Г. Агрохимия. – М.: Изд-во МГУ, 1990.

40. Ничипорович А.А. и др. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. – М., 1981.

41. Предварительные итоги первой национальной сельскохозяйственной переписи. Растениеводство Казахстана. – Т. I, II, III. – Астана, 2007.

42. Прянишников Д.Н. Азот в жизни растений и в земледелии //Избранные сочинения. – Т. II. – Москва, 1953.

43. Прянишников Д.Н. Частное земледелие (растения полевой культуры). – Т. 1. – М., 1963.

44. Радов А.С. Теоретические основы агрономической химии и особенности применения удобрений в Нижнем Поволжье. – Волгоград, 1974.

45. Савицкий М.С. Структура высоких урожаев озимой пшеницы в условиях БССР // Сб. Теоретические основы формирования высоких урожаев зерновых культур. – Т. 103. – Горки, 1973.

46. Серикпаев Н.А. Влияние инокуляции и удобрений на накопление биологического азота корневыми системами бобовых культур при орошении и без орошения/Вестник сельскохозяйственной науки ААУ. – Акмола, 1995, №4. – С. 61-62.

47. Серикпаев Н.А. Особенности формирования урожая бобовых культур в зависимости от накопления биологического азота при инокуляции семян на фоне минеральных удобрений при естественном увлажнении и поливе и последействие на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в сухостепной зоне Северного Казахстана. – Астана, 1998.

48. Серикпаев Н.А. Роль многолетних и однолетних культур в повышении плодородия почвы/Вестник науки ААУ им. С. Сейфуллина. – Т. 2. – №3. – Астана, 2004. – С. 54-59.

49. Серикпаев Н.А. Теоретические и практические основы травосеяния на выведенной из-под посевов пашне в сухостепной зоне Северного Казахстана // Автореферат на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. – Астана, 2009.

50. Синягин И.И. Агротехнические условия высокой эффективности удобрений. – М., 1968.

51. Сулейменов М.К. Агротехника яровой пшеницы. – Алма-Ата: Кайнар, 1991.

52. Теоретические основы построения и освоения кормовых севооборотов. – М., 1987.

53. Шатилов И.С. Принципы программирования урожайности // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1973, №3.

54. Шатилов И.С., Каюмов М.К. Как получить запрограммированный урожай пшеницы // Сельское хозяйство России, 1970, №12.

55. Ягодин Б.А., Смирнов П.М., Петербургский А.В. и др. Агрохимия. под ред. Б.А. Ягодина. – М.: Агропромиздат, 1989.

56. Feldbuch, 95/96. – Einbeck, 1995.

57. Mais Anbauplaner. Mitteldeutschland. – Einbeck, 2006.

Серия «Высшее образование»

Можаев Николай Иванович
Серикпаев Нурлан Амангельдинович
Стыбаев Гани Жасымбекович

ПРОГРАММИРОВАНИЕ УРОЖАЕВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Учебное пособие

Редактор Г. Турлибекова
Технический редактор Э. Заманбек
Художественный редактор Ж. Казанканов
Корректор А. Шаяхметова
Компьютерная верстка Э. Заманбек