

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ РОСТОВСКИЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР» (ФГБНУ ФРАНЦ)



АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НОВЫХ СОРТОВ ГОРОХА В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Монография

п. Рассвет, 2022 г.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ РОСТОВСКИЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»
(ФГБНУ ФРАНЦ)**



АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НОВЫХ СОРТОВ ГОРОХА В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

(Монография)



п. Рассвет, 2022

УДК: 633.358:631.582:631.445.4

ББК 42.113

А 76

А 76 Агробиологические особенности возделывания новых сортов гороха в Ростовской области: монография/ Н.Н. Вошедский, И.Н. Ильинская, Н.А. Коробова, В.А. Кулыгин, С.В. Пасько, А.В. Федюшкин, Э.А. Гаевая, С.А. Тарадин, М.И. Рычкова – п. Рассвет: ФГБНУ ФРАНЦ: Изд-во ООО «АзовПринт», 2022. – 156 с.
ISBN 978-5-6048735-8-8

Ответственный редактор И.Н. Ильинская, доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник ФГБНУ ФРАНЦ.

В сборе экспериментального материала принимали участие А.В. Мищенко и Е.Н. Нежинская

Рецензенты:

Балакай Г.Т., доктор с.-х. наук, профессор, ФГБНУ «РосНИИПМ».
Романов Б.В., кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и генетики с.-х. культур ФГБНУ ФРАНЦ

Агробиологические особенности возделывания новых сортов гороха селекции ФГБНУ ФРАНЦ разработаны на основании результатов научных исследований, проведённых в 2019-2021 гг. на опытных стационарах отдела земледелия и растениеводства ФГБНУ ФРАНЦ, где изучалось влияние способов обработки почвы, норм высева семян и уровней минерального питания растений на продуктивность, водопотребление, качество урожая и эффективность изученных элементов агротехники, а также обзора литературных источников ведущих научных учреждений РФ.

Монография предназначена для руководителей и специалистов агрономической службы сельскохозяйственных предприятий всех форм собственности, научных сотрудников и студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений.

Монография рассмотрена и одобрена на заседании секции Объединённого учёного совета по научно-методической работе и редакционно-издательской деятельности ФГБНУ ФРАНЦ. Протокол № 3 от 1 декабря 2022 г.

ISBN 978-5-6048735-8-8

© Федеральный Ростовский аграрный научный центр, 2022.

© Оформление. Макет. Издательство ООО «АзовПринт», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА КУЛЬТУРЫ И ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ	7
1.1 Морфология и биология гороха.....	7
1.2 Место в севообороте.....	14
1.3 Приёмы подготовки почвы.....	15
1.4 Способы посева и нормы высева семян.....	26
1.5 Применение удобрений.....	29
1.6 Система защиты растений.....	39
2 ОБОСНОВАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И УСЛОВИЯ ИХ ПРОВЕДЕНИЯ	59
2.1 Обоснование исследований.....	59
2.2 Схема опытов и методика исследований.....	62
2.3 Почвенно-климатические и погодные условия проведения исследований.....	79
3 ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НОВЫХ СОРТОВ ГОРОХА В УСЛОВИЯХ ПЛАКОРНОГО ЛАНДШАФТА	74
3.1 Запасы продуктивной почвенной влаги при возделывании новых сортов гороха на плакорных землях.....	74
3.2 Урожайность новых сортов гороха на плакорных землях в зависимости от способа обработки почвы, нормы высева семян и фона минерального питания.....	77
3.3 Особенности водопотребления гороха на плакорных землях.....	81
3.4 Элементы продуктивности новых сортов гороха в зависимости от нормы высева семян и фона минерального питания.....	83
3.5 Урожайность гороха на плакорных землях в зависимости от нормы высева семян и нормы удобрений.....	92

3.6	Химический состав растений гороха в зависимости от норм минеральных удобрений	96
3.7	Содержание белка в зерне гороха в зависимости от норм минеральных удобрений	98
4 ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НОВЫХ СОРТОВ ГОРОХА НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ		100
4.1	Агроэкологические свойства почвы при возделывании гороха на эродированных землях	100
4.2	Эрозионная устойчивость почв на склоне и система почвозащитных мероприятий	107
4.3	Почвенные влагозапасы и водный баланс посевов на склоне	110
4.4	Урожайность, качество урожая и засорённость посевов гороха на эродированном склоне	114
5 АГРОХИМИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НОВЫХ СОРТОВ ГОРОХА НА ПЛАКОРНЫХ И ЭРОДИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ		120
5.1	Агрохимическая и экономическая эффективность возделывания новых сортов гороха на плакорных землях	120
5.2	Агрохимическая и экономическая эффективность возделывания новых сортов гороха на эродированных землях	129
5.3	Сравнительная оценка экономических показателей при возделывании гороха на плакорных и склоновых землях	132
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		134
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ		138

ВВЕДЕНИЕ

Горох занимает примерно 80 % всех посевных площадей зернобобовых культур в России, что составляет на 2021 год 1 445 тыс. га. В первой половине 2021 года поставки российского гороха на международные рынки составили 431,4 тыс. т – на 39,4 % больше, чем годом ранее [1].

Вследствие более высокой урожайности новых сортов валовой сбор зерна гороха по сравнению с предшествующей пятилеткой (2011-2015 гг.) вырос почти в 1,7 раза и составил в 2020 году 2,7 млн т [2].

Горох в сельском хозяйстве имеет продовольственное, кормовое и агротехническое значение. Ценность зерна гороха обусловлена богатым содержанием в нем белка (23-30 %), углеводов, минеральных солей, разных витаминов, необходимых для питания человека и животных. Усвояемость их организмом человека – 83-87 %, то есть лишь немногим ниже усвояемости белков животного происхождения (мяса, рыбы и др.). Зелёный горошек содержит 25-30% сахаров, витамины А, В₁, В₂ и С, минеральные вещества [3].

Горохово-злаковые смеси выращиваются на силос, зелёный корм и сено: 1 кг зеленой массы равен 0,13 кормовым единицам и содержит 25 г переваримого протеина. Измельчённое зерно, полосу и зелёную массу применяют в животноводстве в качестве корма для скота.

В современных рыночных условиях зерно гороха имеет высокий и стабильный спрос. Растения гороха обладают способностью к азотфиксации: на 1 га посевов может оставаться до 50-70 кг/га азота. В севообороте служит хорошим предшественником для многих сельскохозяйственных культур. Благодаря короткому вегетационному периоду хорошо подходит в качестве промежуточной, парозанимающей культуры или зелёного удобрения [3].

Получение высоких, устойчивых урожаев гороха – актуальная задача, стоящая перед сельскохозяйственным производством. Однако отмечаемое в последние десятилетия усиление аридности климата и повышение температуры воздуха в летние месяцы до +40°C, создают неблагоприятные условия для выращивания гороха, выращивание ко-

того в зоне недостаточного увлажнения становится низкорентабельным [3].

По данным Минсельхоза Ростовской области, посевные площади гороха расположены преимущественно в юго-западных районах и составляют в целом по области около 104-135 тыс. га, что составляет до 10 % от общей площади посевов по стране. При этом в среднем по области фактическая урожайность гороха на Дону, в зависимости от влагообеспеченности года, составляет 13-19 ц/га, что значительно ниже потенциальных показателей. Среди причин низкой урожайности гороха – недостаточное внимание к этой ценной высокобелковой культуре, слабое внедрение в производство достижений науки, новых, урожайных сортов. В связи с этим, актуальным является совершенствование ключевых элементов технологии возделывания новых сортов гороха с целью оптимизации факторов, способствующих получению высокой, устойчивой урожайности культуры.

Одним из путей увеличения продуктивности гороха является внедрение в производство новых высокоурожайных сортов, обладающих устойчивостью к неблагоприятным условиям среды. Для реализации их высокой потенциальной продуктивности необходимы современные, адаптированные к конкретным условиям засушливого климата технологии возделывания с учётом особенностей сорта, которые позволяют проявить его потенциальные возможности. В связи с этим, объектом наших исследований являются новые сорта гороха Сотник и Премьер селекции ФГБНУ ФРАНЦ.

В то же время при выращивании зернобобовых культур в аридных условиях как на плакорных, так и на склоновых землях возникают вопросы предотвращения и снижения эрозионных процессов, которые могут быть решены с помощью совершенствования агротехнологий данных культур.

Цель проведённых исследований состоит в установлении оптимального сочетания ключевых элементов технологии и особенностей возделывания новых сортов гороха Сотник и Премьер на плакорных (равнинных) и эродированных землях в условиях приазовской зоны Ростовской области.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА КУЛЬТУРЫ И ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

1.1 Морфология и биология гороха

Горох (род *Pisum* L.) относится к семейству бобовых. Наиболее распространены два вида: горох посевной (*Pisum sativum* L.) и горох полевой (*Pisum arvense* L.). Первый белоцветковый, второй с окрашенным цветком. Оба вида, кроме того, подразделяются на сорта зерновые, основная продукция которых зерно, и кормовые: укосные и зерноукосные, которые можно выращивать как на зелёную массу, так и на зерно.

Горох – однолетнее травянистое растение со слабыми лазящими стеблями. Корневая система стержневая, проникающая на глубину 1-2 м. Многочисленные боковые корни размещаются преимущественно в хорошо разрыхленном пахотном слое почвы, оптимальная плотность которой для нормального развития корневой системы должна составлять 1-1,3 г/см³. На корнях в местах проникновения в них азотфиксирующих бактерий образуются клубеньки, способные усваивать азот из воздуха и переводить его в доступное и для других растений состояние (рисунок 1).



Рисунок 1 – Общий вид растений гороха.

Стебель у гороха округлый, неясно четырёхгранный, внутри полый, простой или штамбовый, который правильнее называть фасциированный [4]. До полного налива зёрен стебель поддерживается в вертикальном положении, к созреванию у большинства сортов слабо или сильно полегают. В настоящее время созданы сорта, которые имеют оптимальное соотношение между чередующимися листовыми пластинами и усиками, что обеспечивает высокую устойчивость растений к полеганию и развитую листовую поверхность за счёт увеличения площади прилистников [3].

Лист у гороха сложный. У облиственных форм состоит из черешка и 2-3 пар листочков, за которыми следует непарное число усиков. С помощью усиков горох цепляется за любую опору, благодаря чему полегающий стебель приобретает способность расти в вертикальном положении. У безлисточковых (усатых) растений лист состоит из черешка, переходящего в многократно разветвлённую главную жилку, и заканчивается усиками. Листочков не имеет.

Место прикрепления черешка листа и прилистника к стеблю называется узлом, а участок стебля между узлами междоузлием. Прилистник крупнее листочков, имеет полусердцевидную форму с зубчатым краем.

Цветонос отходит от пазухи прилистников, несёт 2-3, реже – более цветков. Соцветие гороха – кисть, у фасциированных форм – ложный зонтик. Цветки неправильные, мотылькового типа, состоят из пяти лепестков: паруса, двух крыльев и лодочки, образованной в результате срастания двух лепестков. В цветке 10 тычинок и один пестик с одногнёздной завязью и несколькими семяпочками.

Плод гороха – боб, состоящий из двух створок. Бобы имеют различную форму и размер; обычно цилиндрические, выпуклые во время налива, с коротким изогнутым клювиком. Семена различного размера, формы и окраски, состоят из зародыша и семенной кожуры. Прорастают за счёт эпикотелиальной ткани и поэтому не выносят семядоли на поверхность почвы; легко переносят глубокую заделку, что даёт возможность проведения довсходового и послевсходового боронования.

Биологические особенности культуры характеризуют её отношение к условиям выращивания. Горох – светолюбивая культура. При недостатке света наблюдается сильное угнетение растений. Еще

в 20-х годах прошлого столетия сотрудниками ВИРа было выявлено, что большинство возделываемых в России сортов гороха относится к растениям длинного дня [6]. Необходимо отметить, что скороспелые сорта, как правило, слабее реагируют на продолжительность дня по сравнению с позднеспелыми [7].

На рост и урожайность гороха большое влияние оказывают погодные условия вегетационного периода. В годы с избыточным увлажнением и низкими температурами вегетативная масса растёт более интенсивно, а созревание семян затягивается. В итоге вегетационный период сорта значительно удлиняется.

Горох относительно малотребователен к теплу. При наличии влаги семена начинают прорасти при достаточно низкой температуре (+1-2°C), но в таком холоде нарушается нормальный ход морфогенеза. Прорастание идёт очень медленно. Период от посева до появления всходов сильно растягивается, а всходы получаются ослабленными. Дружнее прорастают семена при более высоких температурах – порядка 12-15°C, а при стабильных дневных температурах 18-25°C продолжительность прорастания семян резко сокращается и составляет всего 5-7 дней. Максимальные температуры, выше которых прорастание семян вообще приостанавливается, +30-35°C [5].

Всходы большинства сортов гороха переносят кратковременное понижение температуры воздуха до минус 6-7°C. По мере роста растения теряют свойство холодостойкости. Наиболее чувствительны к заморозкам зелёные бобы, они повреждаются уже при температуре 2°C. Установлено, что воздействие низких положительных температур и заморозков на растения, даже при отсутствии видимых повреждений, вызывает увеличение продолжительности вегетационного периода и снижение урожая зерна [7]. Как при низкой (ниже +10°C), так и при высокой (+35°C) температуре, возрастает степень поражения высеянных семян гнилостными и другими микроорганизмами, что приводит к резкому снижению их полевой всхожести.

Формирование генеративных органов и цветение проходят нормально при среднесуточной температуре воздуха +6-7°C и дневной максимальной – 8-20°C. Наиболее благоприятна для образования генеративных органов температура 16-20°C, для развития бобов и налива семян 18-22°C. Повышение температуры воздуха выше 25°C, осо-

бенно при сухой погоде, сокращает время цветения гороха и, в целом, вегетационного периода, действует отрицательно на количество и качество урожая [8].

Горох предъявляет повышенные требования к влаге, особенно в первый период своего развития. Для набухания и прорастания семян гороха, содержащих большое количество белков, требуется воды 100-110 % от их массы. В последующие периоды вегетации требования к влаге несколько снижаются.

Н.М. Вербицкий установил, что в развитии растений гороха можно выделить два критических периода по реакции на недостаток влаги. Первый примерно через 10-25 дней после появления всходов (у раннеспелых и среднеспелых сортов в фазе 5-6 листьев, у позднеспелых – 10-12), когда начинают закладываться цветочные бугорки. Второй – в период бутонизации – цветения, когда происходит реализация заложенных в растении потенциальных возможностей [8].

В зависимости от сорта, а также погодных условий, период дифференциации генеративных органов длится до 16 дней. В условиях засухи продолжительность данного периода резко сокращается. Соответственно уменьшается и число цветочных бугорков. Следовательно, на данном этапе развития растения наиболее требовательны к условиям произрастания, и выполнение соответствующих агротехнических мероприятий (внесение фосфорных удобрений при посеве, боронование всходов с целью борьбы с сорняками и предотвращения испарения влаги из почвы) будет способствовать увеличению числа генеративных органов [8].

Вегетативный рост растений наиболее интенсивно протекает в период от бутонизации до цветения. Прирост зелёной массы достигает максимума в фазу образования бобов. Установлено, что чем благоприятнее погодные условия (температура, влажность, освещение) и питательный режим в этот период, тем продолжительнее цветение, тем больше разовьётся цветков и сформируется бобов. При недостатке влаги, повышенной среднесуточной температуре воздуха (выше 22°C) развивается только часть бутонов, остальные редуцируются, опадают, не достигая нормального развития [6]. Кроме того, снижается завязываемость бобов, часть семян в них остаётся недоразвитой, уменьшается масса 1000 семян.

Несмотря на то, что горох не является засухоустойчивой культурой, благодаря развитию довольно глубокой корневой системы его можно возделывать в относительно засушливых условиях. В южных районах горох без полива даёт удовлетворительный урожай при выпадении осадков в мае – июне не ниже 130-140 мм [2]. Для нормального роста и развития растений гороха оптимальная влажность почвы должна составлять не менее 80 % полевой влагоёмкости.

Особых требований к почвам горох не предъявляет, чем в определённой мере объясняется широкий ареал его распространения. Однако почвы кислые, засоленные, тяжёлые глинистые, низменные, с близким стоянием грунтовых вод, непригодны для возделывания гороха.

Горох, как и другие бобовые культуры, обладает способностью связывать атмосферный азот с помощью клубеньковых бактерий и накапливать в семенах и вегетативных органах большое количество белковых веществ [5, 9, 10]. На сильно уплотнённых почвах корни растений располагаются поверхностно, глубокое их проникновение сводится к минимуму. В таких условиях подавляется деятельность клубеньковых бактерий, которые очень чувствительны к плохой аэрации почвы и повышенной кислотности среды, и горох из азотонакопителя может превратиться в азотопотребитель [9].

Наиболее высокие урожаи он обеспечивает на чернозёмах или окультуренных разновидностях других почв, среднесвязанных суглинках и супесях, широко обеспеченных влагой и воздухом, богатых гумусом, фосфором, калием, с рН солевой вытяжки 6,8-7,4.

Основной особенностью питания гороха является фиксация азота воздуха за счёт клубеньковых бактерий. Лучшим условием для азотфиксирующей деятельности является увлажнение почвы в пределах 40-80 % от полной влагоёмкости, температура до 23°C и реакция среды не ниже рН = 4 и не выше рН = 11.

Азот поступает в растение в течение всей вегетации. Но критический период потребности в нём – от всходов до бутонизации. Нормальное азотное питание способствует усилению синтеза белка, росту листьев, образованию большей ассимиляционной поверхности. Недостаток азота ведёт к слабому росту, вызывает угнетение растений, избыток удлиняет период вегетации, усиливает полегаемость, восприимчивость к ряду болезней и вредителей.

Горох отличается высокой интенсивностью поглощения фосфора. Около 50-60 % общего содержания этого элемента приходится на долю корневой системы. Особенностью гороха является более высокая по сравнению со злаками усвояемость труднорастворимых фосфатов. Большое влияние на фосфорный обмен оказывает калий. При низком содержании калия в почве он почти полностью используется к началу цветения, при высокой обеспеченности – усвоение его продолжается до конца вегетации.

Агротехническое значение гороха состоит в том, что он, как и другие зернобобовые культуры, обеспечивает большой сбор растительного белка с единицы посевной площади, меньше истощает почву азотом, чем другие культуры. И хотя весь симбиотически фиксированный азот воздуха отчуждается с урожаем, с его органическими остатками в поле все же остаётся больше азота, чем с органическими остатками небобовых. Поэтому горох является отличным предшественником для последующих культур.

Урожайность, как и содержание белка в семенах гороха, зависят от ряда факторов: агрохимических показателей почвы, влагообеспеченности растений, района выращивания и т.д., и, что немаловажно, от генотипа сорта.

В настоящее время создан ряд принципиально новых форм гороха, приспособленных для современного сельскохозяйственного производства. Они отличаются устойчивостью к полеганию, равномерным созреванием и высоким потенциалом семенной и биологической продуктивности [11].

К таким генотипам относятся созданные в ФГБНУ ФРАНЦ современные сорта Премьер и Сотник [12].

Сорт гороха Премьер®. Оригинатор: ФГБНУ ФРАНЦ. Разновидность – вульгаре, подразновидность – вульгаре. Растения обычной формы. Стебель зелёный, высотой 65-113 см. Лист простой усатый, листочки отсутствуют, усиков много. Прилистники крупные, сердцевидной формы, зелёные. Соцветие – двухцветковая пазушная кисть. Цветонос средний, тёмно-зелёной окраски. Цветки белые, крупные. Лодочка обыкновенная. Бобы луцильного типа, слабоизогнутые с тупой верхушкой, пергаментный слой сильно развит. Семена округлые, средние, жёлто-розовые, гладкие, матовые, рубчик светлый (рисунок 2).



Рисунок 2 – Семена гороха сорт Премьер.

Среднеспелый. Устойчивость к осыпанию семян и полеганию растений – высокая. Засухоустойчивость выше средней. Масса 1000 семян – 183-258 г. Содержание белка – 22,8-27,1 %. Хорошая кулинарная оценка. Ценный по качеству. Сорт зернового направления. Высокоурожайный, высокотехнологичный. Максимальная урожайность получена в Курской области в 2017 году – 55,2 ц/га. Устойчивость к болезням (корневым гнилям, аскохитозу, мучнистой росе, ржавчине) и вредителям на уровне стандарта.

Включен в Госреестр по Волго-Вятскому, Центрально-Чернозёмному и Северо-Кавказскому регионам России [12]. Патент на селекционное достижение № 10601.

Сорт гороха Сотник ®. Оригинатор: ФГБНУ ФРАНЦ. Разновидность – вульгаре, подразновидность – вульгаре. Растения обычной формы. Стебель зелёный, высотой 69-110 см, опушение отсутствует. Лист простой усатый, листочки отсутствуют, усиков много. Прилистники крупные, сердцевидной формы, зелёные. Соцветие – двухцветковая пазушная кисть. Цветонос средний, темно-зеленой окраски. Цветки крупные, окраска паруса от белой до кремовой. Лодочка обыкновенная. Бобы лущильного типа, прямые или с очень слабым изгибом, с тупой верхушкой, пергаментный слой сильно развит. Семена округлые, средние, жёлто-розовые, гладкие, матовые, рубчик светлый (рисунок 3).



Рисунок 3 – Семена гороха сорт Сотник.

Среднеспелый. Вегетационный период – 67-78 дней. Устойчивость к полеганию и осыпанию – высокая. Засухоустойчивость выше средней. Масса 1000 семян – 181-255 г. Содержание белка – до 25 %. Вкусовые качества хорошие. Максимальная урожайность получена в 2017 году в Ростовской области и Ставропольском крае – 48,8 ц/га. Сорт зернового направления, высокоурожайный. Пригоден к прямому комбайнированию. Устойчивость к болезням (корневым гнилям, аскохитозу, мучнистой росе, ржавчине) и вредителям на уровне стандарта [12].

Допущен для возделывания по Волго-Вятскому и Северо-Кавказскому регионам России. Патент на селекционное достижение № 10479.

При правильном размещении по почвенно-климатическим зонам области и строгом выполнении технологии выращивания эти сорта могут давать урожаи зерна в 1,5-2 раза выше современного уровня.

1.2 Место в севообороте

Возделывание гороха по интенсивной технологии требует размещения его по лучшим, хорошо удобренным предшественникам (зерновые колосовые, кукуруза на силос, кукуруза на зерно, картофель и т.д.). Не следует размещать горох после других зернобобовых

культур и многолетних бобовых трав, а также возвращать горох на поле севооборота ранее, чем через 5-6 лет, из-за опасности поражения вредителями и болезнями.

В степной зоне горох не следует размещать после подсолнечника, сильно иссушающего почву. Кроме того, всходы падалицы подсолнечника снижают урожай гороха и затрудняют его уборку. В районах с достаточным количеством тепла, горох используют как парозанимающую культуру для озимых [13,14]. В зависимости от климатических условий горох необходимо размещать на разных по рельефу участках: в засушливых условиях отводить под него пониженные и относительно увлажнённые места, где он меньше страдает от засухи. Горох, как и некоторые другие виды бобовых, не выносит повторных посевов [1].

1.3 Приёмы подготовки почвы

Обработка почвы. Правильная обработка почвы в значительной степени определяет величину урожая. Минимальные обработки во всех разновидностях (нулевая, поверхностная, мелкая отвальная и безотвальная) не могут являться системами обработки в севооборотах любого региона страны. Они могут быть применены как способы основной обработки почвы под отдельные культуры в сочетании с отвальными или безотвальными обработками в севообороте. При несоблюдении этих условий неизбежно снижение урожайности сельскохозяйственных культур, повышение засорённости агроценозов, увеличение эрозионных процессов и ухудшение агрофизических свойств почвы [16].

Технология возделывания гороха на зерно разработана многими авторами, в том числе Е.В. Агафоновым, В.А. Алабушевым, А.И. Шабаяевым, Ю.Н. Плескачевым, В.М. Новиковым [17-22].

Однако вопросы способа основной обработки почвы под горох остаются до сих пор дискуссионными. Одни исследователи считают, что под горох лучше пахать [23], другие отдают предпочтение безотвальной обработке [24], третьи говорят, что в полях севооборотов под горох эффективна разноглубинная обработка почвы [25].

Существуют и предложения перехода к минимальной обработке почвы под горох вплоть до отказа от неё и использования технологий прямого посева этой культуры по стерне [26-28].

По мнению В.И. Турусова и др. (2019), на почвах, сформированных на покровных суглинках, не рекомендуются минимальные и нулевые обработки почвы, так как такие почвы обладают слабой водопроницаемостью и склонны к заплыванию. На лёссах же, характеризующихся хорошей водопроницаемостью, напротив, минимальная или нулевая обработка почвы наиболее приемлема. На солонцовых почвах южного и юго-восточного агроэкологических районов наиболее эффективна мульчирующая разноглубинная система основной обработки почвы, включающая одну глубокую на 30-32 см отвальную обработку в севообороте и остальные, в том числе и под горох, на глубину 18-20 см [29].

В агроэкологических районах с относительно достаточной обеспеченностью атмосферными осадками (северном, северо-западном, восточном) преимущественным способом основной обработки под зернобобовые культуры является вспашка. В более засушливых и эрозивно-опасных районах (южном, юго-восточном и юго-западном) с экономической и экологической точек зрения на склонах от 2 до 5° наиболее целесообразна безотвальная основная обработка почвы. Во избежание плоскостной эрозии при наступлении устойчивых заморозков, на массивах с такой обработкой почвы проводится щелевание поперек склона с расстоянием между лентами 8-10 м. Интенсивные технологии целесообразно внедрять на плакорных типах земель, нормальные – на землях различных склонов до 3° [29].

Общепринято, что обработку почвы под посев гороха лучше всего проводить такую же, как для ранних яровых культур: лушение стерни (дискование) в один-два следа, вспашка, осеннее выравнивание зяби; весной – закрытие влаги и предпосевная культивация. Глубокая вспашка (до 25-27 см) разрыхляет почву, способствует лучшему накоплению влаги и хорошей аэрации, что позитивно отражается на развитии клубеньковых бактерий, от которых зависит урожайность культуры.

По данным исследований, проведённых в условиях северной лесостепи Тюменской области, по изучению влияния основной и послепо-

севной обработки почвы на сохранность и урожайность гороха был выявлен наилучший вариант. Наибольшая урожайность гороха – 3,02 т/га получена по отвальной вспашке. По мелкой безотвальной обработке урожайность снизилась по отношению к отвальной на 0,36 т/га [30].

При изучении урожайности гороха на делянках опыта с разными способами основной обработки (отвальная вспашка на глубины 20-22, 25-27 и 14-16 см, безотвальная вспашка на глубину 14-16 см, комбинированная, разноглубинная отвальная, разноглубинная безотвальная, поверхностная на глубину 6-8 см и нулевая обработки) заложенного в НИИ сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева в 2015-2016 гг. с применением минеральных удобрений ($N_{60}P_{60}K_{60}$) и на неудобренном фоне установлено, что наиболее высокий урожай гороха как на удобренном фоне, так и без применения удобрений, был отмечен в вариантах вспашки на 25-27, 20-22 и 14-16 см, и при разноглубинной отвальной обработке [31].

Особенно высокой была урожайность гороха в варианте с глубокой вспашкой на 25-27 см на удобренном фоне. Наименьшие величины урожайности гороха получены в вариантах с нулевой, разноглубинной безотвальной и поверхностной обработкой. Самой низкой урожайностью этой культуры характеризовалась нулевая обработка [31].

В.М. Белоусов отмечает, что важнейшим направлением ресурсосбережения является замена отвальной вспашки на площади пахотных земель в системе основной обработки почвы чизелеванием или дискованием, а также применение комбинированных агрегатов, совмещающих за один проход несколько операций [32]. По его мнению, наиболее доступным приёмом снижения затратности и повышения эффективности обработки почвы в севообороте является комбинированная система с 50 % отвальной вспашки и 50 % чизельной, что позволит обработку почвы и посев произвести в оптимальные сроки [33]. В Нечернозёмной и Центрально-Чернозёмной зонах поля обрабатывают также комбинированными агрегатами [34].

Л.А. Булавиным с соавторами [35] установлено, что на высокоокультуренной дерново-подзолистой почве вспашка и чизелевание существенно не различались по влиянию урожайности гороха.

Во ВНИИ зернобобовых и крупяных культур на тёмно-серой лесной среднесуглинистой почве горох сорта Софья экономически наи-

более выгодно возделывать при применении вспашки в сравнении с поверхностной обработкой почвы на глубину 10-12 см [36].

В условиях Волго-Вятского региона Нижегородской области в зерновом севообороте: горчица на семена – озимая пшеница – соя – яровая пшеница – горох – овёс, наилучшей являлась чизельная основная обработка почвы на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ [37]. В условиях лесостепи Поволжья полученные в опытах результаты по обработке почвы под горох также различаются. Так, в Ульяновском НИИСХ на чернозёмах установлена эффективность проведения под горох глубокого безотвального рыхления [38]. Положительное влияние на горох безотвальной обработки почвы по сравнению с отвальной вспашкой установлено исследованиями на серой лесной почве Предкамья Татарии. В то же время для районов Среднего Поволжья предлагается применение под эту культуру отвальной основной обработки [39].

Э.Б. Медведев утверждает, что учёт урожайности полевых культур не выявил преимущества отвальной обработки почвы в сравнении с безотвальной [40].

Проведены исследования в длительном стационарном опыте на чернозёме типичном, где горох возделывался в зернопропашном севообороте со следующим чередованием культур: горох, озимая пшеница, сахарная свёкла, кукуруза на силос, ячмень. В опыте изучали три способа основной обработки почвы: отвальную вспашку на глубину 20-22 см, безотвальную обработку на ту же глубину и дискование на глубину 6-8 см. Наибольший уровень чистого дохода получен по вспашке, наименьший – по безотвальной обработке, минимальная обработка заняла промежуточное положение. Так, от вспашки на абсолютном контроле было получено 12,8 тысяч рублей с гектара, от минимальной обработки – 12,4, а безотвальной – 11,9 [41].

Опытами С.М. Лубенцова [42] в условиях юго-западной части ЦЧЗ при возделывании гороха на чернозёме типичном целесообразно применять вспашку на глубину 24-25 см с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{50}P_{70}K_{40}$. В.Д. Соловиченко и другие авторы пишут, что средний урожай по отвальной вспашке составил 2,04 т/га, по безотвальной обработке – 1,98 т/га, по минимальной обработке – 2,02 т/га [43]

На опытной станции СтГАУ, расположенной в центральной части Ставропольской возвышенности, в умеренно влажной зоне на чер-

нозёме выщелоченном в период 2010-2012 гг. сорт гороха Аксайский Усатый возделывался по трём способам обработки: отвальная обработка на глубину 20-22 см; безотвальная обработка – на 20-22 см; поверхностная обработка – на 10-12 см. При безотвальной обработке урожайность гороха в среднем составляла 1,9 т/га. Более высокие показатели были по отвальному и поверхностному способам обработки почвы – 2,4 т/га [44]. Аналогичные результаты получены А.С. Найденовым и Р.Н. Журбой [45].

В почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧЗ наиболее эффективной обработкой почвы под горох является вспашка на глубину 20-22 см. Безотвальная и поверхностная обработки приводили к уменьшению урожайности на 2,4-2,8 ц/га. Самый низкий сбор семян установлен при прямом посеве (14,1 ц/га) [46, 47]. Авторы [48, 49] пишут, что урожайность гороха на фоне отвальной и безотвальной обработок была равнозначной и составила 6,5 и 6,6 ц/га соответственно.

В КФХ Голева Еланского района Волгоградской области на южных чернозёмах по предшественнику «озимая пшеница» был заложен полевой опыт с горохом по следующей схеме: фактор А – основная обработка почвы: 1. Вспашка с оборотом пласта на 20-22 см; 2. Мелкая обработка дискатором на 12-14 см; 3. Нулевая обработка. Так, горох на отвальной вспашке в среднем за годы наблюдений дал 2,15 т/га, тогда как на нулевой обработке только 1,89 т/га или на 13,8 % меньше. На мелкой обработке урожайность гороха составила 1,82 т/га, что на 18,1 % меньше, чем на отвальной вспашке и на 3,8 % меньше, чем при нулевой обработке [50].

Исследования, проведённые в условиях засушливой степи Северного Казахстана, по способам обработки почвы под горох – глубокая плоскорезная, мелкая плоскорезная, щелевание и вариант без обработки – позволили заключить, что наибольший экономический эффект достигнут при возделывании гороха по фону щелевания и по технологии прямого посева, где урожайность была выше на 0,12-0,27 т/га [51].

С.Д. Лицуков и Е.Б. Белых установили, что урожайность гороха посевного при вспашке на глубину 22-24 см составила 3,79 т/га, 3,71 т/га – при поверхностной обработке на 6-8 см, 3,61 т/га – с технологией прямого посева, обеспечив условный чистый доход 12,9; 13,7 и 14,0 тыс. руб./га соответственно [52].

Исследования, проводимые на выщелоченном чернозёме лесостепи Алтайского Приобья в севообороте: пар – пшеница – овёс – пшеница – горох – пшеница, показали, что наибольшая урожайность гороха 1,34 т/га отмечена на фоне плоскорезной обработки на 25-27 см. Уменьшение её глубины до 14-16 см сопровождалось незначительным (на 0,05 т/га, или на 3,7 %) снижением сбора семян культуры, а переход на прямой посев приводил к её сокращению на 0,27-0,32 т/га (20,1-23,9 %) [53].

В условиях Предуральской степной зоны Башкортостана с преобладающими среднегумусными чернозёмами были заложены опыты в зернопаровом севообороте: чистый пар – озимая пшеница – яровая пшеница – горох – ячмень. После уборки предшественника были созданы четыре фона обработки почвы: отвальная (вспашка на глубину 23-25 см), безотвальная (плоскорезная – на глубину 20-25 см), поверхностная (дискование на глубину 12-14 см), нулевая обработка (прямой посев). По результатам исследований выявлено преимущество отвальной обработки, где максимальная урожайность гороха составила 10,9 ц/га [54].

В слабозасушливый год на чернозёме оподзоленном в лесостепной зоне европейской части России (Республика Мордовия) в опытах О.В. Букина с соавторами максимальная урожайность гороха получена на фоне вспашки. В условиях засухи применение прямого посева способствовало лучшему накоплению влаги в период вегетации и увеличению урожайности до 5,54 т/га, что на 4-5 % выше, чем при классической вспашке [55].

В северной лесостепи Тюменской области полевые опыты проводили по схеме: 1) отвальная обработка на глубину 28-30 см (ПН-4-35); 2) отвальная обработка, 14-16 см (ПН-4-35); 3) безотвальная обработка, 28-30 см (СибИМЭ); 4) безотвальная обработка, 14-16 см (культиватор КОСВ (UNIA)); 5) дифференцированная обработка, вспашка на 28-30 см, (ПН-4-35); 6) дифференцированная обработка, вспашка на 14-16 см (ПН-4-35). Высевали сорт гороха «Русь», сои «СибНИИК 315». Наибольшая урожайность гороха была отмечена при отвальном способе обработки почвы (контроль) на глубину 28-30 см. Уменьшение глубины обработки почвы привело к снижению урожайности гороха по отвальному и безотвальному способу

обработки на 0,5 т/га, по дифференцированному способу обработки почвы – на 0,3 т/га [56].

В полевом стационарном опыте ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» (Курская область, Курский район, п. Черемушки) в 2019-2020 гг. в четырехпольном севообороте, развёрнутом в пространстве всеми четырьмя полями, со следующим чередованием культур: горох – озимая пшеница – соя – ячмень проводили исследования черноземе типичном. Схема опыта включала следующие варианты: вспашка с оборотом пласта на глубину 20-22 см; комбинированная обработка (дискование на 8-10 см + чизелевание на 20-22 см); поверхностная обработка (дискование до 8 см); без основной обработки (No-till). Наибольшая урожайность гороха получена при посеве по вспашке (2,20 т/га). Замена ее на комбинированную обработку приводила к снижению урожайности на 21,4 %, поверхностную – на 27,3 %, прямой посев – на 23,2 %, по сравнению со вспашкой [57].

С.И. Камбулов с соавторами установил, что под горох более предпочтительной является нулевая обработка почвы, так как она обеспечивает на 21-29 % меньшие эксплуатационные затраты вследствие прямого посева культур [58].

На опытном участке ФГБНУ ФРАНЦ в 2019-2021 гг. урожайность гороха при вспашке составляла 3,34 т/га зерна. Чизельная обработка почвы положительно сказалась на урожайности, где она была наибольшей 3,42 т/га. Иные данные получены при комбинированной обработке почвы – на 0,16 т/га меньше урожая, чем на контроле [59].

В условиях Ставропольского края горох возделывали по рекомендованной технологии и по технологии без обработки почвы. По обеим технологиям предшественником была кукуруза на зерно. После её уборки по рекомендованной технологии проводили двукратную обработку почвы дисковыми орудиями и зяблевую вспашку на глубину 20-22 см. Установлено, что содержание продуктивной влаги по технологии без обработки почвы на 17,3 % больше, при этом переуплотнения почвы не наблюдается. Плотность почвы во время цветения и полной спелости по обеим технологиям была одинаковой, но перед уходом в зиму, рано весной и во время посева плотность 0-10 см слоя почвы по рекомендованной технологии была чрезмерно низкой и составила 0,89-1,09 г/м³ [60].

По рекомендованной технологии без применения удобрений урожайность составила 1,21, по технологии без обработки почвы 1,19 т/га. Внесение удобрений в условиях засухи привело к снижению урожайности гороха по рекомендованной технологии до 1,06, а по технологии прямого посева до 1,12 т/га. При этом выявлено, что наличие на поверхности почвы растительных остатков в технологии без обработки почвы приводит к задержке появления всходов, снижению темпов роста и развития растений гороха, особенно в начальный период вегетации [60].

Известно, что горох является культурой раннего сева, для формирования всходов и благоприятных условий роста которой важную роль играет наличие запасов продуктивной почвенной влаги. Исследования в Северном Зауралье проводили по способам основной обработки почвы под горох по следующим вариантам: отвальная вспашка на глубину 20-22 см, контроль; отвальная на 12-14 см; безотвальная на 20-22 см; безотвальная на 12-14 см; дифференцированная на глубину 20-22 см; дифференцированная, на 12-14 см; нулевая обработка. Запасы доступной влаги пахотного слоя перед посевом гороха по вариантам глубокой обработки почвы характеризовались хорошей обеспеченностью (39,5-43,5 мм), по нулевой обработке удовлетворительной (32,1 мм). Уменьшение глубины обработки почвы в слое 0-100 см привело к снижению запасов доступной влаги в фазу всходов на 4,3 мм по отвальной обработке, на 22,8 мм по безотвальной, на 29,2 мм по дифференцированной. Перед уборкой гороха запасы доступной влаги в слое почвы 0-20 см были удовлетворительными (17,8-24,4 мм) по всем изучаемым вариантам обработок почвы на 20-22 см; 17,9-22,5 мм по вариантам обработки на 12-14 см. Метровый слой по запасам доступной влаги был хорошо обеспечен влагой по изучаемым способам: 124,5-137,8 мм по вариантам глубокой обработки и 116,7-124,7 мм на глубину 12-14 см [61].

Перед посевом гороха плотность почвы в слое 0-30 см при отвальной и безотвальной обработке (20-22 см) составила 1,02-1,01, при дифференцированной 1,05 г/см³. При мелких обработках почвы (12-14 см) почва чернозёма выщелоченного оказалась плотнее и варьировала в пределах 1,03-1,06 г/см³. Перед уборкой плотность почвы составила 1,18-1,19 г/см³ по вариантам глубокой обработки (20-22 см)

и 1,16-1,24 г/см³ по вариантам обработок на 12-14 см. Таким образом, наилучшие условия по доступным влагозапасам и плотности почвы отмечены при отвальной обработке [61].

На выщелоченном чернозёме лесостепи Алтайского Приобья изучали реакцию гороха на способы обработки почвы и удобрения для совершенствования технологии. Основная обработка мало влияла на запасы влаги в почве, но увеличивала содержание нитратного азота по отношению к необработанному фону в 2,0-4,2 раза, снижала засорённость посевов в 2-3 раза. Урожайность гороха изменялась по годам от 0,79 до 2,49 т/га, на фоне глубокой и мелкой обработки она была почти одинаковой (1,34 и 1,29 т/га), а при отказе от обработки снижалась на 0,27-0,32 т/га (20,1-23,9 %). Внесение P25 при посеве повышало урожайность гороха на 0,10-0,22 т/га (7,8.16,7 %) при окупаемости внесённых удобрений зерном 4,0-8,8 кг на 1 кг д. в. [62].

В условиях юго-востока Центральной чернозёмной зоны при изучении влияния отвальной, безотвальной, поверхностной и нулевой обработки почвы на урожайность и агробиоэнергетическую эффективность гороха выявлено, что наибольшая урожайность зерна гороха формировалась при отвальной обработке почвы. При этом изменение глубины пахотного горизонта от 25-27 до 14-16 см не привело к изменению уровня продуктивности культуры. Горох негативно реагировал на отказ от оборота пласта и мелкую обработку почвы. В условиях данных приёмов обработки почвы уровень урожайности культуры снижался относительно вспашки в среднем на 10,8-14,8 %. Наибольшую отдачу от основного внесения минеральных удобрений обеспечивала вспашка на 20-22 см. При уменьшении глубины обработки, независимо от способа обработки, отмечалась тенденция снижения эффективности минеральных удобрений и уменьшения отдачи от их применения. Наибольшая эффективность энергозатрат при возделывании гороха отмечена по вспашке на глубину 14-16 см. Установлено, что возделывание гороха по технологии прямого сева неэффективно [63].

При тех же условиях позже были подтверждены полученные ранее результаты. Установлено, что в почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР наибольшая урожайность гороха и эффективность применяемых удобрений получена при отвальной обработке почвы (вспашка на глубину 14-16 – 20-22 см). Уменьшение глубины

вспашки в отвальной системе обработки почвы и насыщение системы обработки почвы в севообороте безотвальными рыхлениями приводит к снижению продуктивности гороха и эффективности применяемых удобрений. Увеличение доли безотвальной обработки почвы в системе севооборота до 60 % приводит к достоверному снижению урожайности гороха. Наибольшее снижение урожайности отмечалось при безотвальной системе обработки почвы в зернопропашном севообороте при разноглубинной плоскорезной обработке – 0,24 т/га [64].

Увеличение глубины вспашки, усиление обрачиваемости обрабатываемого слоя, так же, как и безотвальные обработки, не приводят к повышению продуктивности гороха и эффективности применяемых удобрений. В засушливые и нормальные по увлажнению годы наибольшая эффективность от применения удобрений получена при внесении их под вспашку. Безотвальные приёмы, поверхностная и нулевая обработки почвы, обеспечивающие поверхностное внесение минеральных удобрений, снижают эффективность их применения. Во влажные годы эффективность минеральных удобрений мало зависит от способа обработки почвы [64].

В богарных условиях приазовской зоны Ростовской области В 2019-2020 гг. схема опыта предусматривала изучение следующих вариантов: прием основной обработки почвы (фактор А) – вспашка, комбинированная, чизелевание; норма высева семян (фактор В) – 0,8, 1,0, 1,2 млн шт./га; уровень применения удобрений (фактор С) – без удобрений (0); средний ($N_{15}P_{40}K_{40}$); высокий ($N_{30}P_{80}K_{80}$). Более высокая в опыте средняя урожайность гороха отмечена по вспашке и высокому уровню удобрений ($N_{30}P_{80}K_{80}$): у сорта Премьер – 2,13 т/га, Сотник – 2,03 т/га [65].

В стационарном полевом севообороте ООО АПК Кубань-Агро в центральной зоне Краснодарского края на черноземе обыкновенном горох посевной высевали после вспашки на глубину 22-24 см, а также при поверхностной (на 6-8 см) и нулевой обработке почвы с внесением минеральных удобрений в дозе N_6P_{26} под предшественник могар (пожнивный посев). Средняя урожайность гороха составила 3,79 т/га – при вспашке, 3,71 т/га – при поверхностной обработке (на 6-8 см), 3,61 т/га – с технологией прямого посева, обеспечив условный чистый доход 12,9-13,7-14,0 тыс. руб./га соответственно [66].

В Северо-Кавказском ФНАЦ, расположенном в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края установлено, что наибольшая урожайность в среднем за годы исследований получена в технологии no-till с применением рекомендованной под горох дозой внесения минеральных удобрений (N10P40) – 2,64 т/га [67].

В 2020-2021 гг. исследования по влиянию способов обработки почвы и норм удобрений на урожайность гороха проводили в Саратовской области на полях КФХ «Подсевалов Петр Владимирович». Почвы хозяйства темно-каштановые. Схема двухфакторного опыта: Фактор А. Основная обработка почвы: отвальная обработка плугом ПЛН-5-35 на 25-27 см (контроль 1); комбинированная обработка плугом ПБС-5 на 25-27 см; минимальная обработка дискатором Catros-5001 на 10-12 см; безотвальная обработка СибИМЭ на 25-27 см; Фактор Б. Минеральные удобрения: Контроль (без удобрений); карбамид – N₅₀; сульфоаммофос – N₅₀P₅₀(S35); нитроаммофос – N₅₀P₂₅K₂₅(S₁₀). За годы исследований установлено, что, минимизация обработки почвы под горох снижает урожайность его на 6,2%. Получение максимального урожая гороха обеспечивает комбинированная обработка 1,97 т/га. Карбамид увеличивал урожайность на 24,8-42,1%, сульфоаммофос на 35,9-56,9%, нитроаммофос на 29,4-50,9% [68].

В Центральном Нечерноземье на дерново-подзолистой почве выявлено небольшое (2-3%) преимущество по продуктивности ресурсосберегающей комбинированной системы основной обработки почвы перед систематической культурной вспашкой. Показано, что в севообороте с меньшей долей бобовых максимальный уровень среднегодовой продуктивности 4,06 тыс. корм.ед., 5,12 ц/га сырого протеина и 46,1 ГДж/га обменной энергии создавался с использованием «традиционной» органоминеральной системы удобрения навоз + сидерат + N₄₅P₃₀K₇₅ [69]

Анализ опубликованных источников по способам основной обработки при возделывании гороха показал преимущество отвальной обработки почвы, что вряд ли целесообразно на эродированных склонах. Литературные данные о значительной роли основной обработки почвы в оптимизации урожайности гороха довольно противоречивы даже в пределах одной и той же почвенно-климатической зоны и тре-

буют проведения дальнейших исследований комплексного влияния приёмов основной обработки почвы на урожайность возделываемой культуры.

В этой связи можно констатировать, что степень влияния вышеуказанных ресурсосберегающих приёмов на продуктивность гороха в практике изучена недостаточно. Поэтому актуальным является исследование влияния разных способов основной обработки почвы на условия развития и урожайность зерна гороха при возделывании на плакорных и эродированных землях.

1.4 Способы посева и нормы высева семян

Норма высева семян. Один из важнейших приёмов агротехники гороха – применение оптимальных норм высева семян. Норма высева семян гороха зависит от зоны, особенностей сорта, гранулометрического состава почвы и других факторов.

По данным ряда авторов, норма высева семян гороха для разных условий выращивания находится в широком диапазоне – от 0,6 до 1,5 млн шт./га [70,71]. Так, изучение влияния норм высева на урожайность и посевные качества семян различных сортов гороха в условиях Орловской области показало, что уменьшение норм высева с 1,2 млн до 0,6 млн всхожих семян на 1 гектар снижало урожайность гороха в эксперименте от 25 % до 48 %, тогда как при норме высева 0,9 млн урожайность практически находилась на том же уровне, что и при посеве с нормой 1,2 млн [70].

В то же время в условиях Центральной чернозёмной полосы при исследовании влияния норм высева гороха 1,0; 1,2 и 1,5 млн шт./га на урожайность и биометрические показатели гороха сорта Фокор местной селекции в 2016-2018 гг. выявлено, что увеличение нормы высева с 1,0 до 1,5 млн шт./га обеспечивало прибавку урожая в пределах 0,13-0,40 т/га [71].

Оптимальная норма высева семян гороха для мелко- и среднесеменных сортов в засушливой зоне, например, в Поволжье, Казахстане, Киргизии, составляет 0,8-0,9 млн/га всхожих семян. В степных районах, например, на Урале и Сибири – 1 млн/га. В зоне достаточно-

го увлажнения: на северо-западе европейской части, Центрально-Чернозёмной и Нечернозёмной зонах, Волго-Вятском регионе, Полесье и лесостепи Украины, Белоруссии, странах Прибалтики, посевная норма составляет 1,0-1,3 млн/га всхожих семян. В случае проведения боронования посевов норму увеличивают до 1,4 млн/га всхожих семян [72, 73].

По данным П.Д. Шевченко, Г.Т. Балакая оптимальные нормы посева крупносемянных сортов гороха такие: в северных районах Краснодарского края, восточных Ставропольского края, южных Ростовской и Волгоградской областей – 1,1-1,2 млн всхожих зерен, для мелкосемянных – 1,3-1,4 млн, для остальных районов Кубани, Ставрополя – 1,3-1,4, Ростовской и Волгоградской областей – 1,2-1,3 млн/га зёрен [74].

Исследования Челябинской сельскохозяйственной опытной станции, для степной зоны области показали, что оптимальная норма посева гороха составляет 1,1-1,4 млн всхожих зёрен на гектар [75].

С.А. Диденко на обыкновенном чернозёме приазовской зоны Ростовской области выявила, что сорт гороха Аксайский усатый 5 надо высевать нормой 1,4 млн шт. всхожих семян на 1 га с равномерной их заделкой на глубину 4 см, увеличивая её при опасности быстрого иссушения верхнего слоя почвы до 6 см. Для сорта Сармат оптимальной является норма посева 1,2 млн шт. всхожих семян на 1 га с глубиной их посева 6 см [76].

С.А. Васильченко с соавторами [68] проводили исследования в ФГБНУ «АНЦ «Донской лаборатории технологии возделывания пропашных культур в южной зоне Ростовской области на обыкновенном черноземе и установили, что максимальная урожайность отмечалась при норме посева 1,4 млн шт. всхожих семян/ га – 2,07 т/га [77].

И.В. Григоренко в условиях северной зоны Краснодарского края на обыкновенном карбонатном чернозёме установил, что сорта гороха Лавр и Арéal для увеличения семенной продуктивности необходимо высевать рядовым способом с междурядьями 15 см, а сорт Аргон – с междурядьями 30 см при норме посева 1,0 млн шт./га [78]

Опытами Д.В. Жбанова при возделывании гороха в южной лесостепи ЦЧР выявлено, что оптимальной для сорта Фокор является норма посева 1,0 млн всхожих семян на гектар (при условии эффек-

тивной борьбы с сорняками), обеспечившая наибольший урожай семян 28,5 ц/га [79]

Е.Н. Трухина говорит о том, что на обыкновенных чернозёмах Саратовского Правобережья высевать сорт посевного гороха Орловчанин в условиях хорошего предпосевного влагообеспечения почвы рекомендуется нормой высева 1,6 млн, а при умеренном количестве влаги – 1,4 млн всхожих семян на 1 га [80]. Г.Г. Гатаулин рекомендует на плодородных и незасоренных землях норму высева немного снижать, а на сорных участках и на тяжёлых почвах – увеличивать на 10-15 % [81].

С.Н. Деревщюков, Г.П. Журавкова пишут, что норма высева культуры гороха может меняться от 1,2 до 1,8 млн всхожих семян на 1 гектар, что обуславливается местными условиями. На полях с достаточными запасами продуктивной влаги и при орошении норму высева необходимо увеличить на 10-15 %, а при самых ранних сроках высева рекомендуется повысить её ещё на 10-15 %. В противном случае посевы гороха могут быть изреженными на 30-40 % и недобор урожая зерна составит 0,5-0,8 т/га и более [82].

А.П. Будилов с соавторами установил, что в центральной зоне Оренбургской области на чернозёме южном сорта гороха Самариус и Чишминский-229 с нормой высева 1,1 млн всхожих семян на 1 га дали наибольшую урожайность – 1,14-1,16 т с 1 га [83].

В научно-исследовательском институте сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева увеличение нормы высева гороха с 1,0 млн шт./га до 1,5 млн шт./га обеспечивало прибавку урожая у всех испытуемых образцов до 0,4-0,28 т/га [84].

По данным Е.В. Карлова [85], на научно-исследовательской лаборатории «Корма» Самарской ГСХА на чернозёме обыкновенном в условиях лесостепи сорта гороха Усатый Кормовой на семена следует высевать с нормой высева 1,2 млн шт./га всхожих семян. Эта же норма высева семян гороха рекомендуется на полях Кировской области [86].

В условиях ООО «Защитное» Щигровского района Курской области сорт Рокет наилучшие показатели по урожайности 36,6 ц/га дал на варианте с нормой высева 1,4 млн. шт./га [87].

Г.А. Мищук, В.И. Солодун на опытном поле отдела селекции Иркутского НИИСХ (г.Тулун) на серой лесной почве изучали 3 нормы

высева (0,9;1,2;1,5 млн. зерен на 1 га), и установили, что более высокая урожайность отмечалась при норме высева в пределах 1,2 млн зерен на 1 га [88].

Таким образом, в научной литературе встречаются лишь общие указания: при выборе оптимальных норм высева следует учитывать почвенно-климатические условия конкретных районов, биологические особенности сорта, а также применяемую агротехнику.

1.5 Применение удобрений

Горох требователен к наличию в почве легкодоступных элементов питания и при недостатке их снижает урожай. Улучшение питательного режима почвы оказывает существенное влияние на усиление роста и развитие растений, на образование семян и налив зерна, а также на снижение поражённости гороха сельскохозяйственными вредителями и болезнями. Он хорошо использует последствие органических удобрений, внесённых под предшествующие культуры. Размещение посевов по удобренным озимым зерновым, кукурузе, картофелю и другим пропашным культурам способствует росту урожайности гороха.

Высокая потребность в питательных веществах происходит при цветении и наливе зерна. Ко времени цветения растения гороха поглощают 30-76 % фосфора, 40-46 % азота и кальция, 60-68 % калия от общего количества, поступающего к ним за весь вегетационный период. К концу цветения поступление азота и калия почти прекращается, а фосфор и кальций продолжают поступать до созревания [89].

Горох отзывчив на удобрения, но применять их следует с учётом различных почвенно-климатических условий и особенности азотного питания этой культуры. Как и все зернобобовые культуры, горох обладает способностью с помощью клубеньковых бактерий, развивающихся на его корнях, усваивать атмосферный азот. Около двух третей потребности в азоте он удовлетворяет за счёт фиксации его соединений из почвенного воздуха. Этот процесс начинается в фазе двух-трёх листьев, достигает максимума в фазе бутонизации – начала цветения и практически прекращается к наливу зерна.

К атмосферному азотному питанию горох, при благоприятных условиях и дефиците минерального азота в почве, переходит спустя 20-25 дней после всходов. В среднем из всего количества фиксируемого клубеньковыми бактериями азота 80-85 % используется растениями и около 15-20 % накапливается в клубеньках [89, 90,91].

Отмечая положительное влияние минерального азота на урожайность гороха, большинство исследователей видят альтернативу в обеспечении симбиотической его формой за счёт повышения эффективности фиксации из воздуха [90,91, 92]. Многие учёные считают, что горох может формировать полноценную урожайность за счёт фиксации азота воздуха без внесения минеральных форм [90,91,93].

Кроме того, по мнению некоторых исследователей, повышенное содержание в почве минерального азота затрудняет процесс образования клубеньков, ингибирует процесс азотфиксации [90,91, 94]. В наибольшей мере отрицательное влияние азота на процесс азотфиксации отмечается на высокоплодородных почвах [95].

Литературные сведения о значении минерального азота в жизни бобовых растений весьма противоречивы. Одни исследователи считают, что азотные удобрения не нужны бобовым культурам, и повышенное азотное питание снижает коэффициент азотфиксации [96,95,91]. Другие рекомендуют вносить небольшие, стартовые (до 20-30 кг/га) дозы минерального азота, которые необходимы для первых этапов развития бобового растения и благоприятно влияют на рост корней и формирование на них клубеньков [19,26]. По мнению третьих авторов, максимальный урожай бобовых можно получить только за счёт высоких доз азотных удобрений [97,98,91].

Разноречивость приведённых сведений можно объяснить различиями в условиях проведения опытов, свойствами использованных почв, различными требованиями бобовых культур к условиям произрастания, а также эффективностью клубеньковых бактерий, участвующих в образовании клубеньков и величиной применяемых доз азотных удобрений [92,99,91].

Для эффективной азотфиксации необходимо наличие в почве активного, вирулентного и толерантного штамма микроорганизмов. Однако, прежде, чем рекомендовать в производство тот или иной штамм бактерий, необходимо проведение испытаний бактериальных

препаратов для подбора наиболее активных азотфиксаторов на конкретном типе почв при соответствующих климатических условиях [91, 100,101].

Тем не менее, если инокуляция семян не проводилась, для удовлетворения потребностей растений в азоте целесообразно вносить небольшие дозы азотных удобрений, которые оказывают положительное влияние на рост и развитие растений, особенно в первые фазы вегетации [102, 103].

Так, по данным С.А. Гужвина [94] прибавка урожайности зависела от штамма бактерий, и вида его носителя. Максимальная урожайность гороха в опыте получена на варианте с применением штамма бактерий 260б на вермикулите – 1,90 т/га, прибавка к контролю составила 0,19 т/га.

Результатами исследований установлено, что бактеризация семян ризоторфином и пастообразным сапропелевым нитрагином в среднем за три года дала прибавку урожайности семян гороха соответственно 0,21 и 0,31 т /га. Внесение жидкого нитрагина оказалось более эффективным, прибавка урожая за тот же период достигла 0,49 т/га. Рост урожайности сопровождался повышением содержания белка в семенах, что особенно заметно в варианте с применением жидкого нитрагина [90].

Исследованиями С.А. Гужвина, проведёнными на чернозёме обыкновенном мицелярно-карбонатном в Ростовской области установлено, что при инокуляции семян гороха ризоторфином штамма 245а урожайность возрастала на 0,31 т/га [104].

На бедных почвах, где мало органического вещества, горох в начальный период, пока на корнях не образовались клубеньки и не действуют клубеньковые бактерии, страдает от недостатка азота и рост его задерживается. На таких почвах эффективно внесение невысоких доз азотных удобрений (25-35 кг действующего вещества) перед посевом. Более высокие нормы азота приводят к угнетению жизнедеятельности клубеньковых бактерий. На почвах, богатых органическими веществами и нитратами, азотное удобрение вносить не следует. В «февральские окна» в качестве рядкового удобрения лучше использовать сложные гранулированные удобрения, поскольку в их составе есть азот, необходимый гороху в начальные фазы развития. В это

время температура почвы ещё низкая, азота в почве мало и клубеньков на корнях ещё нет [105].

Фосфорные и калийные удобрения рекомендуется вносить под основную обработку (хотя допускается и весеннее внесение), азотные – под предпосевную культивацию, или с подкормкой. При этом норма внесения удобрений под культуру варьируется в зависимости от содержания этих элементов в почве и по выносу их на планируемую урожайность. Для формирования 1 т зерна и соответствующего количества соломы горох потребляет 50-60 кг азота, 15-20 фосфора, 25-30 калия, 20-25 кальция (CaO), 8-13 кг магния (MgO), микроэлементы, прежде всего бор и молибден. [91, 92].

Во всех сельскохозяйственных зонах возделывания гороха в Ростовской области наиболее эффективным является внесение фосфорно-калийных удобрений под вспашку. По сравнению с осенним и весенним внесением под культивацию зяби оно обеспечивает прибавку урожая на 10-30 %, а в сухие годы эта разница нередко доходит до 40-50 %. Кроме того, обязательным приёмом на почвах всех типов во всех зонах возделывания гороха является внесение в рядки при посеве гранулированного фосфорного или комплексного удобрения в дозе 10 кг/га д. в. [105].

Горох обладает глубоко проникающей корневой системой с хорошей способностью извлекать фосфор и калий из пахотных и подпахотных горизонтов. Однако, несмотря на это, применение фосфорных и калийных удобрений значительно повышает урожайность и качество гороха [92, 106,107].

В отличие от зерновых и других небобовых культур, удобрение которых фосфором или калием редко повышает содержание белка в продукции, применение фосфорных и калийных удобрений под бобовые культуры оказывает значительно большее влияние на урожайность и содержание белка в горохе, чем азотные удобрения, поскольку они способствуют образованию, росту и активности клубеньков [89,92].

В ряде работ отмечено положительное действие фосфорных и калийных удобрений на зернобобовые культуры, и в частности на горох. Совместное их применение по 40-60 кг д. в. каждого на 1 га чернозёма выщелоченного повышает содержание белка в зерне гороха на 1-2% и урожай культуры на 2-3 ц/га [91,92,108].

Наиболее эффективны фосфорные удобрения, обеспечивающие повышенный уровень содержания подвижного фосфора в пахотном слое (более 30 мг/кг). В зависимости от уровня урожайности и содержания P_2O_5 в почве доза фосфорных удобрений составляет P_{30-90} . Доза калийных удобрений, вносимых под основную обработку, колеблется K_{30-60} , при этом, если в севообороте используется солома, необходимость в применении калия снижается или полностью устраняется. В любом случае установление дозы связано с принятой в севообороте системой удобрения и корректируется для конкретного поля и сорта.

Большую роль в формировании высокого урожая зерна гороха играют микроэлементы, особенно молибден и бор. Недостаток этих микроэлементов приводит к нарушению обмена веществ, заболеванию растений, снижению урожайности и качества зерна. Молибден улучшает азотный обмен в растениях, участвует в образовании белка, усиливает фотосинтез, а также симбиотическую фиксацию азота воздуха [105].

Высокая эффективность применения молибденовых удобрений под горох, как и другие бобовые культуры, объясняется, прежде всего, ключевой ролью молибдена в процессе фиксации атмосферного азота, поскольку он входит в состав фермента нитрогеназы, принимающего участие в восстановлении N_2 до NH_3 [109].

Поэтому, интенсивность азотфиксации и количество связываемого азота в значительной мере зависят от уровня молибденового питания растений. Молибден способствует усиленному росту корней бобовых, увеличению численности, массы и активности клубеньков на корнях, что обуславливает лучшее азотное питание и повышение урожайности [92].

Так, в опытах Л.Г. Протопоповой [110] урожай гороха при применении молибдена возрастал до 3,4 т/га, в то время как на контроле составил 2,8 т/га. Молибденовые удобрения следует применять, если в 1 кг почвы содержится менее 0,3 мг доступного молибдена. В качестве молибденового удобрения используют гранулированный молибденизированный суперфосфат. Вносят его в рядки с семенами в дозе 10 кг/га (д. в. по фосфору). Если такого суперфосфата нет, молибденовыми препаратами обрабатывают семена.

Реализация потенциала продуктивности новых сортов гороха предусматривает повышенный вынос элементов минерального пита-

ния из почвы, в том числе и микроэлементов. В полевых опытах была отмечена высокая отзывчивость новых высокотехнологичных сортов Премьер и Сотник на применение микроудобрений с бором и молибденом. Наиболее эффективным способом применения микроудобрений является обработка семян перед посевом. Листовые подкормки способствуют получению прибавки урожая новых интенсивных сортов гороха при достаточной обеспеченности посевов почвенной влагой.

В современных агротехнологиях возделывания гороха высокую эффективность показывают комплексные микроэлементные удобрения Аквадон-микро, Аквалит ВМо, Rizogen, Romaset, Foralg ВМо, Cultifort, Cultimar.

Применение удобрений может быть эффективным лишь в том случае, если учтены основные факторы, влияющие на продуктивность посевов. Довольно часто в почвах наблюдается низкое содержание нескольких микроэлементов. В таких случаях совместное внесение соответствующих микроудобрений более значительно повышает урожайность бобовых, чем применение одного микроэлемента [111, 112]. Так, по данным А.А. Громова при внесении молибдена урожайность гороха возросла на 2,2-2,5 ц/га, бора – на 1,8-2,0, а при совместном внесении бора и молибдена – на 3,5-3,8 ц/га [95].

По данным И.Р. Вильдфлуш из 4-х изучаемых микроэлементов (Мо, Cu, Zn, В) наиболее эффективным было применение под горох молибдена и меди. На фоне $N_{30}P_{60}K_{90}$, при внесении разных доз молибдена (0,5-3,0 кг/га) урожайность семян увеличивалась на 1,8-4,3 ц/га, а при внесении медных и борных удобрений урожайность семян гороха возрастала на 2,8 ц и бора на 0,9 ц/га. Под влиянием молибдена значительно (на 3,4-7,3 %) повышалось содержание белка в зерне гороха. Максимальное его содержание было при внесении 3 кг/га молибдена [106].

Максимальный эффект от микроудобрений проявляется на полях с хорошей обеспеченностью растений азотом, фосфором, калием, почвенной влагой. Микроудобрения нецелесообразно применять на посевах с низким уровнем агротехники, когда не используются мероприятия по сохранению и повышению плодородия почвы [105].

Зерновые бобовые культуры хорошо отзываются на органические удобрения, но чаще всего им приходится использовать их последей-

ствии [91]. Так, на чернозёме типичном горох, используя последствие удобрений, обеспечил прибавки урожая зерна в размере 3-5 ц/га [91,98].

Опыт, накопленный научно-исследовательскими учреждениями, свидетельствует о том, что оптимальными нормами минеральных удобрений для гороха являются: в Краснодарском и Ставропольском краях – $N_{30-50}P_{60-90}K_{60}$, в Ростовской и Волгоградской областях – $N_{30}P_{40-60}K_{30}$, Астраханской области и Дагестане – $N_{15}P_{30}$ [66].

Рекомендуемыми дозами внесения фосфора и калия для гороха в ЦЧЗ России на типичных и выщелоченных чернозёмах являются 40-60 кг д. в. [92].

В условиях приазовской зоны Ростовской области на чернозёме обыкновенном при возделывании гороха максимальная урожайность была получена при внесении минеральных удобрений дозой $N_{30}P_{40}K_{30}$ – 21,7 ц/га [113].

В условиях Ростовской области, применение фосфорных удобрений в качестве основного удобрения дозой 1,5 ц/га позволяло увеличить валовой сбор зерна и урожайные качества гороха [91,108]

Исследования, проведённые на чернозёмах Северного Кавказа А.А. Тедеевой [114] показали, что внесение в почву фосфорных и калийных удобрений в дозе $P_{60}K_{40}$ позволяет получить урожай гороха в размере 19,1 ц/га, что на 2,4 ц/га больше, чем по неудобренному варианту.

В опытах Е.Г. Котляровой [115] наибольший урожай зерна гороха 2,71 т/га получен при дозе $N_{50}P_{70}K_{40}$. В условиях Среднего Урала наибольшую урожайность гороха получили при использовании азотных удобрений в дозе $N_{20}P_{60}K_{90}$, что экономически выгодно по сравнению с большими дозами внесения удобрений [116].

В опытах О.В. Малашевской на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при возделывании гороха сорта Миллениум применяли карбамид (N – 46 %), аммофос (N – 12 %, P_2O_5 – 52 %), хлористый калий (60 %), Из комплексных удобрений для основного внесения использовали новое комплексное удобрение марки N:P:K (6:21:32) с 0,16 % В и 0,09 % Мо, разработанное в институте почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. Применение нового комплексного удобрения для зернобобовых культур повышало урожайность семян гороха

на 5,8 ц/га по сравнению с вариантом с эквивалентной дозой ($N_{18}P_{63}K_{96}$) [117].

На Полтавской государственной сельскохозяйственной опытной станции им. Н.И. Вавилова в условиях недостаточного увлажнения Левобережной лесостепи Украины внесение удобрений на фонах полного минерального удобрения под основную обработку почвы и подкормки растений минеральным азотом в дозе N_{15} в начале ветвления позволили повысить зерновую продуктивность посевов гороха, соответственно до 3,60-3,67 т/га, что на 0,7-0,77 т/га или 24,1-26,6 % больше, чем на фоне без удобрений [118].

На кафедре почвоведения и агрохимии Красноярского ГАУ, где почвы представлены темно-серыми лесными максимальный сбор сырого и переваримого протеина был получен при внесении $N_{12}P_{48}K_{48}$ с использованием акварина 9 [119].

В Воронежском ФАНЦ им. В.В. Докучаева на чернозёме обыкновенном среднегумусном, где опыт включал варианты 1 – без удобрений; 2 – $N_{20}P_{20}K_{20}$; 3 – $N_{40}P_{40}K_{40}$; 4 – $N_{60}P_{60}K_{60}$., самый высокий сбор зерна 28,2 ц/га обеспечил вариант с непосредственным внесением под горох $N_{40}P_{40}K_{40}$. Увеличение дозы внесённых удобрений до $N_{60}P_{60}K_{60}$, как и снижение до $N_{20}P_{20}K_{20}$ вели к снижению продуктивности зерна гороха [120].

В опытах южной лесостепной зоны Омской области (ОПХ «Омское») на чернозёме выщелоченном вносили минеральные удобрения (аммиачная селитра – 34 % д. в., двойной суперфосфат – 56 % д. в.): по схеме 1) контроль (без удобрений); 2) N_{30} ; 3) P_{60} ; 4) $N_{30}P_{60}$. Наибольшую урожайность зерна дал сорт Благовест в вариантах P_{60} и $N_{30}P_{60}$ – 5,77 и 5,70 т/га. Прибавка к контролю составила 0,40 т/га (26 %) [121].

В отделе агрохимии ГНУ Воронежского НИИСХ Россельхозакадемии удобрения в дозе $P_{20}K_{20}$ и $P_{40}K_{40}$ дали прибавку урожая гороха 1,2 и 2,7 ц/га соответственно. На агрофоне $N_{40}P_{40}K_{40}$ получена прибавка урожая гороха 4,7 ц/га относительно фона без внесения удобрения [29].

В южной лесостепи Западной Сибири, на чернозёме выщелоченном удобрения вносились по схеме 1) контроль (без удобрений); 2) N_{30} ; 3) P_{60} ; 4) $N_{30}P_{60}$. Наибольшая урожайность гороха сорта Тало-

вещ 55 получена в варианте внесения азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{30}P_{60}$. Прибавка составила 0,35 т/га зерна в сравнении с вариантом без удобрений [121].

На опытном участке базы ООО «Луньга» Ардатовского района Мордовии материалом для исследований послужил сорт гороха Ульяновец. Установлено, что для получения планируемого урожая гороха 3,2 т/га требуется внести минеральных удобрений: N – 38,1 кг/га д. в., P_2O_5 – 33,3 кг/га д. в. [122]

На опытном поле Пермской ГСХА в условиях дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы максимальная урожайность зерна гороха в опыте (1,73 т/га) получена при сочетании предпосевной обработки семян ризоторфином и внесения азотного удобрения в дозе 30 кг/га [123].

В Курганской ГСА им. Т.С. Мальцева максимальный энергетический коэффициент по сорту Агроинтел 5,1 получен в варианте применения полного минерального удобрения $N_{30}P_{30}K_{30}$ [124].

Проведённая агрохимическая оценка применения удобрений при возделывании усатых форм гороха на чернозёмах обыкновенных Ростовской области показала, что стартовая доза азота, внесённая по различным фонам фосфорно-калийных удобрений, не оказывала отрицательного воздействия на агрохимические свойства чернозёма обыкновенного. Доказано, что применение полного минерального удобрения в экологически безопасных дозах с соотношением элементов питательных веществ (N:P:K) соответственно 1:1,5:1,2 и 1:1:1 имело значительное преимущество в улучшении пищевого режима чернозёма обыкновенного перед фосфорно-калийным сочетанием ($P_{30}K_{30}$ и $P_{45}K_{35}$) и фосфором (P_{30} , P_{40} , P_{45}). Наибольшая урожайность получена на вариантах с применением полной дозы минеральных удобрений, которая изменялась от 2,71 до 2,77 т/га [125].

Исследования В.К. Храмой [126] на дерново-подзолистой супесчаной почве показали, что внесение калийных удобрений в дозе 90 кг/га повышало урожайность гороха на 18,1 %, а в дозе 150 кг/га на 28,0 %, увеличивало содержание белка в биомассе на 0,8-1,0 абсолютных процента.

Согласно исследованиям Прядильщиковой Е.Н., применение минеральных удобрений в Вологодской области в дозе $N_{30}P_{30}K_{45}$ оказало

достоверное влияние на увеличение урожайности на 0,27-0,29 т/га или на 12,2-13,1 %, сбора сырого протеина до 17 %, кормовых единиц на 12,7 % [127].

Согласно данным Е.В. Агафонова [93] на чернозёме обыкновенном мицелярно-карбонатном в Ростовской области для получения урожайности гороха в 2,5 т/га фосфатный уровень почвы необходимо доводить до 30 мг P_2O_5 /кг почвы локальным внесением двойного суперфосфата.

Першак И.Т. [128] указывает, что на чернозёме деградированном под горох наиболее эффективно применение удобрений в дозах $N_{30-60}P_{40}K_{60}$, что обеспечивает получение урожая зерна гороха в пределах 21,7-35,8 ц/га.

По данным И.Р. Вильдфлуш [106] максимальная урожайность зерна гороха (33-35 ц/га) на дерново-подзолистой почве достигалась при внесении $N_{30}P_{60}K_{90}$. Повышение доз азота удобрений до 60 кг/га на фоне $P_{60}K_{90}$ не способствовало росту урожайности гороха, а, напротив, на хорошо окультуренных почвах снижало эффективность удобрений. На всех типах почв внесение фосфорных удобрений обеспечивает высокие прибавки урожая этой культуры [89,98,108].

Калийные удобрения высокоэффективны на почвах лесной и лесостепной зон – дерново-подзолистых, серых лесных, оподзоленных и выщелоченных чернозёмах, в то время как на почвах сухостепных районов – обыкновенных чернозёмах и каштановых почвах, в богарных условиях (без орошения) они практически не оказывают положительного влияния на урожайность и качество гороха [91,106].

Согласно результатам исследований, проведённым рядом авторов в последние два десятилетия, хорошие результаты по увеличению урожайности и качества зерна даёт применение полного минерального удобрения [91,106, 129-132].

Согласно исследованиям Долговой Т.В. [133] прибавка урожая на варианте с внесением фосфорно-калийных удобрений составляла 0,2-12,3 ц/га, а на варианте с внесением NPK – 0,4-19,7 ц/га.

С.Л. Колесников [134], И.Б. Молчанов [135] рекомендуют для повышения эффективности возделывания гороха на обыкновенном чернозёме Западного Предкавказья, внесение удобрений в дозе $N_{20-25}P_{30}K_{20-30}$.

Следует отметить, что в Ростовской области технология возделывания гороха требует совершенствования, особенно с учётом появления новых сортов. Слабо изучены вопросы питания культуры, отмечается дефицит рекомендаций по применению норм минеральных удобрений под горох. Дискуссионным остаётся вопрос о дозах и необходимости внесения азотных подкормок под данную культуру, в связи с чем, необходимы специальные исследования. Недостаточно изучено и комплексное влияние разных элементов технологии возделывания на продуктивность культуры и их химический состав зерна [136,137, 138].

Таким образом, рекомендации о применении макро- и микроудобрений на посевах гороха довольно разноречивы и сильно отличаются по регионам возделывания, типам почв, а также используемым сортам. Следовательно, оптимизация минерального питания гороха, особенно при возделывании новых высокопродуктивных сортов, является объектом для тщательного и всестороннего изучения.

1.6 Система защиты растений

Защита гороха от вредителей. Выращивание гороха на больших производственных площадях связано с определёнными сложностями в получении стабильных урожаев, и без грамотной системы защиты посевов от вредителей, болезней и сорной растительности добиться высоких валовых сборов зерна невозможно.

Интегрированную систему защиты посевов гороха от вредных объектов следует рассматривать, как комплекс защитных мероприятий в севообороте с учётом фитосанитарной обстановки на конкретном поле. Необходимо отметить, что особенности разработки защиты гороха от вредных организмов зависит от видового состава вредителей и болезней, их распространения, стадии их развития, и могут совмещать обработки против двух и более объектов. Остановимся на особо вредоносных вредителях гороха, чаще всего негативно влияющих на культуру [139, 140].

Клубеньковый долгоносик. Проявление вредоносности данного вредителя отмечается на ранних этапах роста и развития гороха.

Взрослый имаго – серый жук, длиной 4-5 мм. Вредят как взрослые жуки, так и их личинки, которые проникают в почву и повреждают корни и азотобразующие клубеньки, кроме того, они также повреждают первые листья и точки роста, что зачастую приводит к полной гибели растений, так как в этой фазе развития растения наиболее уязвимы. Повреждение всходов клубеньковыми долгоносиками приводит к изреживанию посевов. Наибольший вред жуков проявляется в жаркую и влажную погоду, так как эти условия позволяют проявлять им наибольшую прожорливость, повреждённые всходы развиваются медленно и плохо переносят повреждения. В таком случае потери урожая могут достигать 4-6 ц/га [139, 140].

Ниже приводится внешний вид и повреждения вредителем растений гороха. Если рассмотреть динамику заселения посевов гороха долгоносиками, то можно заметить, что в фазе всходов основная масса имаго размещается по краям поля в полосе шириной до 40 м, зачастую достигая экономического порога вредности (ЭПВ) 15 экз./м². Здесь также отмечена и наибольшая повреждённость растений. Такую особенность надо использовать и проводить краевые химические обработки. Благодаря этому удастся существенно сэкономить средства на борьбу и оказать меньшее отрицательное воздействие на агроценоз (рисунок 4).

Однако к фазе 3-х пар листьев гороха фитофаги расселяются уже по всему полю, что диктует необходимость проводить обработку инсектицидом всего участка.



Рисунок 4 – Клубеньковый долгоносик и его повреждения растений
S. lineatus L. и *S. crinitus Hrbst.*

В фазу бутонизации – начала цветения посевы гороха необходимо защищать от комплекса вредителей: гороховая тля, гороховая зерновка, гороховая плодоярка и др.

Гороховая тля. Вредитель сравнительно крупный, длина – 4,5-5 мм. Тело бескрылых самок зелёное, редко буро-красное. Очень важно знать, что зимует тля в фазе оплодотворённых яиц на прикорневых частях стеблей многолетних бобовых растений, падалице гороха. Первые самки-расселительницы гороховой тли начинают встречаться на растениях уже в фазу ветвления гороха. К фазе бутонизации их численность заметно возрастает, а в фазу цветения и налива зерна достигает максимума [139, 140].

Тля заселяет в растениях молодые ткани и соцветия. Но наиболее опасна гороховая тля в фазу бутонизации гороха при ЭПВ 30-50 особей/10 взмахов сачком). В течение года развивается до 10 генераций.

На рисунке 5 показан внешний вид и заселение на растениях. При отсутствии своевременной и эффективной защиты урожайность культуры снижается в несколько раз. Повреждение растений путём высасывания соков из молодых бобов сопровождается сильным угнетением, деформациями листьев, прилистников и соцветий, наблюдается частичная или полная стерильность – семена не завязываются.



Рисунок 5 – Гороховая тля *Acyrthosiphon pisum* Harr.

Гороховая зерновка (Брухус). Брухус – главное вредоносное насекомое на горохе, повреждающее семена, существенно снижая их по-

севные и товарные качества. Для укрытия имаго брухуса выбирает опавшую листву, пожнивные остатки, оставленных после уборки урожая, складские хранилища зерна гороха [139, 140] (рисунок 6).

Весенний этап в жизни брухуса начинается в конце апреля-мая, когда жуки покидают свои укрытия, разлетаясь по округе, и предпочитая участки, хорошо освещаемые солнечными лучами: сады, поля, огороды, лесополосы.



Рисунок 6 – Гороховая зерновка (Брухус) *Bruchus pisorum* L.

Некоторая часть вредителя попадает на участки, где возделывается горох, вместе с посадочным материалом. Большинство насекомых слетается сюда в поисках пищи после зимовки. Имаго брухуса питаются пыльцой и частичками лепестков цветов гороха, но при этом надо учитывать, что гороховая зерновка очень чувствительна к непогоде и при таких погодных условиях старается залезть внутрь цветка, где её не побеспокоит ветер. Массовый лёт и спаривание имаго совпадают с началом цветения гороха. Для откладки яиц, гороховая зерновка старается выбрать хорошо развитые и высокорослые растения, с хорошо развитыми стеблями. Жуки в поисках гороха нередко пролетают расстояния до 3 км [139, 140].

Самка брухуса очень плодовитая, за лето способна отложить 70-200 яиц. На одном растении их число может достигать 35 шт., но, когда личинки появятся на свет, каждая из них занимает отдельный боб. Самка прикрепляет яйца на поверхность растения при помощи

особой массы, имеющей жидкую и клейкую консистенцию. Яйцекладка длится на месяц, но основная масса заселяется в период бутонизации. Размножение – партеногенетическое: самка откладывает яйца в молодые цветки, бобы, верхние листья, в пыльники и завязь. Развитие яиц длится 7-10 дней, личинок – 20-25 дней.

Личинка брухуса, выйдя через восемь – двенадцать дней из яйца начинает питаться мягкой оболочкой боба, затем прогрызает в его стенке отверстие, через которое попадает в середину горошины. Здесь, внутри боба насекомое и обитает, получая жилище, корм и защиту. Тут же происходит и полный цикл развития личинки, с её последующим превращением в куколку и во взрослого жука. Входное отверстие поражённой вредителем горошинки вскоре зарастает и становится чуть заметным, оставляя на поверхности лишь небольшую тёмную точку диаметром около 0,1-0,3 мм). Развитие личинки происходит около полутора месяца, а её размер во взрослом состоянии составляет 5-6 мм. Куколке на превращение во взрослое насекомое необходимо около трёх недель. В середине августа начинается массовый вылет молодых взрослых жуков, которые покидают повреждённые зерна [139, 140].

Для борьбы с вредителями проводят двукратную обработку разрешёнными инсектицидами в рекомендованных нормах. Первую – в период бутонизации – начала цветения, вторую – спустя 5-10 дней при наступлении массового цветения.

Гороховая плодожорка. Вредоносность вредителя проявляется в фазе личинки. Повреждённые семена существенно снижают абсолютный вес зёрен, и на 30-40 %, снижается всхожесть семян. На горохе бабочки появляются при образовании первых бутонов [140, 141] (рисунок 7).

После спаривания через 4-7 дней с момента вылета из кокона они начинают откладывать яйца. При этом для насекомых желательно дополнительное питание на цветках гороха. Бабочки летают в вечернее время, откладывают яйца на бобовые растения. Отродившиеся гусеницы проникают в створки боба, обгрызают зерна сверху, делая широкие бороздки, с одного конца заканчивающиеся углублением. Питаясь, насекомые загрязняют зерно экскрементами и паутиной. Чаще в бобе наблюдается одна, реже две и более гусениц. Одно насе-

комое повреждает 2-3, реже более семян. Все развитие гусеницы происходит внутри одного боба. Продолжается оно 16-25 дней.



Рисунок 7 – Повреждения гороховой плодожоркой *L. nigricana* Steph.

Посевы, заселённые гороховой плодожоркой, малоурожайны, товарные и посевные качества их семян низкие. Потери при массовом развитии могут составлять 3-6 ц/га.

Как правило, защиту гороха от плодожорки по срокам совмещают с обработками полей от брухуса.

Бобовая, или акациевая огнёвка. Бобовая, или акациевая огнёвка – один из самых опасных вредителей бобовых. Вредоносность представляют гусеницы огнёвки. Они многоядны, повреждают до 60 видов растений, включая жёлтую и белую акации. Наиболее сильно вредят гороху и сое. Бабочка в размахе крыльев достигает 20-26 мм. Передние крылья коричнево-серые, с белой полоской вдоль переднего края и оранжевым пятном на крыле. Гусеница зеленовато-серая, длиной до 23 мм [139, 140] (рисунок 8).

Развивается огнёвка в двух поколениях. Зимуют взрослые гусеницы в почве в плотных коконах. Весной они окукливаются. Бабочки появляются в конце мая и летают до сентября. Массовый лет огнёвки первого поколения происходит в первой половине июня, второго поколения – в августе. Яйца бабочки откладывают на незрелые бобы гороха и других бобовых. Гусеница проникает в боб и питается семенами, обгрызая их или съедая полностью. Уничтожив семена в одном бобе, она переходит в другой.



Рисунок 8 – Бобовая, или акациевая огневка *Etiella zinckenella* Tr.

Гусеницы поражают горошины, после чего последние теряют товарную ценность и всхожесть. Закончив развитие, гусеница уходит в почву, где на глубине 2-3 см окукливается. На зимовку остаются гусеницы огнёвки второго поколения. В Ростовской области гусеницы огнёвки первого поколения повреждают, главным образом, горох, чину, вику. Взрослые особи зимуют в почве, весной выходят на поверхность. Если своевременно не предпринять защитные меры, акациевая огнёвка способна уничтожить до 50 % урожая.

Нутовая минирующая муха. Минирующая муха представляет угрозу практически для всех зернобобовых культур, в том числе и для гороха. Вредитель представляет собой муху небольшой длины – всего 2 мм, коричневого цвета, с ярко-жёлтой головой и специальным хоботком, предназначенным для прокалывания растений, чтобы покормиться или отложить яйца. При этом урожайность гороха может упасть до 70 % [139, 140] (рисунок 9).



Рисунок 9 – Нутовая минирующая муха *Liriomyza cicerina* Red.

В зависимости от разновидности паразита, окукливание может происходить как в почве, так и на самом растении. В мае из куколок выходят мухи, которые вскоре откладывают в листовых тканях яйца (за сезон 1 муха делает 3-4 яйцекладки; в одной кладке имеется 1–2 яйца). Отродившиеся личинки делают ходы во всех частях растения. У этих ходов разная длина и форма, именно их называют минами. Листья поражённых растений становятся безжизненными, быстро желтеют и отмирают. За вегетационный период может появиться 5 поколений вредителя.

Гороховый трипс. В отдельные годы можно наблюдать значительное развитие на горохе горохового трипса. Это насекомое с узким чёрным или чёрно-бурым телом, длиной 1,3-1,8 мм и очень узкими бахромчатыми крыльями. Передние крылья темнее задних (рисунок 10).

Личинки и взрослые особи повреждают верхушки побегов, бутоны и бобы гороха. В результате цветки остаются недоразвитыми, бобы искривляются, покрываются серебристыми пятнами и темными точками – экскрементами насекомого. Личинки живут на растениях 2-3 недели, затем уходят в почву на зимовку [139, 140].



Рисунок 10 – Гороховый трипс *Kakothrips robustus* Uz.

Гороховый трипс повреждает горох, вику, чечевицу, сою и др. Взрослый трипс длиной 1,4-1,8 мм, с двумя парами пальцеобразных, покрытых длинными щетинками крыльев. Окраска изменчивая от красно-бурой до чёрной. Личинки бескрылые, сначала они имеют окраску прозрачно-белую, позже желтеют, меньше взрослой особи. Весной они превращаются во взрослых насекомых. Отродившиеся личинки и взрослые трипсы концентрируются на повреждённых органах значительными группами и высасывают сок с ткани растений. Повреждённые молодые листья скручиваются, на них появляются некротические пятна. Значительно больше трипсы повреждают цветки и бобы: внутренние части цветков осыпаются, бобы деформируются, покрываются серебристыми некротическими пятнами, семена не образуются. Наиболее опасны повреждения трипсами для гороха и растений, которые отстают в росте – это поздние сроки посева [139, 140].

Болезни гороха. Аскохитоз. Выделяют три вида болезни: бледный, тёмный и сливающийся аскохитоз. У всех трёх свой возбудитель [140].

Бледный аскохитоз Характерны следующие признаки: светло-каштановые пятна на бобах, имеется темно-коричневая кайма; такие же пятна могут поражать листья и стебли; округлые пятна до 0,9 см в диаметре на листьях и бобах, на черешках и стеблях они удлинены. Вместо пятен возможно образование множества пикнид (плодовых тел грибов). Горошины становятся морщинистыми, на них появляются светло-жёлтые, слабо выраженные пятна (рисунок 11).



Рисунок 11 – Аскохитоз *Ascochyta pisi*, *Ascochyta pinodes*, *Ascochyta pisicola*.

Темный аскохитоз поражает листья, стебли и бобы. Появляются тёмно-коричневые пятна неправильной формы, размером до 0,7 см. Поверхность крупных пятен покрывают пикниды. При поражении всходов корневая шейка чернеет.

Сливающийся аскохитоз: характерны округлые пятна со светлой окраской и контрастно-темной каймой. Часто они сливаются, поражают листья и стебли. При поражении аскохитозом часть всходов гибнет, развитие культуры задерживается, период созревания увеличивается.

Возбудитель зимует на поражённых растительных остатках. Грибницы в семенах могут сохраняться больше 5 лет. Развитию болезни способствует повышенная влажность и температура воздуха от 20-25 градусов. Обильно выделяются пикноспоры, распространяемые ветром и каплями дождя. Основным источником заражения являются семена и растительные остатки поражённого гороха. Следовательно, главное внимание должно быть обращено на использование здорового посевного материала и на своевременную обработку поля после уборки культуры при помощи дискования, что способствует заделке и уничтожению пожнивных остатков.

Ржавчина гороха. Возбудитель болезни – двудомный гриб, развивается на горохе и на молочае, зимует на послеуборочных остатках гороха и в корневищах многолетнего сорняка молочая. С семенами инфекция не передаётся. Болезнь проявляется ранней весной на молочае. Ржавчина состоит из двух видов грибов. Один разрушает листовую пластинку, а другой всё растение. Работают эти два гриба в паре [140] (рисунок 12).



Рисунок 12 – Ржавчина гороха *Uromyces pisi*.

Грибница, зимовавшая в корнях, пронизывает все растение. Молочай сплошь покрывается оранжево-жёлтыми подушечками с эцидиоспорами гриба. Эцидиоспоры разносятся ветром, попадают на горох, прорастают и заражают его. Признаки ржавчины на горохе проявляются в середине лета. Оранжево-коричневые порошачие подушечки летних спор (уредоспор) возникают на листьях, стеблях и бобах гороха. К осени подушечки чернеют. На них развиваются зимние споры (телейтоспоры). Весной телейтоспоры разносятся ветром и заражают молодичай. Кроме гороха, гриб поражает чину.

У больных растений гороха и чины бобы преждевременно буреют и сохнут, семена в них остаются недоразвитыми. Грибковая болезнь проявляется на всём растении в виде бурых пятен с окаймлением. В центре каждого пятна заметны точки, представляющие собой мешочки со спорами. Когда споры поспеют, пикнида лопнет и произойдёт новое заражение растения. Для того чтобы спора проросла, требуются определённые условия – влажная погода, ранка на защитном покрытии растения. В результате воздействия болезни растение погибает, плоды становятся непригодными в пищу. Устойчивых сортов к этому заболеванию нет. Грибница в течение 5 лет сохраняется в семенах [140].

Мучнистая роса. Возбудителем является сумчатый гриб рода *Erysiphales*. Болезнь (споры гриба) распространяется быстро, поскольку переносится насекомыми, ветром, капельками дождя [140].

Признаки проявления болезни: белый или мучнистый налёт, который поражает верхнюю сторону листьев, стебли, цветки, прицветники, бобы; постепенно формируются клейстотеции, налёт приобретает грязно-серый цвет; поражение основания стебля приводит к его побурению, снижению общей продуктивности и обычно к гибели растения (рисунок 13).



Рисунок 13 – Мучнистая роса *Erysiphe communis*.

У инфицированных на ранней стадии развития бобов на створках формируются глубокие язвы. Сами бобы меняют цвет на бурый и засыхают, а сильно поражённые части растений грубеют и отмирают.

Возбудитель болезни зимует в поле на остатках растений в виде клейстотециев, из которых весной распространяются сумкоспоры. Сумкоспоры созревают весной и служат первичным источником заражения посевов гороха. Попав на молодые растения, сумкоспоры быстро прорастают, образуют один или два ростка, которые развиваются в грибницу. Заболевание интенсивно распространяется при температуре 20-25°C и относительной влажности воздуха 70-80 %. В этих условиях инкубационный период болезни длится 4-5 дней. Очень сильно развивается мучнистая роса на поздних посевах гороха [140].

Ложная мучнистая роса. Данный вид болезни называют также пероноспорозом. Возбудителем является низший гриб. Растения обычно поражаются в начале цветения. Болезнь затрагивает все над-

земные части культуры и проявляется следующими признаками: округлые пятна беловатого или желтоватого цвета на верхней стороне листьев; напоминающий паутину налёт серовато-фиолетового цвета на нижней стороне листьев, который образуется при высокой влажности; расплывчатые хлоротичные пятна на стеблях и бобах (рисунок 14).



Рисунок 14 – Ложная мучнистая роса *Peronospora pisi*.

Такое поражение называют местным, но различают ещё и диффузный тип, когда все надземные органы равномерно покрываются серо-фиолетовым налётом. Поражённые ложной мучнистой росой растения отстают в росте, зерно образуется щуплое, заметно страдает урожай.

Развитию пероноспороза способствуют высокая влажность и пониженные температуры. Возбудитель сохраняется в растительных остатках и зимует там же. Грибницы могут находиться в семенной оболочке. Является грозным заболеванием гороха, приводящим к его гибели. Только появляются бутоны, на листовых пластинках сверху появляются светлые пятна, а снизу пластинки развиваются споры. При высокой влажности и похолодании нужно ждать вспышки этой болезни. Растения прекращают развитие, вид у них угнетённый, макушка курчавая, с фиолетовым оттенком [140].

Корневые гнили. Очень опасное заболевание. Когда корень прекращает подавать питание на растение, тургор листьев уменьшается, куст поникает и становится безжизненным. Первое впечатление, что

куст поник из-за недостатка влаги. На самом деле корни уже не подают в наземную часть сок, а дополнительный полив растения только увеличит очаг заболевания. Больные растения легко извлекаются. У поражённых растений буреет подсемядольное колено, появляются коричневатые пятна на прикорневой части стебля, главном корне, которые постепенно темнеют и отмирают (рисунок 15).



Рисунок 15 – Корневые гнили *F. Solani*.

Возбудителями заболевания являются несколько несовершенных грибов рода *Fusarium Link* (чаще *F. oxysporum Schlecht f. pisi Bilai*, *F. culmorum Sacc.* и др.), а иногда *Thielaviopsis basicola Ferr.*, *Rhizoctonia solani Kuehn*. Возбудители болезни обитают в почве, на остатках растений и могут распространяться с семенами, на которых находятся в виде грибницы в семенной оболочке. Развитию корневой гнили способствуют высокие температуры (среднесуточные 19-23, максимальные 34-39°C) и низкая относительная влажность воздуха (45-60 %).

Корневая гниль резко уменьшает адсорбирующую и поглощающую способность корней, а поражение сосудистой системы вызывает её интоксикацию. Поражённые растения не плодоносят или образуют щуплые семена. Возбудители болезни обитают в почве, на остатках растений и могут распространяться с семенами, на которых находятся в виде грибницы в семенной оболочке [140].

Защитные мероприятия в борьбе с вредителями, болезнями и сорной растительностью

Агротехнические методы борьбы. Эта группа методов включает в себя целый перечень агротехнических мероприятий, обладающих крайне важным значением в системе защиты гороха от вредных объектов.

Агротехнические мероприятия проводятся, чтобы создать условия, благоприятные для развития и роста растений и одновременно препятствующих распространению вредителей, паразитных микроорганизмов, вызывающих болезни растений, а также для борьбы с сорной растительностью.

При проведении основной обработки почвы разрушаются места обитания многих вредных насекомых, уничтожаются растительные остатки, на которых сохраняются паразитные микроорганизмы, ведётся уничтожение разного вида сорняков, особенно зимующих. Некачественная обработка почвы затрудняет доступ кислорода и приводит к долгому процессу разложения растительных остатков в почве, сокращает размножение полезных микроорганизмов в почве, уничтожающих возбудителей болезней, и способствует массовому распространению чёрной ножки, корневая и др. [139-141].

Своевременный посев обеспечивает наиболее благоприятные условия для прорастания семян и развития растений, что делает их более устойчивыми к повреждениям.

Чёткое соблюдение севооборота, с необходимой пространственной изоляцией для культур в ряде случаев исключает возможность их повреждения, так как насекомые и многие возбудители болезней, приспособленные к питанию на определённых растениях, при смене культур погибают от недостатка пищи или резко снижается их вредоносность. К примеру, не допускать возвращения бобовых, на одно и то же поле раньше, чем через 3-4 года.

Удобрения и подкормки улучшают условия питания растений, что повышает их устойчивость. Так, применение фосфорно-калийных удобрений повышает устойчивость многих бобовых культур, в том числе к повреждению болезнями и вредителями. Научкой и практикой подтверждено, что проведение подкормки растений до расселения вредителей (тля), снижает количество заселённых им растений.

Проведение мероприятий по уничтожению сорняков, являющихся кормовой базой для многих вредителей, снижает уровень их вредности.

Эффективность агроприёмов в значительной степени зависит от сроков их проведения и особенностей развития каждого вредителя или болезни растений. Большое значение имеет качество посевного и посадочного материала и подбор сортов, устойчивых к болезням и вредителям, включая обработку семян комплексными протравителями.

Таким образом, изменяя условия среды различными агротехническими приёмами, можно повысить урожайность растений, их устойчивость к повреждениям, а также способствовать уничтожению зимующего запаса вредителей и возбудителей болезней.

Химические методы борьбы. Практика показала, что для успешного проведения мероприятий по защите растений необходимо использовать все методы борьбы, однако в ряде случаев успех борьбы с вредителями и болезнями решает химический метод, преимущество которого заключается в возможности одновременного уничтожения нескольких вредителей или возбудителей болезней, а также в его высокой окупаемости.

Однако не следует забывать, что химический метод имеет свои недостатки и при неумелом использовании химических препаратов может дать отрицательные результаты. Так, некоторые препараты, уничтожая вредителей, одновременно убивают и полезных насекомых. Неправильно составленные растворы могут вызвать ожоги растений и формировать резистентность у вредителей и патогенов [139-141].

Очень опасное явление – остаточное количество пестицидов в сельскохозяйственной продукции. Поэтому применяя химические вещества для борьбы с вредителями и болезнями, следует строго придерживаться установленных регламентов и правил пользования ими, применять их на определённых культурах в установленные сроки с соблюдением концентраций, регламентов и норм расходов.

При химическом методе для борьбы с вредителями и болезнями растений используют токсические химические вещества – пестициды.

В сложившейся уже давно схеме защиты гороха от вредителей первая обработка посевов проводится на начальных этапах развития культуры (всходы – 2 настоящих листа) и направлена, прежде всего, на сни-

жение численности клубеньковых долгоносиков. Вторая обработка нацелена сразу на нескольких фитофагов (гороховая тля, гороховая зерновка, гороховая плодоярка, гороховый трипс). Она проводится синтетическими пиретроидами, фосфорорганическими соединениями и неоникотиноидами перед началом бутонизации или, в крайнем случае, в фазу бутонизации, с последующим повторением спустя 5-10 дней при наступлении массового цветения [139, 140].

Основу ассортимента составляют средства из класса неоникотиноидов.

По действующему веществу лидерство принадлежит ацетамиприду и тиаклоприду (инсектициды).

В последнее время производителями химических средств для защиты гороха активно предлагаются инсектициды на основе комбинаций двух действующих веществ из разных химических классов. Целенаправленные компоновки действующих веществ обеспечивают как повышение биологической эффективности защитного мероприятия, так и расширение спектра действия препаратов. Последнее, при наличии у культуры достаточно большого набора специализированных вредителей представляется особо актуальным.

Современный ассортимент инсектицидов против фитофагов гороха обширен и представлен препаратами из разных классов химических соединений. Это может служить основой разработки антирезистентной стратегии борьбы в виде их чередования для предотвращения создания устойчивости.

Каждый класс химических соединений имеет свои положительные и отрицательные свойства, которые необходимо учитывать при разработке системы защиты гороха в каждом конкретном хозяйстве. В зависимости от организмов, особенностями объекта, подлежащего обработке против которых применяют ядохимикаты, их подразделяют на следующие группы:

Фосфорорганические соединения обладают высокой инсектицидной активностью даже в условиях неблагоприятной погоды, системными и глубинными свойствами, достаточно длительным периодом защитного действия. В то же время они имеют более высокую токсичность и более высокий класс опасности для человека и пчёл. Норма их расхода – 0,5-1 л/га, что существенно выше, чем у пиретроидов

и неоникотиноидов. Применение данных препаратов на посевах гороха целесообразно в условиях засушливой погоды, так как в результате более длительного периода защитного действия предотвращается массовое размножение вредителей [139, 140].

Пиретроиды. Основные преимущества пиретроидов заключаются в высоком стартовом действии, способности полностью разлагаться в течение 15-20 дней после применения и в низких нормах расхода. Недостатком пиретроидов является возможность формирования групповой и перекрёстной устойчивости (резистентности) у насекомых при их длительном применении, а длительность определяется использованием их более 3-х лет. Высокая эффективность пиретроидов в посевах гороха достигается при умеренно тёплой погоде и низкой солнечной инсоляции. В этих условиях защитный эффект проявляется в течение 10-15 дней. Этого достаточно для полного уничтожения гороховой тли, но уничтожить личинок гороховой зерновки и гороховой плодовой жорки, которые уже находятся внутри бобов, не удаётся [139].

Неоникотиноиды. На российском рынке пестицидов неоникотиноиды представлены четырьмя действующими веществами: имидаклопридом (конфидор), ацетамипридом (моспилан), тиаметоксамом (актара) и тиаклопридом (калипсо).

После опрыскивания посевов достаточно быстро проявляется их эффективность за счёт контактного и кишечного действия на вредителей. Свойство инсектицида перераспределяться в молодые, более предпочитаемые для питания вредителей части растений, чрезвычайно важно в борьбе с гороховой тлей. Личинки гороховой зерновки и гороховой плодовой жорки находятся внутри бобов, поэтому они также подвержены действию препарата. Обладают длительным периодом защитного действия (до 30 дней), эффективны при высоких температурах и низкой влажности [139, 140].

Борьба с сорной растительностью. Горох плохо конкурирует с сорняками из-за его медленного роста на ранних стадиях и ограниченного развития растительного покрова, что приводит к значительному снижению урожайности. Наиболее распространёнными сорняками гороха являются марь белая (*Chenopodium album*), просо куриное (*Echinochloa crusgalli*), бодяк полевой, осот розовый (*Cirsium arvense*), гулявник (*Sisymbrium irio*), осот огородный (*Sonchus*

oleraceous, мальва мелкоцветковая (*Malva parviflora*), овсюг (*Avena fatua*), плевел (*Lolium* sp.), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*), горец вьюнковый, гречишка (*Fallopia convolvulus*). Сорняки могут снизить урожай гороха до 64 %, если их не контролировать. Эта потеря значительна в критический период раннего роста и развития сельскохозяйственных культур. Этот критический период конкуренции между посевами и сорняками у гороха составляет от 40 до 60 дней после посева. Сорняки конкурируют с культурой за солнечный свет, воду и питательные вещества, а также могут служить убежищем для насекомых-вредителей и патогенов, которые могут повлиять на урожайность сельскохозяйственных культур. Кроме того, поздние сорняки могут снизить урожайность и качество зёрен гороха (такие, как Амброзия полыннолистная, *Ambrósia artemisiifolia*) [141].

Борьба с сорной растительностью – важнейший приём ухода за посевами. Её проводят путём агротехнических и химических приёмов.

Из агротехнических способов борьбы с сорняками успешной является качественная основная обработка почвы (отвальная, чизельная) на глубину 25-27 см, с осенним выравниванием почвы и борьба с многолетними сорняками, используя гербициды сплошного действия – глифосат, в фазе розетки сорняка. Эффективно применять довсходовое и послевсходовое боронование.

Боронование до всходов проводится обычно на 4-5 день после сева. При затяжном периоде от сева до появления всходов боронование может повторяться, но не позже образования у семян гороха корешка зародыша длиной 1 см. Послевсходовое боронование проводится при высокой засорённости посевов, в фазе образования у гороха 3-5 листьев. Для боронования по всходам поверхность почвы должна быть хорошо выровненной. Боронование выполняют в дневное время только поперёк рядков или по диагонали боронами с оттянутыми зубьями при скорости не выше 6 км/ч.

На лёгких почвах для боронования используют лёгкие или сетчатые бороны типа ЗБП-0,6А и БСО-4А, на средних и тяжёлых – средние зубовые, например, БЗСС- 1,0. На сильно засорённых почвах боронования часто бывает недостаточно для ограничения численности сорняков ниже порога их вредности. В этом случае необходимо

применение гербицидов. Они вносятся довсходовым и послевсходо-вым способом.

Действие почвенных гербицидов сильно зависит от степени увлажнения почвы. При засухе они практически не действуют. При послевсходовом применении действие гербицидов не зависит от почвенных условий.

В борьбе с сорной растительностью в посевах гороха применяют гербициды [141]:

- Гезагард, КС – гербицид почвенного действия, опрыскивают почву до посева под боронование, эффективен против двудольных однолетних и злаковых сорняков
- Базагран, ВР – применяют при выращивании гороха на зерно, контактный гербицид против однолетних двудольных сорняков, используют в фазе 3-6 листьев гороха в дозе 2-3 л/га;
- Агритокс – применяют при выращивании гороха на зерно против однолетних двудольных сорняков, опрыскивание проводят в фазе 3-5 настоящих листьев гороха в дозе 0,5-0,8 л/га;
- Фюзилад Супер – против однолетних и многолетних злаковых сорняков, опрыскивание посевов в фазе 4-5 листьев у гороха;
- Фюзилад Форте – против однолетних и многолетних злаковых сорняков, опрыскивание посевов в фазе 2-4 листьев у сорняков, независимо от фазы вегетации культуры;
- Сапфир, ВРК – применяют при выращивании гороха на зерно против однолетних и многолетних злаковых сорняков, опрыскивание почвы после посева или в фазе 3-6 листьев гороха.

2 ОБОСНОВАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И УСЛОВИЯ ИХ ПРОВЕДЕНИЯ

2.1. Обоснование исследований

Горох – основная зерновая бобовая культура в России, отличающаяся обширным ареалом возделывания. Его успешно выращивают в разных почвенно-климатических условиях: на севере – до приполярной зоны, а на юге, западе и востоке – до государственных границ нашей страны. Это одна из культур, имеющая значительный высотный предел распространения в России – до 2000-2480 м над уровнем моря. Учитывая большое разнообразие почвенно-климатических условий в основных земледельческих регионах Российской Федерации, в производстве широко возделываются контрастные по морфобиологии сорта, как традиционные, так и оригинальные, с уникальным комплексом признаков. Целесообразность такого подхода определяется различием адаптивных реакций между группами морфотипов. Для каждого региона созданы сорта гороха посевного, хорошо приспособленные к конкретным почвенно-климатическим условиям [142].

Неоценимо и значение гороха как ценного корма, отличающегося не только высоким содержанием белка, но и сбалансированным аминокислотным составом. Обогащение рациона сельскохозяйственных животных горохом позволяет снизить расход кормов на производство животноводческой продукции, удешевить её себестоимость. Семена гороха используют и как один из видов зернового высокобелкового сырья для производства комбикормов, а также используют горох на силос, зелёный корм, сенаж.

Горох как азотфиксирующая культура имеет большое агротехническое значение. Корневая система его отличается высокой усвояющей способностью и довольно глубоко проникает в почву, в результате чего горох использует труднорастворимые и малодоступные для злаков минеральные соединения не только из пахотного слоя, но и из более глубоких слоёв почвы. После него повышается эффективность

усвоения органических удобрений последующими культурами, особенно зерновыми и техническими. Посевы гороха применяют и как зелёное удобрение.

Горох имеет большое агротехническое значение. При помощи клубеньковых бактерий, развивающихся на его корнях, он усваивает свободный азот воздуха, переводит его в формы, доступные для растений, а после его уборки в почве остаётся большое количество азота. Горох не только покрывает свою повышенную, по сравнению с другими растениями, потребность в азотном питании, но и значительно обогащает почву азотом. Это – лучший предшественник для всех культур – азотопотребителей.

Все эти способности гороха являются важными факторами повышения почвенного плодородия, доказывают его высокую ценность как лучшего предшественника зерновых, технических и других культур. При этом качество зерна пшеницы и других культур, высеваемых после гороха, значительно выше. Горох накапливает в вегетативных частях значительно больше стронция и цезия, чем злаковые, вследствие чего его можно использовать для очистки почвы от загрязнения радиоактивными продуктами.

Семена гороха, в зависимости от сорта и условий выращивания содержат (в % на сухое вещество): 9-15 воды, 18-35 белка, 46-60 безазотистых экстрактивных веществ (в том числе 20-50 крахмала, 4-10 сахаров), 0,6-1,5 жира, 2-10 клетчатки, 2-4 золы. Как и все зернобобовые, горох, благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями, накапливает в 2-3 раза больше белка, чем хлебные злаки [138, 143-145].

Почвенно-климатические условия Ростовской области позволяют наряду с зерновыми культурами успешно возделывать и зернобобовые, в том числе перспективные и востребованные для региона культуры, такие как горох [140]. В связи с этим, актуальной становится совершенствование ключевых элементов технологии выращивания гороха в конкретных почвенно-климатических условиях для повышения урожайности этой культуры.

Современными селекционерами достигнуты определённые успехи в селекции гороха, выведен ряд перспективных, урожайных сортов, в числе которых сорта Премьер и Сотник. В то же время боль-

шинство вопросов агротехники возделывания гороха в конкретных почвенно-климатических условиях остаются слабо разработанными.

Одним из важнейших вопросов реализации биологического потенциала продуктивности новых сортов сельскохозяйственных культур, в том числе гороха, состоит в установлении влияния предшественников, способов основной обработки почвы (отвальной, комбинированной, чизельной), уровней минерального питания, как на плакорных, так и на эродированных почвах.

Агротехника возделывания гороха, учитывая специфику реакции сорта на почвенно-климатические условия, предшественник, обработку почвы, сроки посева, нормы высева, уровень минерального питания и другие средства повышения продуктивности и качества зерна, позволяет соединить на практике достижения селекции, земледелия, агрохимии. Сортовая агротехника позволит перейти на адаптированные системы выращивания гороха, что в значительной мере повысит конкурентоспособность этой культуры и является важным условием расширения её площадей. В связи с этим, разработка основных элементов технологии возделывания новых сортов гороха селекции ФГБНУ ФРАНЦ в настоящее время имеет актуальное значение.

Ключевыми элементами технологии возделывания гороха являются рациональные способы основной обработки почвы, оптимальная норма высева семян и эффективный фон минерального питания культуры.

Анализ литературных источников показывает, что в рекомендациях по основным элементам технологии возделывания гороха (способ основной обработки почвы, фон минерального питания, норма высева семян) отмечаются определённые противоречия. В условиях Ростовской области данная проблема исследована недостаточно, особенно на эродированных землях. Этим обусловлена необходимость исследований по установлению оптимального способа основной обработки почвы, нормы высева семян и фона минерального питания, при возделывании новых перспективных сортов гороха Сотник и Премьер на плакорных и эродированных землях чернозёмов обыкновенных.

2.2 Схема опытов и методика исследований

Схема опытов. Исследования проводились на опытном стационаре ФГБНУ ФРАНЦ. Объектом исследований являлись новые сорта гороха Сотник и Премьер, предметом исследований – их урожайность в зависимости от нормы высева, способа основной обработки почвы и уровня минерального питания на плакорных и эродированных землях.

Исследования вели по трём направлениям:

Направление 1. – Установление оптимального сочетания ключевых элементов технологии возделывания новых сортов гороха Сотник и Премьер, способствующих более полному раскрытию потенциала сорта в аспекте ресурсосбережения на плакорных землях приазовской зоны Ростовской области. Варианты опыта расположены в пространстве в трёхкратной повторности. Опыт трёхфакторный: 1) способы основной обработки почвы; 2) фон минерального питания и 3) норма высева семян. Площадь опытной деланки низшего порядка 80 м^2 , учётная площадь 44 м^2 . Предшественником изучаемых сортов гороха в годы исследований служила озимая пшеница.

Согласно схеме опыта изучали следующие варианты (рисунок 16):

1. Способ основной обработки почвы (фактор А).
 - отвальная вспашка на глубину 25-27 см плугом ПС-3+1 на глубину 25-27 см;
 - комбинированная обработка (дискование на 14-16 см бороной БДМ-3×4 в агрегате с трактором Т-150 + щелевание на глубину 40-45 см щелерезом ЩН-2 в агрегате с трактором Т-150);
 - безотвальная (чизельная) обработка на глубину 25-27 см ПС-3+1 (плуг скоростной) в агрегате с Т-150;
2. Норма высева семян (фактор В) – 0,8; 1,0; 1,2 млн/га всхожих семян;
3. Уровень применения удобрений (фактор С) – без удобрений (0); средний ($\text{N}_{15}\text{P}_{40}\text{K}_{40}$); высокий ($\text{N}_{30}\text{P}_{80}\text{K}_{80}$).

Способ основной обработки почвы	Норма высева, млн шт./га	Фон питания
чизельная	0,8	без удобрений
		N ₁₅ P ₄₀ K ₄₀
		N ₃₀ P ₈₀ K ₈₀
	1,0	без удобрений
		N ₁₅ P ₄₀ K ₄₀
		N ₃₀ P ₈₀ K ₈₀
	1,2	без удобрений
		N ₁₅ P ₄₀ K ₄₀
		N ₃₀ P ₈₀ K ₈₀
комбинированная	0,8	без удобрений
		N ₁₅ P ₄₀ K ₄₀
		N ₃₀ P ₈₀ K ₈₀
	1,0	без удобрений
		N ₁₅ P ₄₀ K ₄₀
		N ₃₀ P ₈₀ K ₈₀
	1,2	без удобрений
		N ₁₅ P ₄₀ K ₄₀
		N ₃₀ P ₈₀ K ₈₀
отвальная	0,8	без удобрений
		N ₁₅ P ₄₀ K ₄₀
		N ₃₀ P ₈₀ K ₈₀
	1,0	без удобрений
		N ₁₅ P ₄₀ K ₄₀
		N ₃₀ P ₈₀ K ₈₀
	1,2	без удобрений
		N ₁₅ P ₄₀ K ₄₀
		N ₃₀ P ₈₀ K ₈₀

Рисунок 16 – Схема полевого опыта с горохом по направлению 1

Подготовку почвы под посев изучаемых сортов гороха начинали в летне-осенний период, она включала лущение стерни, внесение фосфорно-калийных удобрений, основную обработку почвы. Две культивации зяби на глубину 10-12 см культиватором КПС-4 в агре-

гате с трактором МТЗ-82 проводили в осенний период с целью выравнивания поля. Это позволяло создать благоприятные условия для прорастания многолетних сорняков, борьбы с ними в осенний период с применением гербицида сплошного действия Спрут Экстра, ВР (540 г/л) с нормой 3 л/га в фазе развития двух настоящих листьев сорняков, расход рабочего раствора 100 л/га. Удобрения применяли в два этапа: перед основной обработкой почвы вносили суперфосфат и хлористый калий дозами $P_{40}K_{40}$ и $P_{80}K_{80}$, а под предпосевную культивацию – аммиачную селитру дозами N_{15} и N_{30} .

Предпосевную обработку почвы производили культиватором АКН-2,8 в агрегате с МТЗ-80 во всех вариантах опыта, а посев гороха изучаемых сортов осуществлялся в ранневесенние сроки, совпадающие со сроками сева яровых зерновых культур, что позволило более эффективно использовать весенние запасы продуктивной влаги для более быстрого прорастания семян, формирования корневой системы и надземных органов, меньшего повреждения растений болезнями и вредителями. В 2019 г. посев производился 5 апреля, в 2020 г. – 17 марта, в 2021 г. – 3 апреля. Посев проводили селекционной сеялкой СС-11 в агрегате с трактором Т-25 с глубиной заделки семян 5-6 см и последующим прикатыванием посевов кольчатыми катками. Для борьбы со злаковыми сорняками в годы исследований проводили довсходовое боронование зубовой бороной БЗСС-1,0, а также боронование по всходам в фазе двух-трёх настоящих листьев.

Направление 2. По направлению 2 изучали особенности формирования урожайности сортов гороха Премьер и Сотник при различных нормах минеральных удобрений и высева семян для совершенствования системы удобрения и оптимизации минерального питания растений в полевых севооборотах приазовской зоны Ростовской области на плакорных землях (рисунок 17). Двухфакторный опыт был заложен при отвальной основной обработке почвы после озимой пшеницы для изучения влияния уровней минерального питания на продуктивность гороха, накопление основных элементов питания в растениях, вынос питательных веществ с урожаем, структуру урожая.

Норма высева, млн шт./га	Фон питания
0,8	N ₂₀
	N ₃₀
	N ₆₀
	P ₂₀
	N ₂₀ P ₂₀
	N ₃₀ P ₂₀
	N ₆₀ P ₂₀
	P ₄₀
	N ₂₀ P ₄₀
	N ₃₀ P ₄₀
	N ₆₀ P ₄₀
1	N ₂₀
	N ₃₀
	N ₆₀
	P ₂₀
	N ₂₀ P ₂₀
	N ₃₀ P ₂₀
	N ₆₀ P ₂₀
	P ₄₀
	N ₂₀ P ₄₀
	N ₃₀ P ₄₀
	N ₆₀ P ₄₀
1,2	N ₂₀
	N ₃₀
	N ₆₀
	P ₂₀
	N ₂₀ P ₂₀
	N ₃₀ P ₂₀
	N ₆₀ P ₂₀
	P ₄₀
	N ₂₀ P ₄₀
	N ₃₀ P ₄₀
	N ₆₀ P ₄₀

Рисунок 17 – Схема полевого опыта с горохом по направлению 2.

По направлению 3 изучали влияние способов основной обработки почвы в почвозащитном аспекте при разных уровнях минерального питания сорта гороха Сотник на агрофизические свойства почвы, запасы продуктивной влаги в почве, водопотребление культуры и её урожайность на эрозионно-опасных склонах чернозёмов обыкновенных.

В опыт включены два фактора: обработка почвы и удобрения (рисунок 18). Предшественник гороха – яровой ячмень. Исследования проводились по трём вариантам основной обработки почвы в севооборотах: отвальная вспашка (контроль), безотвальная (чизельная) и комбинированная обработка.

Способ основной обработки почвы	Фон питания
чизельная	без удобрений
	P ₅₀
	P ₉₀
комбинированная	без удобрений
	P ₅₀
	P ₉₀
отвальная	без удобрений
	P ₅₀
	P ₉₀

Рисунок 18 – Схема полевого опыта с горохом по направлению 3

Система обработки почвы. Отвальная обработка – отвальная вспашка скоростным плугом ПС-3+1 на глубину 25-27 см. Плуг в четырёхкорпусном варианте оборудован сменными корпусами для обработки почвы с оборотом пласта и сменными стойками чизеля, позволяющими разрушать почвенные уплотнения на глубину до 50 см в условиях тяжёлых суглинистых почв чернозёма обыкновенного Ростовской области.

Чизельная обработка осуществлялась скоростным чизельным плугом ПС-3+1 с чизельными стойками на глубину 25-27 см. Комбинированная обработка (К) проводилась дисковой бороной БДМ-3х4,

затем – обработка щелерезом ЩН-1 на глубину 40-45 см. Под посев озимых после непаровых предшественников проводилась обработка дисковой бороной БДМ-3х4.

Система удобрения. «О» – без применения удобрений (естественное плодородие). «1» – первый уровень применения удобрений – P_{50} кг/га д. в., «2» – второй уровень применения удобрений – P_{90} кг/га д. в. Опыт был заложен в системе контурно-полосной организации территории. Размеры опытных делянок: $258,8 \text{ м}^2$ (3,75 м х 69 м), поля севооборотов 2070 м^2 (69 м х 30 м). Размер учётной площади составил 50 м^2 .

Общая площадь опыта 26,5 га, из них опытными делянками занято 9,3 га, запольными участками – 5,7 га, поглотительными полосами – 11,5 га.

Стационарные полевые опыты зарегистрированы в Географической сети опытов с удобрениями как длительные опыты, продолжающиеся: по направлению 2 с 1974 года (аттестат № 018), а по направлению 3 – с 1986 года (аттестат № 169).

Методика исследований. В исследованиях применялись общепринятые методики: полевого опыта Б.А. Доспехова [146]; методика Государственного сортоиспытания [147], методика изучения водного баланса А.Н. Костякова [148]; агрохимические методы исследований почв [149] и др.

В период вегетации культур выполнялись следующие общие учёты, наблюдения и анализы:

1) Фенологические наблюдения – по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989) [147].

2) Учёт густоты стояния растений гороха на закреплённых площадках площадью $0,25 \text{ м}^2$ в четырёхкратной повторности по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989) [147].

3) Учёт засорённости посевов до применения гербицидов (количественно-весовым методом с определением видового состава сорняков) [150].

4) Анализ структуры урожая гороха – по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [147].

5) Учёт урожая гороха – прямым комбайнированием (Сампо – 500) со взвешиванием зерна с каждой делянки [146,147].

6) Определение качества полученной продукции (ГОСТ 10846-91).

7) Математическая обработка полученных данных, Б.А. Доспехов [146].

8) Расчёт эффективности применяемых удобрений и экономической эффективности применяемых технологий на вариантах опыта по методике ВНИИЭСХ (1998) [151].

Дополнительно велись учёты и наблюдения на стационаре эрозии по направлению 3, где проводили:

– определение влажности почвы и запасов продуктивной влаги термостатно-весовым методом в слое почвы 0-100 см под горохом (ежегодно в два срока – при посеве и уборке) [152, 153]. Определение баланса продуктивной влаги на посевах гороха – по методике А.Н. Костякова [148];

– определение водопроницаемости почвы в посевах гороха по всем изучаемым способам обработки почвы методом трубок (по Качинскому) в два срока [152];

– определение структурно-агрегатного состава почвы на посевах гороха по всем изучаемым способам обработки почвы методом Саввинова (метод качания сит) и водопрочных агрегатов на приборе Бакшеева, в слое почвы 0-10, 10-20, 20-30 см (ежегодно в два срока – при посеве и уборке) [152];

– определение плотности сложения почвы на посевах гороха по всем изучаемым способам обработки почвы, в образцах с ненарушенным сложением, в слое почвы 0-10, 10-20, 20-30 см – по Б.А. Доспехову (ежегодно в два срока – при посеве и уборке) [152];

Анализ почвы на азот нитратный по ГОСТ 26489-86, аммонийный – по ГОСТ 26489-85; подвижный фосфор и обменный калий – по методу Мачигина, ГОСТ 26205-84. Отбор почвы по слоям 0-10, 10-20 и 20-30 см перед посевом и после уборки гороха;

– определение запаса воды в снеге, стока талой и ливневой воды, смыва и размыва почвы измерением объёма водороев на фоне различных способов обработки почвы (методом микроплощадок) [154].

2.3 Почвенно-климатические и погодные условия проведения исследований

Почвенно-климатические условия. Почва опытного участка представлена чернозёмом обыкновенным, очень тёплым, карбонатным среднемощным легкосуглинистым, на лёссовидном суглинке. Содержание гумуса в пахотном слое 4,0-4,2 %, общего азота 0,22-0,25 %. Содержание минерального азота и подвижного фосфора низкое, обменного калия – повышенное. Реакция почвенного раствора слабощелочная (рН 7,1-7,3). Плотность сложения пахотного слоя в ненарушенном состоянии составляет 1,26 г/см³.

Климат зоны проведения исследований – засушливый, умеренно жаркий, континентальный. Средне многолетняя годовая температура воздуха составляет 9,5°C, сумма температур воздуха 3200-3400°C. Продолжительность тёплого периода 230-260 дней, безморозного – 175-180 дней. Приход ФАР за вегетационный период 3,5-4 млрд ккал/га. имеет выраженный годовой ход.

Среднегодовое количество осадков около 450-500 мм. За тёплый период их выпадает до 300 мм. Относительно небольшое количество осадков в сочетании с высокими температурами определяет низкие значения влажности воздуха и почвы, частую повторяемость засух. Наименьшие значения относительной влажности воздуха отмечены в июле (50-60 %), в отдельные дни они могут быть 25-30 % и ниже [155]. Максимальный запас влаги отмечен ранней весной.

Переход температуры воздуха через 0°C наступает обычно в первой декаде марта; через 10°C – в конце второй декады апреля. Средняя многолетняя температура воздуха весеннего сезона составляет 9,5°C, но в первой-второй декадах мая возможно понижение температуры воздуха до 0°C и ниже. Весна характеризуется ветрами, приобретающими характер суховеев. Таких дней в апреле-мае насчитывается до 15-17. В течение весны выпадает 110-120 мм осадков.

Нарастание тепла идёт очень быстро, и уже в первой половине мая устанавливается лето, жаркое и сухое. Средняя температура наиболее тёплого месяца июля + 22-24°C, максимальная может достигать 38-40°C. Особенностью лета является довольно частая повторяемость суховейных явлений. Осадков выпадает до 150 мм, носят они,

как правило, ливневый характер и часто сопровождаются выпадением града.

В целом следует отметить, что природно-климатические условия места проведения исследований в среднемноголетнем разрезе являются относительно благоприятными для возделывания ранних яровых культур.

Метеорологические условия вегетационного периода гороха за 2019-2021 гг. имели существенные отличия. Вегетационный период гороха в годы проведения исследований отличался высокими термическими условиями и низкой степенью влагообеспеченности. Сумма температур за период вегетации гороха находилась в пределах 2198-2344°C, что выше среднемноголетних значений на 5-12 % (таблица 1).

Таблица 1 – Основные метеорологические показатели за период вегетации гороха. Рассвет, 2019-2021 гг.

Месяц, год	Сумма температур воздуха, °С	Осадки, мм	Влажность воздуха, %	ГТК
2019 год				
Апрель	332,7	41,8	68	1,26
Май	578,8	66,8	61	1,15
Июнь	743,7	16,2	60	0,22
Июль	689,0	40,6	56	0,59
За период апрель-июль	2344,2	165,4	61,3	0,71
2020 год				
Апрель	270,1	14,0	35,0	0,50
Май	466,3	51,2	43,0	1,10
Июнь	686,1	21,0	61,0	0,30
Июль	775,7	34,6	54,0	0,40
За период апрель-июль	2198,2	120,8	48,3	0,50
2021 год				
Апрель	290,9	59,4	78,0	2,04
Май	547,5	52,0	70,0	0,95
Июнь	649,2	51,2	74,0	0,79
Июль	807,3	42,4	59,0	0,50
За период апрель-июль	2294,9	205,0	70,3	0,89
Среднемноголетнее	2086,0	207,0	62,0	0,99

Одним из характерных показателей, характеризующих условия роста и развития растений в отдельные периоды и в целом за вегетацию, является гидротермический коэффициент (ГТК), отражающий отношение суммы атмосферных осадков к сумме активных температур воздуха [156].

В апреле следует отметить относительно благоприятные погодные условия в части влагообеспеченности: в 2019 и 2020 годах выпало большое количество осадков в сумме 42 и 59 мм, гидротермический коэффициент (ГТК) составил 1,26 и 2,04 соответственно. Исключение составил 2020 год, когда сумма осадков составила всего 14 мм, а ГТК = 0,50.

В мае также сложились достаточно благоприятные условия по обеспеченности влагой, при этом ГТК находился в пределах 0,95-1,15, с количеством осадков 51-67 мм. В то же время значительная часть периода активной вегетации гороха характеризовалась неравномерностью выпадения атмосферных осадков при их резком дефиците в июне, где количество осадков составило в 2019 году всего 16 мм, а в 2020 году – 21 мм, при ГТК = 0,22 и 0,30 соответственно.

При этом показатели среднесуточных температур воздуха были существенно выше нормативных показателей.

Относительно благоприятные условия для вегетации гороха отмечены в июле, когда количество осадков возросло до 35-42 мм. Однако эта атмосферная влага практически не оказала положительного влияния на формирование урожая. За этот же период лишь 2021 год соответствовал среднемноголетним значениям атмосферных осадков (205-207 мм), в 2019 году их сумма составила 165, а в 2020 году 121 мм, что ниже на 20,3 и 41,5 % соответственно. Низкая влагообеспеченность подтверждается значениями гидротермического коэффициента, который составил в первые два года 0,71 и 0,50 соответственно, снижаясь в июне-месяце до критических значений 0,22-0,30, что характеризует период как очень засушливый, а июнь – как сухой.

Учитывая биологические особенности гороха, на основании метеорологических показателей необходимо оценить условия для роста и развития растений в основные периоды вегетации культуры, сложившиеся в годы исследований. Характерны показатели обеспеченности теплом и влагой сорта Премьер (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика и продолжительность основных межфазных периодов вегетации гороха сорта Премьер на фоне N₃₀P₈₀K₈₀ при отвальной обработке почвы. Рассвет, 2019-2021 гг.

Период вегетации	Год	Продолжительность межфазного периода, дней	Сумма температур воздуха, °С	Средняя температура воздуха, °С	Сумма осадков, мм	ГТК
Посев – всходы	2019	13	147,3	11,3	34,6	2,35
	2020	19	126,4	6,7	8,0	0,06
	2021	15	129,9	8,7	41,8	3,22
Всходы – цветение	2019	35	611,2	17,5	70,0	1,15
	2020	40	468,0	11,7	34,2	0,73
	2021	36	527,1	14,6	67,6	1,28
Цветение – образование плодов	2019	18	439,6	24,4	9,6	0,22
	2020	20	308,4	15,4	42,4	1,37
	2021	22	417,3	19,0	41,4	0,99
Образование плодов – полная спелость	2019	31	714,5	23,0	20,4	0,29
	2020	27	643,6	23,8	9,6	0,15
	2021	26	641,3	24,7	12,4	0,19
За весь период вегетации	2019	84	1675,3	19,9	100,0	0,60
	2020	87	1420,0	16,3	86,2	0,61
	2021	84	1585,7	18,9	121,4	0,77
Вегетационный период	2019	97	1822,6	18,8	134,6	0,74
	2020	106	1546,4	14,6	87,0	0,56
	2021	99	1715,6	17,3	163,2	0,95

Продолжительность разных периодов вегетации гороха зависела от обеспеченности растений теплом и влагой. Период «посев – всходы» в разные годы исследований имел резкие отличия по показателям обеспеченности растений теплом и влагой. В 2019 году выпало значительное количество атмосферных осадков, которое при благоприятных температурах обеспечило ГТК=2,35 и обусловило быстрые всходы через 13 дней. Противоположная обеспеченность периода в 2020 году с низкими среднесуточными температурами (6,7°С) и минимумом осадков предопределило высокую продолжительность периода. В 2021 году за предвсходовый период выпал избыток осадков, а ГТК достиг 3,22. Период от всходов до цветения гороха по тепловлаго-

обеспеченности был благоприятным для растений, что видно из ГТК, составившего в 2019-2021 гг. соответственно 1,05; 0,78, и 1,22.

Период «цветение – образование плодов» для гороха является критическим по потребности растений во влаге, что оказывает существенное влияние на дальнейшее формирование урожайности. Условия 2019 года в эту фазу развития растений были неблагоприятны для гороха, что отражают незначительное количество осадков при высоких температурах воздуха и ГТК, не превысивший 0,22.

Значительно лучшая влагообеспеченность периода отмечена в 2020 и 2021 годах с суммой осадков 42,4 и 41,4 мм осадков, достаточной теплообеспеченностью, обеспечивших оптимальные значения ГТК (1,29 и 0,99).

Период от образования плодов до полной спелости гороха в годы исследований также имел существенные отличия, что отражено показателями ГТК – 0,29; 0,15 и 0,19 по годам с 2019 по 2021 гг., соответственно. Аналогичные закономерности выявлены и на других вариантах изучаемых сортов.

В целом, ГТК вегетационного периода гороха в 2019 г. составил 0,74, в 2020 г – 0,56., 2021 г. – 0,95. Однако в период активной вегетации культуры (всходы – полная спелость) данные 2019 и 2020 гг. оказались практически одинаковыми – 0,60 и 0,61 при более высоком показателе 2021 г. – 0,77. Следует отметить наиболее благоприятные условия тепловлагообеспеченности в 2021 году с распределением атмосферных осадков по периодам вегетации, когда растения больше всего нуждаются в почвенной влаге [65].

Таким образом, большая часть периода активной вегетации гороха характеризовалась высокими среднесуточными температурами воздуха, превышающими среднемноголетние значения. При этом развитие растений в период наибольшей потребности во влаге происходило в целом за период вегетации в условиях дефицита влагообеспеченности.

3 ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НОВЫХ СОРТОВ ГОРОХА В УСЛОВИЯХ ПЛАКОРНОГО ЛАНДШАФТА

3.1 Запасы продуктивной почвенной влаги при возделывании новых сортов гороха на плакорных землях

При возделывании сельскохозяйственных культур в богарных условиях решающее влияние на формирование урожая оказывает величина влажности почвы, которая, в свою очередь, зависит от метеорологических факторов, самым значительным из которых является сумма атмосферных осадков в период вегетации.

Горох требователен к влаге, сравнительно холодостоек и относительно малотребователен к теплу. Оптимальная температура для гороха при прорастании 4-5°C, в период формирования вегетативных органов 14-16°C, в период формирования генеративных органов 18-20°C, для развития бобов и налива семян 18-22°C. Для набухания и прорастания необходимо 100-120 % воды от сухой массы семян, т.е. в 2-2,5 раза больше, чем для хлебных злаков. Потребность гороха во влаге по мере его роста постепенно возрастает и достигает наибольшей величины к началу цветения. Критическим периодом по отношению к влаге является период «цветение – плодообразование».

Продолжительность периодов роста и развития растений гороха в годы исследований имели существенные отличия в зависимости от условий влагообеспеченности. Разные способы основной обработки почвы и фон минерального питания оказывали влияние на сроки наступления и продолжительность фаз развития растений, но соответствующая разница не превышала 1-2 суток. При одинаковых сроках посева продолжительность вегетации гороха сорта Сотник была на 4-6 суток короче, чем сорта Премьер.

Следует отметить, что в предпосевной период отмечались некоторые отличия по величине запасов продуктивной почвенной влаги в

метровом слое при разных способах основной обработки: на участках комбинированной и чизельной обработок эти показатели были на 4-6 % выше, чем при вспашке. Однако, уже к периоду начала цветения растений эта разница в почвенных влагозапасах нивелировалась [65, 130,131]. При этом, если в вышеназванном слое содержится влаги более 160 мм, – запасы оцениваются как «очень хорошие», 160-130 мм – «хорошие», 130-90 мм – «удовлетворительные», 90-60 мм – «плохие» и менее 60 мм – «очень плохие» [153].

Некоторые различия в содержании продуктивной влаги метрового слоя почвы наблюдались при разных способах основной обработки, в то время как разные нормы внесения удобрений под горох, а также нормы высева семян, не оказывали заметного влияния на изменение влажности почвы на вариантах опыта. Характерны показатели влагозапасов под горохом сорта Премьер в основные периоды вегетации культуры на варианте с высоким фоном NPK и нормой высева семян 1,2 млн шт./га (таблица 3).

Таблица 3 – Запасы продуктивной влаги в слое 1,0 м в разные фазы вегетации гороха в зависимости от способов основной обработки почвы. Рассвет, 2019-2021 гг., мм

Способ основной обработки	Посев	Всходы	Цветение	Полная спелость
2019 год				
Отвальный	164	175	88	44
Комбинированный	173	178	93	49
Чизельный	169	172	90	43
2020 год				
Отвальный	169	131	108	35
Комбинированный	176	136	112	37
Чизельный	174	134	111	32
2021 год				
Отвальный	158	166	138	55
Комбинированный	167	174	142	59
Чизельный	164	173	139	54

Как следует из приведённых данных, распределение почвенной влаги в разные периоды вегетации гороха по годам исследований име-

ло существенные отличия. Так, перед посевом культуры в 2019 г. запасы продуктивной влаги метрового слоя почвы при разных способах её обработки были в пределах 164-173 мм и характеризовались, как «очень хорошие». Наибольшее отличие в показателях отмечалось между вариантами с отвальной и комбинированной обработками, составив 9 мм, или 5,5 %. Однако, уже в период полных всходов и цветения гороха эта разница исчезла, что отмечалось во все годы исследований. Метеоусловия послепосевного периода характеризовались обилием атмосферных осадков, что привело к повышению почвенных влагозапасов под культурой в фазу полных всходов. После всходов гороха отмечалось длительное отсутствие осадков, при относительно высоких среднесуточных температурах воздуха. По этой причине к фазе цветения, когда потребность растений во влаге наибольшая, почвенные влагозапасы опустились до уровня 88-93 мм, что характеризует их запас на грани «удовлетворительного» и ниже. К концу вегетации запасы продуктивной влаги снизились до крайне низкого уровня, что наблюдалось во все годы исследований.

В 2020 году перед посевом гороха запасы продуктивной почвенной влаги были высокими (169-176 мм), а наибольшая разница по вариантам опыта между вариантами с отвальной и комбинированной обработками не превысила 4,1 %. К фазе полных всходов растений продуктивные влагозапасы метрового слоя при разных обработках были в пределах 131-136 мм, оцениваясь как «хорошие», а в период цветения характеризовались как «удовлетворительные», не опускаясь ниже 108-112 мм.

Условия 2021 г. были наиболее благоприятны для роста и развития гороха. Перед посевом запасы продуктивной влаги по вариантам опыта не опускались ниже 158-167 мм, а разница в соответствующих показателях между отвальной и комбинированной обработками составила 5,7 %. Под воздействием атмосферных осадков, выпавших в послепосевной период, уровень почвенных влагозапасов к фазе полных всходов возрос до 166-174 мм, характеризуясь как «очень хороший». В период цветения, когда потребность растений во влаге наибольшая, запасы метрового слоя не опускались ниже 138-142 мм, оцениваясь как «хорошие».

В целом, изучаемые разные способы основной обработки почвы не оказали существенного влияния на запасы продуктивной почвен-

ной влаги метрового слоя. Перед посевом гороха несколько больше почвенной влаги сохранялось после более глубокой комбинированной обработки (щелевание + дискование), но соответствующая разница между этими вариантами не превышала 4,1-5,7 %. При этом уже к фазе полных всходов и цветения растений указанные различия практически исчезли.

3.2 Урожайность новых сортов гороха на плакорных землях в зависимости от способа обработки почвы, нормы высева семян и фона минерального питания

Отличия в условиях вегетации новых сортов гороха под влиянием ключевых элементов технологии возделывания, в частности, разных способов основной обработки почвы, нашли отражение в показателях урожайности (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность новых сортов гороха в зависимости от способа основной обработки почвы. Рассвет, 2019-2021 гг., среднее.

Способ основной обработки	Норма семян, млн шт./га	Урожайность, т/га / фон NPK			Изменение урожайности, фон NPK					
		б/у	0,5 NPK	NPK	б/у		0,5 NPK		NPK	
					т/га	%	т/га	%	т/га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Сорт Премьер										
Отвальная	0,8	1,51	1,88	2,18	-	-	-	-	-	-
Комбинированная		1,48	1,80	2,11	-0,03	2,0	-0,08	4,3	-0,07	3,2
Чизельная		1,50	1,83	2,10	-0,01	0,7	-0,05	2,7	-0,08	3,7
Отвальная	1,0	1,73	2,12	2,50	-	-	-	-	-	-
Комбинированная		1,66	2,01	2,36	-0,07	4,0	-0,14	6,6	-0,14	5,6
Чизельная		1,66	2,06	2,38	-0,07	4,0	-0,06	2,8	-0,12	4,8
Отвальная	1,2	1,95	2,44	2,82	-	-	-	-	-	-
Комбинированная		1,91	2,33	2,65	-0,04	2,1	-0,11	4,5	-0,17	6,0
Чизельная		1,89	2,37	2,71	-0,06	3,1	-0,07	2,9	-0,11	3,9
Фактор А (обработка почвы): $HC_{05} = 0,10$ т/га										

Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Сорт Сотник										
Отвальная	0,8	1,49	1,85	2,09	-	-	-	-	-	-
Комбинированная		1,46	1,76	2,00	-0,03	-2,0	-0,09	4,9	-0,09	4,3
Чизельная		1,52	1,81	2,03	0,03	2,0	-0,04	2,2	-0,06	2,9
Отвальная	1,0	1,63	2,07	2,38	-	-	-	-	-	-
Комбинированная		1,59	1,98	2,20	-0,04	2,5	-0,09	4,3	-0,18	7,6
Чизельная		1,64	2,04	2,25	0,01	0,6	-0,03	1,4	-0,13	5,5
Отвальная	1,2	1,84	2,31	2,63	-	-	-	-	-	-
Комбинированная		1,76	2,23	2,44	-0,08	4,3	-0,08	3,5	-0,19	7,2
Чизельная		1,80	2,27	2,49	-0,04	2,2	-0,04	1,7	-0,14	5,3
Фактор А (обработка почвы): НСР ₀₅ = 0,09 т/га.										
Примечание. За 100% принята урожайность на варианте отвальной обработки (контроль)										

Отвальный способ обработки обеспечивал наибольшую продуктивность культуры гороха при норме высева 1,2 млн шт./га, независимо от фона удобрений, которая составила по сорту Премьер 1,95-2,82 т/га, Сотник – 1,84-2,63 т/га. При этом в условиях комбинированной обработки урожайность гороха снижалась по сорту Премьер на 0,04-0,17 т/га (2,1-6,0 %), Сотник – на 0,08-0,19 т/га (4,3-7,2 %), а после чизелевания аналогичное снижение у названных сортов составило, соответственно, 0,07-0,11 т/га (3,1-3,9 %) и 0,04-0,14 т/га (2,2-5,3 %) в сравнении с отвальной обработкой.

На вариантах чизельной обработки без применения удобрений при возделывании сорта Сотник отмечалась несколько большая урожайность, чем на контроле, но соответствующая разница не превышала 0,6-2,0 % (таблица 5).

Таблица 5 – Урожайность новых сортов гороха в зависимости от нормы высева семян. Рассвет, 2019-2021 гг., среднее.

Норма высева, млн шт./га	Способ основной обработки	Урожайность, т/га / фон NPK			Прибавка от повышения нормы высева, фон NPK					
		б/у	0,5 NPK	NPK	б/у		0,5 NPK		NPK	
					т/га	%	т/га	%	т/га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Сорт Премьер										
0,8	Отвальная	1,51	1,88	2,18	-	-	-	-	-	-
1,0		1,73	2,12	2,50	0,22	14,6	0,24	12,8	0,32	14,7

Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,2		1,95	2,44	2,82	0,44	29,1	0,56	29,8	0,64	29,4
0,8	Комби- ниро- ванная	1,48	1,80	2,11	-	-	-	-	-	-
1,0		1,66	2,01	2,36	0,18	12,1	0,21	11,7	0,25	11,8
1,2		1,91	2,33	2,65	0,43	29,1	0,53	29,4	0,54	25,6
0,8	Чизель- ная	1,50	1,83	2,10	-	-	-	-	-	-
1,0		1,66	2,06	2,38	0,16	10,7	0,23	12,6	0,28	13,3
1,2		1,89	2,37	2,71	0,39	26,0	0,54	29,5	0,61	29,0
Фактор В (норма высева): НСР ₀₅ = 0,12 т/га										
Сорт Сотник										
0,8	Отваль- ная	1,49	1,85	2,09	-	-	-	-	-	-
1,0		1,63	2,07	2,38	0,14	9,4	0,22	11,9	0,29	13,9
1,2		1,84	2,31	2,63	0,35	23,5	0,46	24,9	0,54	25,8
0,8	Комби- ниро- ванная	1,46	1,76	2,00	-	-	-	-	-	-
1,0		1,59	1,98	2,20	0,13	8,9	0,22	12,5	0,20	10,0
1,2		1,76	2,23	2,44	0,30	20,5	0,47	26,7	0,44	22,0
0,8	Чизель- ная	1,52	1,81	2,03	-	-	-	-	-	-
1,0		1,64	2,04	2,25	0,12	7,9	0,23	12,7	0,22	10,8
1,2		1,80	2,27	2,49	0,28	18,4	0,46	25,4	0,46	22,7
Фактор В (норма высева): НСР ₀₅ = 0,11 т/га										
Примечание. За 100% принята урожайность при норме высева 0,8 млн шт./га (контроль). Варианты фона удобрений: б/у – без удобрений; 0,5 NPK – N ₁₅ P ₄₀ K ₄₀ ; NPK – N ₃₀ P ₈₀ K ₈₀ .										

Результаты проведённых исследований показали, что на вариантах с разной нормой высева новых сортов гороха отмечена тенденция повышения урожайности зерна по мере увеличения нормы высева семян, независимо от фона питания и способа основной обработки почвы. Увеличение нормы высева до 1,0 млн шт./га, независимо от способа основной обработки и фона питания, способствовало повышению урожайности гороха, которая составила: по сорту Премьер 0,16-0,32 т/га (10,7-14,7 %), по сорту Сотник – 0,12-0,29 т/га (7,9-13,9 %) по сравнению с контролем. По сравнению с вариантом нормы 1,2 млн шт./га снижение урожайности при норме 1,0 млн шт./га на высоком фоне питания при разных способах основной обработки составило по сорту Премьер 0,29-0,33 т/га, сорту Сотник – 0,24-0,25 т/га (таблица 6).

**Таблица 6 – Урожайность новых сортов гороха
в зависимости от фона удобрений, ФГБНУ ФРАНЦ,
п. Рассвет, 2019-2021 гг., среднее.**

Способ обработки почвы	Норма высева, млн шт./га	Урожайность, т/га, фон NPK			Прибавка урожая от удобрений			
		б/у	N ₁₅ P ₄₀ K ₄₀	N ₃₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₅ P ₄₀ K ₄₀		N ₃₀ P ₈₀ K ₈₀	
					т/га	%	т/га	%
Сорт Премьер								
Отвальная	0,8	1,51	1,88	2,18	0,37	24,5	0,67	44,4
	1,0	1,73	2,12	2,50	0,39	22,5	0,77	44,5
	1,2	1,95	2,44	2,82	0,49	25,1	0,87	44,6
Комбини- рованная	0,8	1,48	1,80	2,11	0,32	21,6	0,63	42,5
	1,0	1,66	2,01	2,36	0,35	21,1	0,70	42,2
	1,2	1,91	2,33	2,65	0,42	22,0	0,74	38,7
Чизельная	0,8	1,50	1,83	2,10	0,33	22,0	0,60	40,0
	1,0	1,66	2,06	2,38	0,40	24,1	0,72	43,4
	1,2	1,89	2,37	2,71	0,48	25,4	0,82	43,4
фактор С (фон питания): НСР ₀₅ – 0,13 т/га								
Сорт Сотник								
Отвальная	0,8	1,49	1,85	2,09	0,36	24,2	0,60	40,3
	1,0	1,63	2,07	2,38	0,44	27,0	0,75	46,0
	1,2	1,84	2,31	2,63	0,47	25,5	0,79	42,9
Комбини- рованная	0,8	1,46	1,76	2,00	0,30	20,5	0,54	37,0
	1,0	1,59	1,98	2,20	0,39	24,5	0,61	38,4
	1,2	1,76	2,23	2,44	0,47	26,7	0,68	38,6
Чизельная	0,8	1,52	1,81	2,03	0,29	19,1	0,51	33,6
	1,0	1,64	2,04	2,25	0,40	24,4	0,61	37,2
	1,2	1,80	2,27	2,49	0,47	26,1	0,69	38,3
фактор С: НСР ₀₅ – 0,12 т/га.								
Примечание. За 100% принята урожайность на варианте без удобрений (контроль)								

Сравнивая урожайность гороха на вариантах с нормами высева 1,2 и 1,0 млн шт./га, следует отметить лучшие показатели на фоне большей нормы высева семян. Наилучшие показатели отмечены при норме высева 1,2 млн шт./га, а аналогичная прибавка у сортов гороха достигала: по сорту Премьер 0,39-0,64 т/га (26,0-29,8%), по сорту Сотник – 0,28-0,54 т/га (18,4-25,8%).

В результате исследований установлено, что внесение средних норм удобрений N₁₅P₄₀K₄₀ при разных нормах высева семян и спосо-

бах основной обработки способствовало повышению урожайности гороха сорта Премьер на 0,32-0,48 т/га, или на 21,1-25,4 %, сорта Сотник на 0,29-0,47 т/га, или на 19,1-27,0 %, по сравнению с контролем. Применение полного минерального удобрения нормой $N_{30}P_{80}K_{80}$ кг/га д. в. обеспечивало аналогичную прибавку урожайности зерна по сорту Премьер – 0,60-0,87 т/га (38,7-44,6%), по сорту Сотник – 0,51-0,79 т/га (33,6-46,0 %) [131,132].

3.3 Особенности водопотребления гороха на плакорных землях

Суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур складывалось из основных составляющих водного баланса: атмосферных осадков и расхода почвенной влаги. Коэффициент водопотребления, представляющий затраты влаги на формирование 1 т урожая, зависел также от величины урожайности. Уровень грунтовых вод на опытном участке находился на глубине более 5 м, ввиду чего их участие в водном балансе не учитывалось.

При разных способах основной обработки почвы у новых сортов гороха отмечались общие закономерности изменения водопотребления по годам в целом и элементов водного баланса в частности. Ниже рассмотрено водопотребление гороха сорта Премьер [65,131].

В 2019 году доля осадков в суммарном водопотреблении гороха при разных способах основной обработки составляла 51,7-52,9 %; влаги, поступающей из почвы – 47,1-48,3 %. Аналогичное соотношение доли осадков и расхода воды из почвы в 2020 году существенно отличалось, составив соответственно 38,1-39,4 % и 60,4-61,9 % (таблица 7).

В 2021 году доля осадков была наивысшей в опыте – 59,9-61,4 %, а доля расхода воды из почвы самой низкой – 38,6-40,1 %.

Самые низкие коэффициенты водопотребления гороха получены в 2021 году, изменяющиеся по вариантам обработок в пределах 673-747 м³/т, а самые высокие в 2019 году, достигая 1390-1452 м³/т [65,131].

**Таблица 7 – Водопотребление гороха сорта Премьер
в зависимости от способа обработки почвы на плакорных землях
(фон удобрений N₃₀P₈₀K₈₀, норма высева 1,2 млн шт./га),
2019-2021 гг.**

Способ основной обработки	Расход влаги из почвы, м ³ /га	Осадки за вегетационный период, м ³ /га	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т
2019 год					
Отвальная	1198	1346	2544	1,83	1390
Комбинированная	1239	1346	2585	1,78	1452
Чизельная	1260	1346	2606	1,80	1448
2020 год					
Отвальная	1340	870	2210	2,69	822
Комбинированная	1389	870	2259	2,54	889
Чизельная	1412	870	2282	2,63	868
2021 год					
Отвальная	1027	1632	2659	3,95	673
Комбинированная	1078	1632	2710	3,63	747
Чизельная	1093	1632	2725	3,69	738
Среднее за 2019-2021 гг.					
Отвальная	1188	1283	2471	2,82	876
Комбинированная	1235	1283	2518	2,65	950
Чизельная	1255	1283	2538	2,71	936

Таким образом, разная тепло- и влагообеспеченность вегетационных периодов гороха формировали и существенные отличия урожайности в разные годы исследований, что отразилось на показателях коэффициентов водопотребления с разницей в 1,9-2,1 раза. Наиболее рациональное использование влаги достигалось в условиях отвальной вспашки, где отмечен самый низкий в среднем коэффициент водопотребления – 876 м³/т. При комбинированной и чизельной обработки величина этого показателя составила соответственно 950 и 936 м³/т [65,131]. Таким образом, из изучаемых элементов технологии возделывания наибольшее воздействие на водный режим почвы на вариантах опыта оказали способы основной обработки. Влияние нормы высева семян и фона минерального питания оказалось минимальным.

3.4 Элементы продуктивности новых сортов гороха в зависимости от нормы высева семян и фона минерального питания

Проведённый анализ элементов продуктивности выявил существенные различия по вариантам опыта у изучаемых сортов гороха.

Математическая обработка данных показала, что у гороха сорта Премьер внесение минеральных удобрений не оказывало существенного влияния на изменение количества бобов на растении. При норме высева 0,8 млн шт./га достоверно выше контроля данный показатель наблюдался на вариантах с внесением $P_{40}K_{40}$ и $N_{30}P_{20}K_{20}$ составив 7,6 и 7,5 шт. на одно растение соответственно (таблица 8).

Таблица 8 – Элементы продуктивности гороха сорт Премьер, 2020-2021 гг.

Вариант	Кол-во бобов, шт./раст.			Кол-во семян/боб, шт.			Масса 1000 зерен, г		
	0,8 млн/га	1,0 млн/га	1,2 млн/га	0,8 млн/га	1,0 млн/га	1,2 млн/га	0,8 млн/га	1,0 млн/га	1,2 млн/га
Б/у	6,9	5,9	6,0	2,7	2,6	2,6	217,4	225,0	229,2
N_{20}	6,7	6,3	7,4	2,8	2,5	2,3	219,1	226,8	225,0
N_{30}	6,8	6,0	6,0	2,6	2,7	2,6	218,6	220,7	230,9
N_{60}	6,7	5,8	5,8	2,7	2,7	2,7	218,9	214,3	223,4
$P_{20}K_{20}$	7,4	6,9	6,7	2,8	2,5	2,5	219,6	219,6	229,3
$P_{40}K_{40}$	7,6	7,2	6,3	2,7	2,4	2,7	219,6	218,6	231,1
$N_{20}P_{20}K_{20}$	7,3	6,9	7,0	2,7	2,5	2,5	217,6	235,9	225,1
$N_{30}P_{20}K_{20}$	7,5	6,4	6,5	2,6	2,7	2,6	222,1	220,8	230,7
$N_{60}P_{20}K_{20}$	6,6	6,5	6,9	2,6	2,6	2,5	221,5	218,6	225,1
$N_{20}P_{40}K_{40}$	7,0	7,7	6,1	2,9	2,4	2,8	218,6	221,7	227,5
$N_{30}P_{40}K_{40}$	6,8	6,8	6,6	2,7	2,5	2,6	223,1	223,9	234,5
$N_{60}P_{40}K_{40}$	7,1	7,0	6,1	2,5	2,4	2,7	220,3	220,9	233,3
	НСР ₀₅ = 0,6; фактор А: НСР ₀₅ – 0,5; фактор В: НСР ₀₅ – 0,2			НСР ₀₅ = 0,2; фактор А: НСР ₀₅ – 0,1; фактор В: НСР ₀₅ – 0,1			НСР ₀₅ = 5,2; фактор А: НСР ₀₅ – 4,3; фактор В: НСР ₀₅ – 2,1		

Нормы высева оказывали значимое влияние на формирование бобов на растениях гороха. При посеве нормой 1,0 млн шт./га наблю-

далось существенное снижение данного показателя по вариантам опыта за исключением варианта $N_{20}P_{40}K_{40}$, где количество бобов было значительно выше, чем при норме высева 0,8 млн шт./га. Достоверное увеличение числа бобов на растении по сравнению с контролем наблюдалось на большинстве удобренных вариантов, за исключением вариантов с внесением только азотных удобрений.

При норме высева 1,2 млн шт./га количество формируемых на растении бобов продолжало снижаться, что было связано с увеличением густоты стояния растений, составив по вариантам опыта 5,8-7,4 шт./растение. Существенно выше контроля данный показатель был отмечен на вариантах с применением 20 кг д. в. азота, $P_{20}K_{20}$, $N_{20}P_{20}K_{20}$, $N_{60}P_{20}K_{20}$ и $N_{30}P_{40}K_{40}$.

Как показали исследования, внесение минеральных туков не оказывало значимого влияния на формирование количества семян в бобе гороха при всех изучаемых нормах посева. При посеве нормой 0,8 млн шт./га растения гороха формируют от 2,7 шт. на контроле, до 2,9 шт. семян на один боб на удобренных вариантах. Достоверно выше контроля данный показатель при нормах посева 0,8 и 1,2 млн шт./га наблюдался на варианте $N_{20}P_{40}K_{40}$. При посеве нормой 1,0 млн шт./га существенного увеличения количества семян не наблюдалось.

Нормы высева оказывали значимое влияние на формирование количества семян в бобе гороха Премьер. Отмечалось, что при увеличении нормы высева на вариантах N_{20} , $P_{20}K_{20}$, $N_{20}P_{20}K_{20}$ и $N_{30}P_{40}K_{40}$ происходило существенное снижение количества семян в бобе. По остальным вариантам значимых различий отмечено не было.

Изменение массы 1000 зёрен при норме высева 0,8 млн шт./га носило следующий характер. На контроле данный показатель составил 217,4 г. Отмечено достоверное увеличение данного показателя на вариантах $N_{30}P_{20}K_{20}$ и $N_{30}P_{40}K_{40}$, составив соответственно 222,1 и 223,1 г. На прочих вариантах масса 1000 зёрен значимых различий с контролем не имела.

Нормы высева оказывали существенное влияние на массу зерна гороха Премьер. При посеве нормой 1,0 млн шт./га наблюдалось значительное увеличение массы зерна гороха на контроле и вариантах N_{20} , $N_{20}P_{20}K_{20}$, $N_{20}P_{40}K_{40}$ по сравнению с посевом нормой 0,8 млн шт./га. Так, на варианте без применения удобрений масса 1000 зёрен соста-

вила 225,0 г. По массе зерна, достоверное увеличение наблюдалось лишь на варианте N₂₀P₂₀K₂₀ (235,9 г).

При посеве нормой 1,2 млн шт./га масса 1000 зёрен возрастала до 225,1-234,5 г по вариантам опыта, что было существенно выше, чем при нормах 0,8 и 1,0 млн шт./га. На контроле масса зерна составила 229,2 г. На удобренных вариантах данный показатель находился в пределах контроля, существенно снижаясь только на варианте N₆₀.

У гороха Сотник при норме высева 0,8 млн шт./га на контроле количество бобов на растении составило 6,4 шт. Внесение минеральных удобрений не оказывало значимого влияния на данный показатель. Достоверно выше контроля число бобов на растении наблюдалось на варианте N₂₀P₂₀K₂₀, составив 6,9 шт., существенное снижение (до 5,8 шт.) было отмечено при внесении 60 кг д. в. азота, по остальным вариантам значимых различий с контролем не наблюдалось (таблица 9).

Таблица 9 – Элементы продуктивности гороха сорт Сотник, 2020-2021 гг.

Вариант	Кол-во бобов, шт./раст.			Кол-во семян/боб, шт.			Масса 1000 зерен, г		
	0,8 млн/га	1,0 млн/га	1,2 млн/га	0,8 млн/га	1,0 млн/га	1,2 млн/га	0,8 млн/га	1,0 млн/га	1,2 млн/га
Б/у	6,4	5,8	4,9	3,7	3,3	3,5	190,5	198,7	186,8
N ₂₀	6,0	5,6	5,7	3,6	3,1	3,3	191,1	196,4	182,9
N ₃₀	6,0	5,8	5,3	3,7	3,4	3,2	198,7	193,6	187,2
N ₆₀	5,8	5,5	4,8	3,5	3,2	3,2	207,5	203,5	194,4
P ₂₀ K ₂₀	6,7	6,0	5,7	3,6	3,4	3,2	198,2	197,0	184,4
P ₄₀ K ₄₀	6,2	5,8	5,5	3,7	3,3	3,5	205,6	198,5	190,9
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	6,9	6,6	5,7	3,9	2,9	3,2	189,8	208,4	183,5
N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀	6,3	5,6	5,4	3,9	3,5	3,2	195,6	185,4	184,4
N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	6,2	5,9	5,5	3,4	3,3	3,2	214,2	196,6	188,6
N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	6,6	6,0	5,5	3,5	3,1	3,4	199,4	207,0	186,0
N ₃₀ P ₄₀ K ₄₀	6,4	5,7	5,3	3,6	3,4	3,2	209,7	198,7	187,4
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	6,8	5,5	5,6	3,6	3,4	3,2	200,7	200,0	188,8
HCP ₀₅ = 0,5; фактор А: HCP ₀₅ – 0,4; фактор В: HCP ₀₅ – 0,2			HCP ₀₅ = 0,2; фактор А: HCP ₀₅ – 0,2; фактор В: HCP ₀₅ – 0,1			HCP ₀₅ = 6,6; фактор А: HCP ₀₅ – 5,4; фактор В: HCP ₀₅ – 2,7			

Нормы высева оказывали значимое влияние на формирование числа бобов на растениях гороха. Так, при норме посева 1,0 млн шт./га как и у сорта Премьер наблюдалось достоверное снижение количества бобов на растениях гороха в большинстве изучаемых вариантов. На варианте без удобрений данный показатель составил 5,8 шт., что на 0,6 шт. меньше, чем при норме 0,8 млн шт./га. На удобренных вариантах значимое повышение также наблюдалось на варианте $N_{20}P_{20}K_{20}$, составив 6,6 шт., по остальным вариантам достоверных различий не отмечено.

При норме высева 1,2 млн шт./га также наблюдалось существенное снижение числа формируемых на растении бобов на большинстве вариантов опыта, что связано с внутривидовой конкуренцией растений за элементы питания и освещенность при увеличении густоты посевов. Так, на контрольном варианте количество бобов снижалось до 4,9 шт. На большинстве удобренных вариантов данный показатель был существенно выше контроля, увеличиваясь до 5,4-5,7 шт., что, видимо, связано с положительным влиянием вносимых туков на рост и развитие растений гороха. На вариантах N_{30} , N_{60} и $N_{30}P_{40}K_{40}$ число бобов изменялось незначительно.

Вносимые минеральные удобрения не оказывали значимого влияния на формирование семян в бобах гороха Сотник. При норме посева 0,8 млн шт./га на варианте без применения удобрений количество семян в бобе составило 3,7 штук. На вариантах с применением удобрений данный показатель значимых отличий от контроля не имел, за исключением варианта $N_{60}P_{20}K_{20}$, где количество семян в бобе достоверно снижалось до 3,4 шт.

Математическая обработка данных показала, что изменение нормы высева оказывает существенное влияние на формирование семян в бобе гороха. Так, при норме посева 1,0 млн шт./га на контроле наблюдалось достоверное снижение данного показателя до 3,3 шт. На большинстве удобренных вариантов также происходило снижение данного показателя по сравнению с посевом при норме 0,8 млн шт./га, что связано с увеличением конкуренции за элементы питания при повышении густоты стояния растений.

На большинстве удобренных вариантов значимых различий по сравнению с контролем также не наблюдалось. Исключение составил

вариант с внесением $N_{20}P_{20}K_{20}$, где данный показатель снизился существенно до 2,9 шт.

При посеве гороха Сотник нормой 1,2 млн шт./га также наблюдалось существенное снижение количества формируемых в бобах семян по сравнению с посевами гороха более низкой нормой. Так, на контроле данный показатель составил 3,5 шт., что было достоверно ниже, чем при норме 0,8 млн шт./га. На удобренных вариантах прослеживалась аналогичная тенденция, что было непосредственно связано с увеличением густоты стояния растений и, как следствие, усилением внутривидовой конкуренции. Было отмечено, что в большинстве изучаемых вариантов количество семян в бобе было достоверно ниже, чем на контроле. Исключение составили варианты N_{20} , $P_{40}K_{40}$ и $N_{20}P_{40}K_{40}$, где значимых отличий с контролем отмечено не было.

Математическая обработка данных показала, что вносимые минеральные удобрения оказывали влияние на массу зерна гороха Сотник. Так, при норме посева 0,8 млн шт./га на контроле масса 1000 зёрен составила 190,5 г. Внесение минеральных удобрений привело к существенному увеличению массы зерна в большинстве изучаемых вариантов, максимум был отмечен при внесении $N_{60}P_{20}K_{20}$, составив 214,2 г. На вариантах N_{20} , $N_{20}P_{20}K_{20}$ и $N_{30}P_{20}K_{20}$ масса 1000 зёрен значимых отличий с контролем не имела.

Изменение норм высева также оказывало влияние на формирование массы 1000 зёрен гороха Сотник. Так, при норме посева 1,0 млн шт./га на контроле масса зерна составила 198,7 г, что было достоверно выше, чем при посеве нормой 0,8 млн шт./га. На удобренных вариантах наблюдалось существенное снижение показателя, за исключением вариантов с внесением N_{20} , $N_{20}P_{20}K_{20}$ и $N_{20}P_{40}K_{40}$, где масса зерна значительно возросла, что было связано с загущением посевов.

Применение минеральных удобрений приводило к достоверному увеличению массы зерна по сравнению с контролем лишь на вариантах $N_{20}P_{20}K_{20}$ и $N_{20}P_{40}K_{40}$, составив соответственно 208,4 и 207,0 г, на остальных изучаемых вариантах показатель находился в пределах контрольного варианта.

При посеве нормой 1,2 млн шт./га наблюдалось дальнейшее снижение массы зерна гороха по всем изучаемым вариантам опыта, что было непосредственно связано с усилением внутривидовой конку-

ренцией за элементы питания. На контроле масса 1000 зёрен составила 186,8 г. Применение минеральных туков достоверно увеличивало массу зерна до 194,4 г лишь на варианте N₆₀, на остальных вариантах значимых различий отмечено не было.

В результате исследований установлено, что на элементы продуктивности гороха Премьер и Сотник оказывает непосредственное влияние норма высева семян. Увеличение нормы высева до 1,2 млн шт./га приводит к достоверному сокращению числа формируемых бобов на растении, количеству семян в бобе и снижению массы зерна. Влияние норм минеральных удобрений отмечено только на отдельных вариантах опыта.

Проведённая математическая обработка данных показала, что минеральные удобрения не оказывали существенного влияния на выживаемость растений гороха Премьер к уборке. Так, при норме посева 0,8 млн шт./га количество растений к уборке составило 65 шт./м² (таблица 10).

Таблица 10 – Количество и выживаемость растений к уборке гороха сорт Премьер, 2020-2021 гг.

Вариант	Кол-во растений, шт./м ²			Выживаемость, %		
	0,8 млн/га	1,0 млн/га	1,2 млн/га	0,8 млн/га	1,0 млн/га	1,2 млн/га
Б/у	65,0	83,0	104,0	80,9	82,4	83,4
N ₂₀	65,0	84,0	101,0	80,3	82,1	83,5
N ₃₀	66,0	86,0	103,0	82,1	84,3	84,6
N ₆₀	64,0	85,0	103,0	80,0	83,9	84,9
P ₂₀ K ₂₀	67,0	85,0	108,0	82,3	83,7	85,2
P ₄₀ K ₄₀	69,0	87,0	109,0	84,5	84,3	85,8
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	63,0	86,0	107,0	79,5	84,5	85,4
N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀	62,0	85,0	106,0	78,4	84,1	85,2
N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	66,0	87,0	105,0	81,6	84,9	84,2
N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	68,0	85,0	107,0	83,5	82,9	85,8
N ₃₀ P ₄₀ K ₄₀	65,0	84,0	106,0	81,0	82,3	84,9
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	64,0	85,0	108,0	80,6	83,6	85,7
НСР ₀₅ = 2,2; фактор А: НСР ₀₅ – 1,8; фактор В: НСР ₀₅ – 0,9						

Внесение минеральных удобрений приводило к увеличению числа растений лишь на вариантах N₃₀, P₂₀K₂₀, P₄₀K₄₀, N₆₀P₂₀K₂₀ и

$N_{20}P_{40}K_{40}$, при этом максимум наблюдался при совместном внесении 40 кг д. в. фосфорных и калийных удобрений, составив 69 шт./м².

Изменение нормы высева оказывало непосредственное влияние на формирование густоты стояния растений гороха к уборке. При посеве гороха сорта Премьер нормой 1,0 млн шт./га наблюдалось повышение числа растений по всем изучаемым вариантам опыта от 83 шт./м² на контроле, до 87 шт./м² на удобренных вариантах. Применение минеральных удобрений повышало данный показатель на всех изучаемых вариантах, максимальное значение которого было получено при применении $P_{40}K_{40}$ и $N_{60}P_{20}K_{20}$, составив соответственно 87 шт./м².

При посеве нормой 1,2 млн шт./га наблюдалось увеличение густоты стояния растений до 104 шт./м² на контрольном варианте и от 101 до 109 шт./м² на удобренных вариантах. Вносимые минеральные удобрения способствовали значительному увеличению числа растений на единице площади при совместном внесении фосфорных и калийных удобрений и применении полного минерального удобрения. Применение азотных удобрений приводило к снижению числа растений гороха к уборке при всех изучаемых дозах, при этом минимум наблюдался на варианте с внесением 20 кг д. в. азота, составив всего 101 шт./м².

Выживаемость растений к уборке гороха Премьер значительно варьировала по вариантам опыта. При посеве нормой 0,8 млн шт./га на контроле выживаемость составляла 80,9 %. Внесение минеральных удобрений не оказывало значимого влияния на выживаемость растений. Достоверно выше контроля данный показатель был лишь на вариантах $P_{40}K_{40}$ и $N_{20}P_{40}K_{40}$, составив соответственно 84,5 и 83,5 %. Наименьшая выживаемость отмечалась на варианте $N_{30}P_{20}K_{20}$, составив 78,4 %, что было существенно ниже, чем на контроле. На остальных удобренных вариантах значимых различий с контролем не наблюдалось.

При норме высева 1,0 млн шт./га наблюдалось достоверное увеличение выживаемости растений гороха на большинстве изучаемых вариантов, за исключением вариантов с внесением $P_{40}K_{40}$ и $N_{20}P_{40}K_{40}$, где существенных отличий не наблюдалось. На контроле данный показатель составил 82,4 %. Достоверно выше выживаемость была на вариантах N_{30} , $P_{40}K_{40}$, $N_{20}P_{20}K_{20}$ и $N_{60}P_{20}K_{20}$, увеличиваясь до 84,3-84,9 %. На остальных вариантах данный показатель значимых отличий с контролем не имел.

При норме высева 1,2 млн шт./га выживаемость растений достоверно увеличивалась до 83,4-85,8 % по вариантам опыта, что связано с наиболее оптимальной густотой стояния растений гороха. Существенное увеличение выживаемости растений к уборке на удобренных вариантах (до 85,7-85,8 %) было отмечено только при внесении $P_{40}K_{40}$, $N_{20}P_{40}K_{40}$ и $N_{60}P_{40}K_{40}$.

Таким образом, на выживаемость растений гороха Премьер непосредственное влияние оказывает норма посева. При посеве нормой 1,2 млн шт./га выживаемость максимальна, что связано с наиболее оптимальной для роста и развития густотой стояния растений. Применение минеральных удобрений приводит к значимому влиянию на выживаемость растений лишь на некоторых вариантах опыта.

Расчёты показали, что, как и у сорта Премьер у гороха Сотник вносимые минеральные удобрения не оказывали существенного влияния на число растений к уборке. При норме посева 0,8 млн шт./га на контроле количество растений составило 66 шт./м². На удобренных вариантах данный показатель был выше на большинстве вариантов, за исключением вариантов с внесением 20 и 60 кг д. в. азота, $N_{20}P_{40}K_{40}$ и $N_{60}P_{40}K_{40}$, где количество растений гороха к уборке было ниже или равно контрольному варианту (таблица 11).

Таблица 11 – Количество и выживаемость растений к уборке гороха сорт Сотник, 2020-2021 гг.

Вариант	Кол-во растений, шт./м ²			Выживаемость, %		
	0,8 млн/га	1,0 млн/га	1,2 млн/га	0,8 млн/га	1,0 млн/га	1,2 млн/га
Б/у	66,0	84,0	103,0	81,5	82,2	84,5
N_{20}	65,0	87,0	104,0	80,3	84,3	85,4
N_{30}	67,0	85,0	102,0	82,5	83,5	84,1
N_{60}	66,0	85,0	107,0	81,5	83,1	87,2
$P_{20}K_{20}$	68,0	87,0	102,0	82,6	84,5	85,1
$P_{40}K_{40}$	69,0	86,0	107,0	82,8	84,1	86,7
$N_{20}P_{20}K_{20}$	67,0	87,0	106,0	81,3	84,2	86,1
$N_{30}P_{20}K_{20}$	69,0	87,0	104,0	82,5	84,9	85,7
$N_{60}P_{20}K_{20}$	67,0	84,0	105,0	82,8	82,8	86,5
$N_{20}P_{40}K_{40}$	66,0	85,0	104,0	81,5	83,6	85,7
$N_{30}P_{40}K_{40}$	68,0	84,0	103,0	82,4	82,9	84,8
$N_{60}P_{40}K_{40}$	66,0	86,0	106,0	82,5	84,5	86,8
НСР ₀₅ = 2,0; фактор А: НСР ₀₅ – 1,7; фактор В: НСР ₀₅ – 0,8						

При посеве нормой 1,0 млн шт./га наблюдалось увеличение количества растений до 84-87 шт./м² по вариантам опыта, при этом увеличение данного показателя наблюдалось на большинстве удобренных вариантов, кроме вариантов N₆₀P₂₀K₂₀ и N₃₀P₄₀K₄₀, где значение показателя были одинаковы с вариантом без применения удобрений.

При норме высева 1,2 млн шт./га число растений к уборке варьировало от 102 до 107 шт./м² по вариантам опыта. Применение минеральных удобрений способствовало увеличению показателя в большинстве изучаемых вариантов с максимальным значением 107 шт./м² на вариантах N₆₀ и P₄₀K₄₀.

Расчёты показали, что на выживаемость растений гороха Сотник внесение минеральных удобрений не оказывает значимого влияния. Так, при норме 0,8 млн шт./га на контрольном варианте выживаемость составила 81,5 %. Применение минеральных удобрений к достоверному увеличению показателя не приводило. Максимальная выживаемость на удобренных вариантах наблюдалась при внесении P₄₀K₄₀ и N₆₀P₂₀K₂₀, составив 82,8 %.

Норма высева семян оказала достоверное влияние на выживаемость растений гороха Сотник. Так, при увеличении нормы посева до 1,0 млн шт./га наблюдалось значительный рост выживаемости растений гороха в большинстве изучаемых вариантов, что было связано с оптимальным размещением растений на единицу площади. На контрольном варианте выживаемость составила 82,2 %, на удобренных варьировала от 82,8 до 84,9 %. Значительное увеличение показателя по сравнению с контрольным вариантом наблюдалось при внесении N₂₀, P₂₀K₂₀, P₄₀K₄₀, N₂₀P₂₀K₂₀, N₃₀P₂₀K₂₀ и N₆₀P₄₀K₄₀, на остальных удобренных вариантах значимых различий не было.

При посеве нормой 1,2 млн шт./га наблюдалось значимое увеличение выживаемости растений гороха Сотник по сравнению с посевами нормой 0,8 и 1,0 млн шт./га до 84,5-87,2 % по вариантам опыта, что было связано с наиболее оптимизацией условий для интенсивного роста и развития. Внесение минеральных удобрений приводило к существенному увеличению выживаемости растений за исключением вариантов N₃₀, P₂₀K₂₀ и N₃₀P₄₀K₄₀, где значимых различий с контролем не отмечалось. Максимальная выживаемость растений была отмечена при внесении 60 кг д. в. азота, составив 87,2 %.

Таким образом, на выживаемость растений гороха Сотник оказывают непосредственно влияние как вносимые минеральные удобрения, так и нормы высева. При посеве нормой 1,2 млн шт./га за счёт более оптимальной площади питания растений выживаемость максимальна и составляет 84,1-87,2 % по вариантам опыта, применение минеральных удобрений приводит к существенному увеличению выживаемости растений на большинстве изучаемых вариантов опыта.

3.5 Урожайность гороха на плакорных землях в зависимости от нормы высева семян и нормы удобрений

Существенные различия в развитии растений при изучаемых нормах высева оказали прямое влияние на урожай зерна гороха Премьер.

При норме высева 0,8 млн шт./га урожайность на контроле составила 2,62 т/га. Вносимые минеральные удобрения оказали существенное влияние на величину урожайности гороха изучаемого сорта. Совместное внесение фосфорных и калийных удобрений, а также полного минерального удобрения способствовало к достоверному увеличению урожайности, за исключением варианта N₃₀P₄₀K₄₀, где данный показатель находился на уровне контроля. Максимальная прибавка в 0,33 т/га была получена при внесении 40 кг д. в. фосфорных и калийных удобрений (таблица 12).

Таблица 12 – Урожайность гороха сорт Премьер за 2020-2021 гг., т/га

Вариант	0,8 млн/га		1,0 млн/га		1,2 млн/га	
	урожайность	прибавка урожая	урожайность	прибавка урожая	урожайность	прибавка урожая
1	2	3	4	5	6	7
Б/у	2,62	-	2,97	-	3,71	-
N ₂₀	2,69	0,07	3,02	0,05	3,79	0,08
N ₃₀	2,55	-0,07	3,06	0,09	3,71	-
N ₆₀	2,54	-0,08	2,88	-0,09	3,62	-0,09
P ₂₀ K ₂₀	2,95	0,33	3,11	0,14	4,02	0,31
P ₄₀ K ₄₀	2,92	0,30	3,20	0,23	4,12	0,41

Окончание таблицы 12

1	2	3	4	5	6	7
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	2,72	0,10	3,49	0,52	4,04	0,33
N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀	2,71	0,09	3,27	0,30	4,07	0,36
N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	2,74	0,12	3,22	0,25	3,90	0,19
N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	2,90	0,28	3,38	0,41	4,11	0,40
N ₃₀ P ₄₀ K ₄₀	2,67	0,05	3,14	0,17	4,08	0,37
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	2,71	0,09	3,17	0,20	4,03	0,32
НСП ₀₅ = 0,10 т/га; фактор А: НСП ₀₅ – 0,08 т/га; фактор В: НСП ₀₅ – 0,04 т/га						

Выявлено, что при внесении только азотных удобрений в дозировках 30 и 60 кг д. в. происходило незначительное снижение урожайности на 0,07-0,08 т/га.

Норма высева оказала значимое влияние на урожайность гороха Премьер. Так, при норме высева 1,0 млн шт./га по сравнению с нормой 0,8 млн. шт./га происходило значительное увеличение урожайности по вариантам опыта от 2,97 т/га на контроле до 3,49 т/га на варианте с внесением 20 кг д. в. полного минерального удобрения. Вносимые минеральные удобрения достоверно увеличивали урожайность гороха, за исключением вариантов с внесением 20 и 60 кг д. в. азота, где урожайность была незначительно выше контроля и достоверно ниже (2,88 т/га), что связано с негативным влиянием на растения гороха высоких доз азотных удобрений.

При посеве нормой 1,2 млн шт./га урожайность гороха достигала максимума по сравнению с другими нормами высева, достоверно возрастая до 3,71 т/га на контроле и 4,12 т/га на варианте P₄₀K₄₀, что было связано с оптимизацией густоты стояния и площадью питания растений для формирования высокопродуктивных посевов. Прослеживалась аналогичная тенденция в изменении урожайности при внесении азотных удобрений, как и при других нормах посева. Максимальная прибавка была получена при совместном применении фосфорных и калийных удобрений в дозе 40 кг д. в., составив 0,41 т/га, минимальная – при внесении 20 кг д. в. азота (0,08 т/га).

При возделывании гороха Сотник вносимые минеральные удобрения также оказывали существенное влияние на урожайность зерна (таблица 13). Так, при норме высева 0,8 млн шт./га на контроле урожайность составила 2,98 т/га. Внесение азотных удобрений в дозе

20 и 60 кг д. в. приводило к достоверному снижению урожая, что связано с биологическими особенностями гороха. На вариантах N₃₀ и N₆₀P₂₀K₂₀ значимых различий с контролем не наблюдалось. На остальных изучаемых вариантах опыта наблюдалось существенное увеличение урожайности. Минимальная достоверная прибавка была получена при внесении P₂₀K₂₀, составив 0,14 т/га, максимальная – на варианте N₂₀P₂₀K₂₀ (0,35 т/га).

Таблица 13 – Урожайность гороха Сотник за 2020-2021 гг., т/га

Вариант	0,8 млн/га		1,0 млн/га		1,2 млн/га	
	урожайность	прибавка урожая	урожайность	прибавка урожая	урожайность	прибавка урожая
Б/у	2,98	-	3,19	-	3,27	-
N ₂₀	2,70	-0,28	2,97	-0,22	3,38	0,11
N ₃₀	2,98	-	3,26	0,07	3,27	-
N ₆₀	2,78	-0,2	3,06	-0,13	3,16	-0,11
P ₂₀ K ₂₀	3,12	0,14	3,49	0,30	3,41	0,14
P ₄₀ K ₄₀	3,19	0,21	3,40	0,21	3,80	0,53
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	3,33	0,35	3,47	0,28	3,49	0,22
N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀	3,16	0,18	3,33	0,14	3,40	0,13
N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	3,02	0,04	3,35	0,16	3,48	0,21
N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	3,13	0,15	3,37	0,18	3,60	0,33
N ₃₀ P ₄₀ K ₄₀	3,20	0,22	3,36	0,17	3,39	0,12
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	3,24	0,26	3,31	0,12	3,48	0,21
НСР ₀₅ = 0,11 т/га; фактор А: НСР ₀₅ – 0,09 т/га; фактор В: НСР ₀₅ – 0,04 т/га.						

Нормы посева также оказывали значимое влияние на урожайность гороха Сотник. При посеве нормой 1,0 млн шт./га наблюдалось существенное повышение урожайности по всем вариантам опыта по сравнению с посевом нормой 0,8 млн. Так, на контроле данный показатель составил 3,19 т/га. На удобренных вариантах урожайность составила 2,97-3,49 т/га. Прослеживались аналогичные тенденции в изменении урожайности гороха при внесении азотных удобрений. Применение полного минерального удобрения и совместное внесение фосфорных и калийных удобрений приводило к достоверному повышению показателя. Максимальная прибавка была получена на варианте P₂₀K₂₀, составив 0,3 т/га, минимальная наблюдалась на варианте N₆₀P₄₀K₄₀ (0,12 т/га).

При посеве нормой 1,2 млн шт./га была получена максимальная урожайность гороха Сотник, составив 3,16-3,8 т/га по вариантам опыта, что достоверно выше, чем при нормах 0,8 и 1,0 млн шт./га. На контроле урожайность составила 3,27 т/га. Внесение минеральных удобрений приводило к значительному увеличению урожайности гороха. Максимальная прибавка была получена при внесении $P_{40}K_{40}$, составив 0,53 т/га, минимальная прибавка получена на варианте N_{20} (0,11 т/га). Внесение азотных удобрений в дозе 30 кг д. в не оказывало значимого влияния на урожайность, а при увеличении дозы до 60 кг д. в. приводило к значительному снижению урожайности (на 0,11 т/га), что было связано с негативным действием азотных удобрений на рост и развитие растений гороха.

Таким образом, применение минеральных удобрений оказывало существенное влияние на урожайность гороха изучаемых сортов. Совместное внесение фосфорных и калийных удобрений в изучаемых дозировках приводило к существенному повышению урожайности гороха при всех нормах высева у изучаемых сортов. Внесение полного минерального удобрения в изучаемых дозировках достоверно увеличивало урожайность гороха Премьер и Сотник при нормах высева 1,0 и 1,2 млн шт./га. Внесение только азотных удобрений приводило к достоверному сокращению урожайности гороха при всех изучаемых нормах высева, что связано с биологическими особенностями гороха.

Как показали проведённые исследования, при посеве нормой 1,2 млн шт./га урожайность гороха изучаемых сортов была значительно выше, чем при других нормах посева, что связано с наиболее оптимальным размещением растений на единицу площади. Максимальная прибавка при оптимальной норме высева 1,2 млн шт./га была получена при внесении $P_{40}K_{40}$ составив 0,41 т/га у гороха сорта Премьер и 0,53 т/га у гороха Сотник.

3.6 Химический состав растений гороха в зависимости от норм минеральных удобрений

Химический анализ растений гороха новых сортов, проведённый в фазе бутонизации, показал существенные различия в составе при применении минеральных удобрений. У гороха сорта Премьер на варианте без применения удобрений в растениях содержалось 2,85 % азота, 0,78 % фосфора и 2,79 % калия. Применение минеральных удобрений способствовало увеличению содержания в растениях всех элементов питания в большинстве изучаемых вариантов, при этом максимальное значение азота (3,11 %) было отмечено на варианте с внесением 60 кг д. в. азота. На вариантах N_{20} и $N_{20}P_{40}K_{40}$ содержание азота в растениях не имело различий с контрольным вариантом.

Максимальное содержание P_2O_5 было получено при внесении полного минерального удобрения нормой $N_{30}P_{40}K_{40}$, составив 1,11 %, минимальное значение на удобренных вариантах составило 0,81 % при применении $N_{60}P_{40}K_{40}$. Наивысшее содержания K_2O при внесении минеральных удобрений отмечалось на варианте $N_{20}P_{40}K_{40}$, составив 3,15%. При этом следует отметить, что на вариантах N_{20} , N_{60} и $N_{30}P_{40}K_{40}$ данный показатель был ниже контрольного, составив соответственно 2,64 и 2,78 % (таблица 14).

У гороха сорта Сотник на неудобренном варианте содержание азота, фосфора и калия составило соответственно 2,80, 0,76 и 2,64 %.

Применение минеральных удобрений способствовало увеличению содержания элементов питания в растениях. Максимальное содержание азота было отмечено при внесении $N_{60}P_{40}K_{40}$, составив 3,28 %, минимум на удобренных вариантах наблюдался при применении $N_{30}P_{20}K_{20}$, составив 2,77 %, что было ниже, чем на варианте без внесения туков. Максимальное содержание P_2O_5 наблюдалось на варианте $N_{60}P_{20}K_{20}$, составив 1,08 %.

Наибольшее содержание калия в растениях гороха составило 2,94 % при внесении полного минерального удобрения в дозе $N_{30}P_{40}K_{40}$. Отмечено, что при применении полного минерального удобрения нормой 20 кг д. в. содержание K_2O составило всего 2,62 %, что было незначительно ниже контроля.

**Таблица 14 – Химический состав растений гороха
в фазе бутонизации при норме высева 1,2 млн шт./га,
2020-2021 гг.**

Вариант	Содержание в воздушно-сухом веществе, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Премьер			
Б/у	2,85	0,78	2,79
N ₂₀	2,85	0,97	2,64
N ₃₀	2,94	1,00	2,85
N ₆₀	3,11	0,86	2,78
P ₂₀ K ₂₀	2,92	0,87	2,88
P ₄₀ K ₄₀	2,95	0,97	3,07
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	2,89	0,84	2,97
N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀	2,90	0,88	2,99
N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	2,98	1,02	2,86
N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	2,85	0,89	3,15
N ₃₀ P ₄₀ K ₄₀	2,89	1,11	2,78
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	2,99	0,81	2,88
Сотник			
Б/у	2,80	0,76	2,64
N ₂₀	2,89	0,78	2,73
N ₃₀	2,85	0,96	2,76
N ₆₀	2,94	0,81	2,87
P ₂₀ K ₂₀	2,88	0,83	2,72
P ₄₀ K ₄₀	2,98	1,04	2,67
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	2,83	0,94	2,62
N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀	2,77	0,90	2,78
N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	3,05	1,08	2,76
N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	2,90	0,94	2,83
N ₃₀ P ₄₀ K ₄₀	2,87	0,87	2,94
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	3,28	1,05	2,76

Таким образом, от используемых минеральных удобрений непосредственно зависит химический состав растений гороха. Применение удобрений способствует существенному увеличению содержания азота, фосфора и калия в растениях в большинстве изучаемых вариантов, при этом внесение только азотных удобрений значительно увеличивает содержание азота в растениях, а применение полного минерального удобрения в высоких дозировках резко увеличивает содержание в растениях фосфора и калия.

3.7 Содержание белка в зерне гороха в зависимости от норм минеральных удобрений

Исследованиями установлено, что наибольшая урожайность новых сортов гороха получена при посеве нормой 1,2 млн шт./га, поэтому анализ содержания белка в зерне гороха представлен при данной норме высева. Результаты исследований показали, что содержание белка в зерне гороха изучаемых сортов заметно варьирует в зависимости от применяемых минеральных удобрений (таблица 15).

Таблица 15 – Содержание белка в зерне гороха при норме высева 1,2 млн шт./га, %

Вариант	Сорт	
	Премьер	Сотник
Б/у	23,5	23,7
N ₂₀	23,8	24,2
N ₃₀	24,2	24,0
N ₆₀	24,8	24,9
P ₂₀ K ₂₀	23,8	23,9
P ₄₀ K ₄₀	24,1	24,0
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	23,6	24,5
N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀	23,5	24,2
N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	23,7	24,1
N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	23,7	24,4
N ₃₀ P ₄₀ K ₄₀	23,9	24,1
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	24,1	24,4

Так, у сорта Премьер на контрольном варианте содержание белка составило 23,5 %. Применение минеральных удобрений способствовало увеличению данного показателя. Установлено, что при внесении только азотных удобрений наблюдалось существенное увеличение содержания белка в зерне, при этом максимальное значение показателя было получено при внесении 60 кг/га д. в. азота, составив 24,8 %. При совместном применении фосфорных и калийных удобрений в изучаемых дозировках наблюдалось снижение содержания белка по сравнению с внесением высоких доз азотных удобрений, что непосредственно связано с увеличившейся урожайностью. Внесение полного минерального удобрения в изучаемых вариантах повышало со-

держание белка в зерне гороха по сравнению с контролем на 0,1-0,6 % за исключением варианта $N_{30}P_{20}K_{20}$.

При возделывании сорта Сотник, на контроле содержание белка составило 23,7 %. Применение минеральных удобрений также привело к увеличению содержания белка в зерне по всем изучаемым вариантам опыта. Внесение повышенных норм азотных удобрений (60 кг/га д. в.) позволило получить максимальное содержание белка – 24,9 %. По остальным удобрённым вариантам прослеживались аналогичные тенденции в содержании белка в зерне, как и у сорта Премьер.

Следует отметить, что содержание белка в зерне гороха Сотник было на 0,1-0,7 % выше, чем у сорта Премьер, что связано с биологическими особенностями сортов и более низкой урожайностью сорта Сотник.

Таким образом, применение минеральных удобрений в изучаемых вариантах способствует повышению содержания белка в зерне гороха. Азотные удобрения вызывают существенное увеличение содержания белка в зерне гороха с максимумом при внесении 60 кг/га д. в. азота, что связано с существенным снижением урожайности гороха изучаемых сортов по сравнению с контролем в результате негативного воздействия высоких доз азота на рост и развитие растений. Совместное применение фосфорных и калийных удобрений приводит к снижению содержания белка по сравнению с внесением высоких норм азотных удобрений, что связано с увеличением урожайности.

4 ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НОВЫХ СОРТОВ ГОРОХА НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ

4.1 Агроэкологические свойства почвы при возделывании гороха на эродированных землях

Структурно-агрегатный состав. Основным антропогенным фактором влияния на структурно-агрегатный состав почвы является основная обработка. Основным показателем целесообразности той или иной обработки почвы является оптимальное соотношение параметров агрофизических свойств почвы, таких как содержание агрономически ценных структурных и водопрочных агрегатов. Агрономически ценная структура почвы представляет собой сумму фракций от 0,25 до 10 мм, оптимальное значение которых составляет 70-80 %.

Горох, как культура, имеет большое значение в сельском хозяйстве и требует высокой культуры земледелия. Поскольку горох является клубеньковой культурой, ему необходимы почвы с оптимальной структурой и водно-воздушным режимом для развития корневой системы. В наших исследованиях при посеве показатель в слое 0-30 см составляет 69,2-77,8 %, что характеризует хорошее и отличное состояние почвенной структуры с большими значениями при отвальной обработке почвы (таблица 16).

**Таблица 16 – Структурно-агрегатный состав почвы
в посевах гороха при разных способах основной
обработки почвы, %. Рассвет, 2020-2021 гг.**

Способ обработки почвы	Слой почвы, см	Размер агрегатов, мм			
		>10	10-0,25	<0,25	К стр.
1	2	3	4	5	6
Посев					
Чизельная	0-30	26,1	69,2	4,7	2,3
Комбинированная	0-30	25,3	70,7	4,0	2,6
Отвальная	0-30	18,2	77,8	4,1	3,5
НСР ₀₅		1,9	2,3	1,5	

1	2	3	4	5	6
Уборка					
Чизельная	0-30	23,6	70,1	6,4	2,4
Комбинированная	0-30	24,7	68,9	6,4	2,2
Отвальная	0-30	18,7	73,1	8,2	2,7
НСР ₀₅		1,8	10,4	2,6	

В результате исследований установлено, что на дату посева гороха способ основной обработки почвы оказал существенное влияние на структурно-агрегатный состав почвы с преимуществом отвальной обработки, где отмечено наибольшее содержание агрономически ценных почвенных агрегатов в слое 0-30 см (77,8 %), против тех же показателей при чизельной и комбинированной обработках 69,2 % и 70,7 %.

Следует отметить, что в отношении крупноглыбистой фракции содержание агрегатов более 10 мм при чизельной (26,1 %) и комбинированной (25,3 %) больше, чем при отвальной обработке на 39,4-49,6 %. Количество агрегатов пылевидной фракции уменьшалось от варианта чизельной обработки (4,7 %) до комбинированной и отвальной обработок (4,0-4,1 %).

Наибольший коэффициент структурности (К стр.) получен на варианте с отвальной обработкой в слое 0-30 см, составив 3,5; при чизельной и комбинированной обработках почвы он составил соответственно 2,3 и 2,6, что меньше, чем при отвальной обработке на 34,3 и 25,7 %.

К уборке гороха в фазе полной спелости зерна количество агрономически ценных агрегатов на варианте с чизельной и комбинированной обработками в слое почвы 0-30 см незначительно снизилось, составив 68,9-73,1 %, с преимуществом так же отвальной обработки. В отношении крупноглыбистой фракции наблюдается общая тенденция снижения по сравнению с датой посева, кроме варианта с отвальной обработкой, где их содержание практически не изменилось. Содержание пылевидной фракции возросло на 36,1-60,0 %, а на варианте с отвальной обработкой почти вдвое, составив 8,2 %.

Эта закономерность нашла своё отражение в значениях коэффициента структурности, который также уменьшился к уборке культуры в сравнении с посевом. На варианте отвальной обработки почва была

более оструктурена и коэффициент структурности был равен 2,7, против такового при чизельной (2,4) и отвальной обработках (2,2).

Водопрочность. Одной из наиболее важных характеристик агрофизических свойств почвы является водопрочность агрегатов, которая обуславливает устойчивость структуры к водной эрозии. Результаты мокрого фракционирования по всем изучаемым системам основной обработки показали, что в период посева гороха в пахотном слое процентное содержание водопрочных агрегатов было высокое, и составляло 66,9 % на варианте с чизельной обработкой, 68,2 % на варианте с комбинированной, и 63,0 % на варианте с отвальной обработкой. Содержание фракции размером >7 мм на всех вариантах было незначительное и составляло 0,4-0,5 %. Количество агрегатов пылевидной фракции увеличивалось в ряду → комбинированная обработка (31,3 %) → чизельная обработка (32,6 %) → отвальная обработка (36,5 %). Коэффициент водопрочности также изменялся на вариантах с чизельной, комбинированной и отвальной обработкой: 2,0, 2,2 и 1,7 соответственно, с преимуществом комбинированной основной обработки (таблица 17).

**Таблица 17 – Количество водопрочных агрегатов в посевах гороха при разных способах основной обработки почвы, %.
Рассвет, 2020-2021 гг.**

Способ обработки почвы	Слой почвы, см	Размер агрегатов, мм			
		>7	5-0,25	<0,25	К вдпр.
Посев					
Чизельная	0-30	0,5	66,9	32,6	2,0
Комбинированная	0-30	0,4	68,2	31,3	2,2
Отвальная	0-30	0,5	63,0	36,5	1,7
НСР ₀₅		0,3	4,9	5,2	
Уборка					
Чизельная	0-30	1,8	59,8	38,4	1,5
Комбинированная	0-30	1,3	61,8	36,9	1,6
Отвальная	0-30	1,2	57,2	41,6	1,3
НСР ₀₅		0,8	19,8	19,5	

При этом достоверно существенная разница отмечена только при сравнении показателей отвальной с другими способами обработки почвы.

При определении водопрочных агрегатов в фазу полной спелости гороха отмечена тенденция снижения агрономически ценной и увеличения пылевидной фракции и крупноглыбистой фракции на всех вариантах обработок почвы. По сравнению с весенним состоянием почвы, произошло снижение коэффициента водопрочности (К вдр.) в пахотном слое: на варианте с чизельной обработкой с 2,0 до 1,5, при комбинированной обработке с 2,2 до 1,6, при отвальной обработке с 1,7 до 1,3.

В период уборки количество водопрочных агрегатов размером 5-0,25 мм в пахотном слое возросло в ряду → отвальная обработка (57,2 %) → чизельная обработка (59,8 %) → комбинированная обработка (61,8 %). Наибольшее содержание фракции >7 мм отмечено при чизельной основной обработке, где оно составило 1,8 % против комбинированной и чизельной (1,3-1,2 %). Наиболее низкое содержание пылевидных агрегатов отмечено на варианте с комбинированной обработкой почвы 38,4-36,9 %, на отвальной обработке их было 41,6 %.

Таким образом, отвальная обработка почвы достоверно повышает коэффициент структурности в пахотном слое на 34,6-52,0 % при посеве и на 12,5-22,7 % в фазу полной спелости, по сравнению с комбинированной и чизельной обработкой. К уборке количество агрономически ценных агрегатов в посевах гороха при отвальной обработке снижается на 6,0 % по отношению к тем же данным при посеве за счёт увеличения пылевидной фракций.

Анализ количества водопрочных агрегатов в фазу полной спелости гороха в слое почвы 0-30 см показал увеличение агрономически ценной и пылевидной фракции и уменьшение крупноглыбистой фракции на всех вариантах обработок. К уборке количество водопрочных агрегатов в посевах гороха снижается на 9,2-10,6 % по отношению к тем же данным при посеве за счёт увеличения крупноглыбистой и пылевидной фракций, больше при чизельной обработке.

По сравнению с весенним отбором почвы, происходит снижение коэффициента водопрочности в пахотном слое: с 2,0 до 1,5 при чизельной обработке, с 2,2 до 1,6 при комбинированной обработке и с 1,7 до 1,3 при отвальной обработке. Наивысший коэффициент водопрочности как при посеве, так и при уборке, выявлен при комбинированной обработке почвы.

Плотность сложения почвы – это основной критерий строения почвы, определяющий её агрофизические свойства. Оптимизация плотности почвы является одной из главных задач, решаемых обработкой почвы. Несмотря на то, что горох не очень требователен к почвам, плотность сложения имеет большое значение для создания благоприятных условий его вегетации и получения высоких урожаев этой культуры. Для роста и развития гороха нужна рыхлая почва, которая после весенних предпосевных обработок обеспечивала бы оптимальное соотношение воздуха, воды и доступных для растений гороха питательных веществ.

Естественная (равновесная) плотность почвы является оптимальной, в основном, для естественных ценозов. Но даже для одного и того же типа почв равновесная плотность непостоянна и зависит от уровня её плодородия. Потребность в той или иной механической обработке можно определить, сопоставляя величины равновесной и оптимальной плотности почвы для растений. Чем больше разница между равновесной и оптимальной плотностью, тем интенсивнее должна быть механическая обработка почвы. Когда почва хорошо окультурена и равновесная плотность совпадает с оптимальной для развития культуры, можно значительно сократить число обработок.

При посеве плотность сложения пахотного слоя почвы на всех изучаемых вариантах обработок увеличивалась по мере увеличения глубины отбора. Наибольшая плотность сложения почвы была отмечена на варианте с чизельной и комбинированной обработками, составившая 1,09-1,10 т/м³, и возрастающая с глубиной от 0,97-0,99 т/м³ в слое 0-10 см до 1,19-1,21 т/м³ в слое 20-30 см (таблица 18).

**Таблица 18 – Плотность сложения почвы в посевах гороха сорта Сотник при разных способах обработки в слое 0-30 см, т/м³.
Рассвет, 2020-2021 г.**

Способ обработки почвы	Посев				Уборка			
	0-10	10-20	20-30	0-30	0-10	10-20	20-30	0-30
Чизельная	0,97	1,11	1,20	1,09	1,09	1,15	1,24	1,16
Комбинированная	0,99	1,09	1,21	1,10	1,10	1,17	1,23	1,17
Отвальная	0,96	1,08	1,19	1,08	1,08	1,12	1,22	1,14
НСР ₀₅	0,03	0,05	0,04	0,02	0,03	0,01	0,04	0,02

В то же время плотность сложения почвы при отвальной обработке послойно возрастала не столь интенсивно – от 0,96 до 1,19 кг/м³.

В пахотном слое 0-30 см среднее значение плотности сложения почвы по вариантам опыта уменьшалось в ряду: комбинированная обработка 1,10 т/м³ → чизельная обработка 1,09 т/м³ → отвальная обработка 1,08 т/м³. При этом на варианте с отвальной обработкой плотность почвы изменилась с глубиной на 23,9 %, с комбинированной на 22,2 и с чизельной на 23,7 %.

При уборке гороха плотность сложения почвы в пахотном слое по всем вариантам обработки достоверно значительно увеличилась. При этом на варианте отвальной обработки она возросла на 5,6 %, с чизельной и комбинированной обработкой – на 7,0 %. Уплотнение почвы при чизельной обработке в слое 0-10 см составило 12,4 %, в слое 10-20 см – 3,6 %, а в слое 20-30 см – 3,3 %. На варианте с отвальной обработкой увеличение плотности сложения почвы составило в тех же слоях 12,5; 3,7 и 2,5 % и при комбинированной – 11,1; 7,3 и 1,7 % соответственно.

Сравнение различных систем обработки почвы между собой выявило, что разница между значениями плотности сложения почвы при отвальной, чизельной и комбинированной обработках составляет 0,01-0,05 т/м³ (1,5-4,4 %) и находится в пределах ошибки опыта ($НСР_{05} = 0,01-0,04$ т/м³).

Плотность сложения пахотного слоя почвы после основной обработки, как при отвальной, так и при чизельной и комбинированной, находится в оптимальных пределах для возделывания сельскохозяйственных культур (менее 1,3 кг/м³), однако при использовании той или иной обработки почвы преимуществом считается степень разуплотнения верхних слоёв почвы под её влиянием. Отмечено, что с увеличением глубины плотность сложения почвы возрастает, причём больше при чизельной основной обработке.

Таким образом, плотность сложения почвы при обработке, выполненной чизельным плугом и щелерезом в слое почвы 0-30 см, больше, чем при отвальной на 0,01-0,05 т/см³ в оба срока наблюдения.

Одним из важных свойств почвы, особенно на склоновых землях, является ее водопроницаемость (таблица 19).

Анализ динамики водопроницаемости показал, что уже при посеве этот показатель отличался при разных вариантах обработки почвы. Максимальная водопроницаемость в первый час (0,89 мл/мин.) наблюдалась на варианте с чизельной обработкой почвы, и до конца 2-го и 3-го часа наблюдений оставалась самой высокой – 0,57 и 0,48 мл/мин. соответственно.

Таблица 19 – Водопроницаемость почвы под посевами гороха сорта Сотник в зависимости от способа основной обработки почвы, мл/мин. Рассвет, 2020-2021 г.

Обработка почвы	Посев				Полная спелость			
	1 час	2 час	3 час	среднее	1 час	2 час	3 час	среднее
Чизельная	0,89	0,57	0,48	0,65	1,38	0,56	0,45	0,80
Комбинированная	0,83	0,58	0,47	0,63	1,36	0,50	0,44	0,77
Отвальная	0,85	0,53	0,43	0,61	1,34	0,67	0,43	0,81
НСР ₀₅	0,10	0,30	0,10	0,10	0,30	0,10	0,10	0,40

Несколько меньшая водопроницаемость почвы была на варианте комбинированной и отвальной обработки почвы – 0,83 и 0,85 мл/мин. Такая тенденция сохранилась и в среднем за 3 часа наблюдений, составив в среднем 0,63 и 0,61 мл/мин. В среднем водопроницаемость при чизельной основной обработке превысила таковую при комбинированной обработке на 3,0 %, а при отвальной – на 6,6 %.

К дате уборки водопроницаемость почвы последовательно увеличилась на 0,14-0,21 мл/мин., или на 22,5-34,4 %, в зависимости от способа обработки почвы. В среднем за 3 часа наблюдений лучшая водопроницаемость почвы, 0,80-0,81 мл/мин., отмечена при чизельной и отвальной основной обработке почвы, при комбинированной обработке она была несколько меньше (0,77 мл/мин.).

Таким образом, устойчивость пашни к деградиационным процессам в эрозионно-опасном агроландшафте определяется выбором почвозащитной обработки почвы, имеющей наивысшую водопроницаемость, обеспечивающую снижение величины стока за счёт накопления почвенных влагозапасов. Чизельная обработка почвы способна противостоять смыву почвы, обеспечивая наилучшие водно-

физические свойства почвы: хорошую водоустойчивость, плотность сложения почвы в оптимальных пределах 1,08 т/м³; наибольшую водопроницаемость 0,65 мм/мин.

4.2 Эрозионная устойчивость почв на склоне и система почвозащитных мероприятий

Результаты исследований ФГБНУ ФРАНЦ и анализ данных других научных учреждений южных регионов страны указывают на то, что ущерб земледелию в местах проявления водной эрозии почв происходит от чрезмерной потери влаги, а также от потери органического вещества и элементов минерального питания верхнего, наиболее плодородного слоя почвы. Одной из основных задач почвозащитного земледелия является максимальное уменьшение стока воды и смыва почвы, или полное его прекращение. Механизм действия любого противоэрозионного мероприятия заключается в уменьшении скорости движения воды по склону до предельно допустимой нормы (ПДН). Предельно допустимая норма смыва почвы на чернозёмах обыкновенных приазовской зоны Ростовской области по расчётным данным составляет 3,0-3,5 т/га [157].

Изучение эрозионных процессов велось в севооборотах различных конструкций. Как было отмечено выше, смыв почвы формируется в результате весеннего снеготаяния. На этот показатель влияют высота снежного покрова и запас воды в снеге, которые могут стать причиной поверхностного стока воды и развития эрозионных процессов, формирующихся к началу снеготаяния (таблица 20).

Таблица 20 – Высота снегового покрова и запасы воды в снеге в зависимости от способа обработки почвы на эрозионно-опасном склоне. Рассвет, 2020-2021 гг.

Способ обработки почвы	Высота снегового покрова, см	Плотность снега, кг/м ³	Запас воды в снеге	
			мм	т/га
Чизельная	7,9	0,025	17,5	1,8
Комбинированная	7,1	0,028	18,8	1,9
Отвальная	6,3	0,021	12,2	1,2

Кроме количества выпавшего снега, на высоту снежного покрова оказывают влияние глыбистость обработанного поля, размеры и характер растительных остатков. Плотность снега на различных полях севооборота неодинаковая, поэтому запасы воды в снеге даже при одной и той же высоте снегового покрова могут быть различными.

Высота снегового покрова зависит от перераспределения снега в результате действия ветров. На различных вариантах обработки почвы она существенно не отличалась и колебалась в текущем году в пределах 6,3-7,9 см с большими значениями при чизельной обработке почвы. Плотность снега также изменялась в незначительных пределах (0,021-0,028 кг/м³) в зависимости от обработки почвы и влияла на запас воды в снеге. Запасы воды в снеге изменялись от 1,2 т/га при отвальной обработке до 1,8 т/га при чизельной и до 1,9 т/га при комбинированной обработке, где была отмечена наибольшая высота снежного покрова в зимний период (7,1 см). Наибольшее количество воды в снеге накопилось на варианте комбинированной обработки (1,9 т/га), на вариантах чизельной и отвальной обработки они были соответственно на 6,6-35,1 % меньше.

Сток талой воды и смыв (размыв) почвы в первую очередь определяются запасом воды в снеге и интенсивностью снеготаяния. Запас воды в снеге на эрозионно-опасном склоне в текущем году колебался в пределах 12,2-18,8 мм, с преимуществом по комбинированной основной обработке почвы. Количество осадков за март составило 84,8 мм и положительными среднемесячными температурами. Столь значительное количество выпавших осадков в виде дождя при положительных температурах впиталось в почву, поэтому в 2020-2021 сельскохозяйственном году в результате постоянных наблюдений в зимне-весенний период стока и смыва отмечено не было. Смыв почвы наблюдался лишь на полях чистого пара и пропашных культур в августе месяце.

Система почвозащитных мероприятий.

Однако вероятность его возникновения на эродированном склоне при определённых условиях весьма существенна. В этой связи необходимо руководствоваться накопленными данными по фактическим данным величины поверхностного стока и смыва почвы с учётом почвозащитных способов обработки почвы и на незарегулированном склоне.

Адаптивно-ландшафтное земледелие предполагает комплекс агротехнических, лесомелиоративных, гидротехнических приемов (сооружений), способствующих сокращению стока талой и ливневой воды, а также смыва почвы до безопасных пределов. Наиболее полно агрономический смысл адаптивно-ландшафтного земледелия проявляется при контурно-полосной организации территории, которая предполагает на эрозионно-опасных склонах полосное, приближенное к горизонталям размещение культур, а также направления обработки почвы, посева, уходных и других технологических операций по возделыванию гороха и других сельскохозяйственных культур в севооборотах.

Контурно-полосная организация территории с полосным размещением культур на эрозионно-опасных склонах позволяет влагу атмосферных осадков из разрушительного фактора превратить в созидательный. В стационаре по изучению севооборотов в ФГБНУ ФРАНЦ на незарегулированном склоне крутизной до 3,5-4° средний годовой сток талой воды составил 34,4 мм и смыв почвы – 23,8 т/га. На основной части склона с контурно-ландшафтной организацией территории показатели стока и смыва почвы были значительно меньшими (таблица 21).

Таблица 21 – Поверхностный сток воды и смыв почвы на зяби в системе контурно-полосной организации склона и на незарегулированном склоне, 2011-2016 гг.

Способ обработки почвы	Поверхностный сток, мм	Смыв, т/га
Чизельная	3,4	2,5
Отвальная	6,2	3,4
Незарегулированный склон	34,4	23,8

В целом возможность зарегулировать сток воды и смыв почвы зависит от ряда факторов, среди которых площадь водосбора, крутизна и длина склона, объем талой и ливневой воды, а также эффективность противоэрозионных мероприятий агротехнического, лесомелиоративного, гидротехнического содержания, которые применяются в дополнение к контурно-ландшафтной организации территории.

Использование чизельной обработки почвы в засушливые годы позволяет накапливать на зяби на 24,8 % снега и аккумулировать влаги на 22,4 % больше, чем по отвальной обработке [158].

При контурно-полосной организации склона разбивку поля следует проводить так, чтобы стороны полос были по возможности параллельны – это необходимо для нормативной работы тракторных агрегатов. Крутые повороты нужно сглаживать, но так, чтобы отклонение от горизонтали не превышало 20 м на расстоянии 50 м. Ширина полос определяется крутизной склона и эрозионной устойчивостью высеваемых в полосах культур (таблица 22).

Таблица 22 – Рекомендуемая ширина полос при контурно-полосной организации склона, м [105]

Крутизна склона	При чередовании полос многолетних трав с однолетними культурами	При чередовании однолетних культур сплошного сева с пропашными и паром
1-3°	150-70	80-60
3-5°	70-55	60-50
5-8°	55-40	50-40

Усиление почвозащитного комплекса за счёт чизельной обработки, щелевания почвы и образования по границе полос напашных валков (18-20 см) позволяет сократить величину стока до 66 % [105].

Предотвращение или снижение до безопасных пределов смыва почвы, как правило, согласуется с величиной поверхностного стока воды, поскольку также зависит от чередования в полосах, устойчивых и неустойчивых к эрозии культур и агрофонов, а также применения других компонентов почвозащитного комплекса. Защита эрозионно-опасных склонов позволяет не только получать урожай высокого качества возделываемых в севооборотах культур, но и в значительной мере сохранить параметры почвенного плодородия.

4.3 Почвенные влагозапасы и водный баланс посевов гороха на склоне

Влагообеспеченность посевов является одним из главных лимитирующих факторов получения высоких и устойчивых урожаев. Вследствие этого повышение эффективности использования осадков, их полное поглощение и продуктивное накопление являются важ-

нейшей задачей при возделывании культур в засушливых районах. Обработка почвы может существенно увеличить накопление в ней влаги и влагообеспеченность посевов благодаря увеличению впитывающей способности почвы, уменьшению испарения влаги и повышению мощности корнеобитаемой зоны.

В общем комплексе мероприятий по интенсификации почвозащитного земледелия важным фактором является рациональная обработка почвы склоновых земель с учётом конкретных условий: рельефа, свойств почвы, погодных условий. В связи с этим, одной из задач исследования было изучение влияния способов основной обработки почвы на особенности формирования запасов продуктивной влаги на посевах новых сортов гороха.

Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы на посевах гороха складывались из атмосферных осадков, выпадающих в течение вегетации, и влаги, накопленной за осенне-зимний период. Уровень запасов влаги в слое 0-100 см оценивался по А.Ф. Вадюниной [153]. В свою очередь, на показатели продуктивной влаги влияли погодные условия вегетационного периода гороха и различные способы основной обработки.

Анализ полученных данных показал, что перед посевом гороха запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-10 см при отвальном способе основной обработки почвы составили 13,9 мм, а при безотвальном (чизельном) способе запас продуктивной влаги был больше на 12,7 %, при комбинированном на 7,2 % меньше (таблица 23).

В слое почвы 0-30 см количество доступной влаги на варианте отвальной обработки почвы было 38,0 мм, а на вариантах чизельной и комбинированной обработки на 3,3 % и 2,2 % больше.

В слое почве 0-50 см тенденция накопления продуктивной влаги сохранилась, однако разница в сравнении с отвальной обработкой составила 2,1 % и 6,0 %. Наибольшие запасы продуктивной влаги (110,8 мм) накопились в слое почвы 0-100 см при отвальной обработке почвы, что на 1,0-12,9 % больше, чем при чизельной и комбинированной обработках соответственно.

При этом запасы продуктивной влаги по вариантам опыта в метровом слое почвы при посеве, изменяясь от 96,5 мм при комбинированной обработке до 109,7 мм при чизельной обработке почвы, с оценкой по шкале А.Ф. Вадюниной как «удовлетворительные».

Таблица 23 – Запасы продуктивной влаги на посевах гороха сорта Сотник на склоне в зависимости от способа основной обработки почвы, мм. Рассвет, 2020-2021 гг.

Способ обработки почвы	Слой почвы, см			
	0-10	0-30	0-50	0-100
Посев				
Чизельная	12,1	36,7	56,4	109,7
Комбинированная	14,9	37,2	54,2	96,5
Отвальная	13,9	38,0	57,7	110,8
НСР ₀₅	1,0	0,4	0,8	0,8
Цветение				
Чизельная	5,6	16,8	32,3	78,8
Комбинированная	7,5	18,2	29,8	73,7
Отвальная	7,5	20,8	33,3	76,7
НСР ₀₅	0,6	0,5	1,2	1,0
Полная спелость				
Чизельная	12,4	38,2	47,9	66,5
Комбинированная	10,8	33,1	44,6	52,7
Отвальная	12,6	37,2	45,8	55,3
НСР ₀₅	0,7	1,1	1,0	1,3

Фаза цветения для гороха является критической, и запас продуктивной влаги имеет большое значение для формирования урожая. По сравнению с периодом сева содержание влаги в слое почвы 0-10 см уменьшилось на 46,0-53,7 %, в слое 0-30 см – на 45,1-54,4 %, – в слое 0-50 см – на 42,2-45,0 %, – в слое 0-100 см – на 23,6-30,8 %. Причём на варианте с чизельной обработкой почвы отмечено наибольшее снижение продуктивной влаги в почве.

Ко времени полной спелости гороха в слое 0-10 см почвы количество продуктивной влаги незначительно отличалось от запасов в период сева (10,8-12,6 мм). В метровом слое запас продуктивной влаги уменьшился вдвое, по сравнению с периодом сева, но был существенным (52,7-66,5 мм).

Максимальные весенние влагозапасы в пахотном (38,0 мм), и метровом (110,8 мм) слоях почвы достоверно были накоплены на варианте с отвальной обработкой почвы.

В условиях Ростовской области главным лимитирующим фактором является влагообеспеченность, поэтому в условиях её дефицита весьма важным показателем является коэффициент водопотребления

культуры, представляющий количество воды, расходуемое на эвапотранспирацию для образования одной тонны товарной продукции. Показатели общего расхода влаги и коэффициенты водопотребления были рассчитаны на выход зерна с 1 га в зависимости от способа основной обработки почвы и фона питания (таблица 24).

Таблица 24 – Баланс продуктивной влаги и коэффициенты водопотребления гороха сорта Сотник на склоне в зависимости от способа основной обработки почвы и фона минерального питания. Рассвет, 2020-2021 гг.

Способ обработки почвы	Уровень питания	Расход влаги из почвы, мм	Осадки за вегетационный период, мм	Общий расход влаги, мм	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т
Чизельная	«0»	109,7	162,6	205,8	2,37	870
	«1»				2,66	772
	«2»				3,11	661
Комбинированная	«0»	96,5	162,6	206,4	2,34	883
	«1»				2,65	778
	«2»				3,13	660
Отвальная	«0»	110,8	162,6	218,1	2,41	905
	«1»				2,77	788
	«2»				3,13	697

Анализ данных таблицы показал, что при всех изучаемых способах обработки почвы повышение фона минерального питания обеспечивает более экономный расход влаги на единицу полученной продукции за счёт более высокой урожайности. Так, при чизельной обработке почвы на создание одной тонны урожая зерна было израсходовано наименьшее количество влаги при разных уровнях питания: 661-870 мм/т против 697-905 мм/т при отвальной обработке почвы, и 660-883 мм/т при комбинированной обработке.

Выявлена общая закономерность – с увеличением урожайности уменьшается коэффициент водопотребления при всех изучаемых обработках почвы. Наименьшее его значение получено на варианте с чизельной и комбинированной обработкой почвы и при «2-м» повышенном уровне удобрений (660-661 мм/т). В этих же условиях при отвальной обработке почвы он составил максимальную величину (697 мм/т) или на 5,6 % больше.

Установлено, что на варианте без удобрений под влиянием способа обработки почвы коэффициент водопотребления изменяется в пределах 2,4-3,9 %, при среднем уровне питания –1,3-2,0 %, и на повышенном фоне – 5,2-5,3 % с большими значениями при чизельной основной обработке почвы.

Значительно больше на величину коэффициента водопотребления влияет уровень минерального питания, снижение которого от контрольного варианта без удобрений при чизельной обработке составляет 11,2-24,0 %, при комбинированной 11,9-25,3, и при отвальной обработке 12,9-23,0 % с большими значениями на повышенном фоне питания.

Таким образом, запасы продуктивной влаги перед посевом гороха на варианте опыта по отвальной обработке почвы в метровом слое почвы были наибольшими (110,8 мм) и оценивались как «хорошие». Наиболее продуктивно использовалась почвенная влага при чизельном способе обработки почвы на повышенном фоне минерального питания, где коэффициент водопотребления был наименьшим, и составлял 660,7 мм/т против 697,1 мм/т при отвальном способе обработке почвы.

4.4 Урожайность, качество урожая и засорённость посевов гороха на эродированном склоне

Согласно схеме опыта, заложенном на эродированном склоне чернозёмов обыкновенных, в севооборотах учтена урожайность урожая гороха и проведён дисперсионный анализ полученных данных.

Как следует из приведённых данных, отвальная основная обработка под горох обеспечила более высокую урожайность зерна, независимо от фона минерального питания (2,37-3,11 т/га), а соответствующая прибавка по вариантам опыта варьировала в пределах 0,30-0,4879 т/га, или 12,6-33,8 %, по сравнению с чизельной обработкой. Комбинированная обработка почвы при этом занимала промежуточное положение по урожайности гороха (2,34-3,13 т/га) и прибавке урожая (0,32-0,79 т/га) (таблица 25).

Таблица 25 – Урожайность гороха сорта Сотник в зависимости от способа основной обработки почвы и уровня питания в условиях эрозионно-опасного агроландшафта, т/га. Рассвет, 2020-2021 гг.

Способ основной обработки почвы (Фактор А)	Уровень питания (Фактор Б)		
	без удобрений	P ₅₀	P ₉₀
Чизельная	2,37	2,66	3,11
Комбинированная	2,34	2,65	3,13
Отвальная	2,41	2,77	3,13
НСР ₀₅ = 0,08 т/га; фактор А и Б – 0,05 т/га; фактор АБ – 0,08 т/га.			
Примечание: «0» уровень – без удобрений; «1» уровень – P ₅₀ ; «2» уровень – P ₉₀			

Отвальная вспашка под посев гороха обеспечила более высокую урожайность зерна, независимо от фона минерального питания (2,37-3,11 т/га), а прибавка по вариантам опыта варьировала в пределах 0,30-0,48 т/га, или 12,6-33,8 %, по сравнению с чизельной обработкой.

По результатам статистической обработки данных урожайности выявлено, что способы основной обработки почвы не оказали существенного влияния на урожайность гороха сорта Сотник (НСР₀₅ = 0,05 т/га) в отличие от уровня минеральных удобрений. Урожайность на контрольном варианте отвальной обработки почвы при естественном плодородии составила 2,41 т/га. Внесение минеральных удобрений нормой P₅₀ на контрольном варианте увеличило урожайность гороха на 0,36 т/га, а увеличение нормы удобрений до P₉₀ повысило урожайность на 0,72 т/га.

Применение чизельной обработки почвы на варианте естественного плодородия способствовало увеличению урожайности до 2,37 т/га. На «1-м» уровне применения удобрений урожайность увеличилась на 0,30 т/га, а на «2-м» – на 0,79 т/га. На варианте комбинированной обработки почвы без удобрений урожайность составила 2,34 т/га, внесение удобрений в средней и повышенной норме увеличило урожайность на 0,32 т/га и 0,79 т/га соответственно. На варианте без удобрений недостаток питательных веществ в почве в критические фазы развития растений при комбинированной и чизельной обработке почвы отозвался снижением урожайности до 0,01-0,11 т/га.

Содержание элементов питания в основной и побочной продукции гороха сорта Сотник под воздействием фона минерального пита-

ния при разных способах обработки почвы повлияло на величину выноса их из почвы и накопление белка урожаем (таблица 26).

Таблица 26 – Содержание элементов питания в продукции гороха сорта Сотник на склоне в зависимости от способа обработки почвы и уровня минерального питания, %. Рассвет, 2020-2021 гг.

Способ обработки почвы	Уровень питания	Содержание элементов		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Основная продукция				
Чизельная	0	3,41	1,24	1,08
	1	3,59	1,27	1,12
	2	3,71	1,28	1,12
Комбинированная	0	3,45	1,23	1,09
	1	3,65	1,26	1,11
	2	3,73	1,27	1,12
Отвальная	0	3,53	1,24	1,08
	1	3,68	1,25	1,12
	2	3,75	1,27	1,12
Побочная продукция				
Чизельная	0	1,09	0,43	1,33
	1	1,19	0,46	1,39
	2	1,22	0,50	1,45
Комбинированная	0	1,08	0,55	1,43
	1	1,14	0,58	1,66
	2	1,16	0,53	1,70
Отвальная	0	1,09	0,40	1,31
	1	1,10	0,45	1,52
	2	1,17	0,43	1,63

Прослеживается общая тенденция в содержании элементов питания: с повышением фона питания возрастало содержание азота, фосфора и калия. Содержание общего азота в зерне изменялось в пределах от 3,41 до 3,75 %, в побочной продукции – от 1,08 до 1,22 %, содержание P₂O₅ в основной и побочной продукции было 1,23-1,28 % и 0,4-0,58%, K₂O – 1,08-1,12 % и 1,31-1,7 % соответственно

В зависимости от способа основной обработки наблюдается увеличение элементов питания в основной продукции (зерне гороха) в ряду: чизельная обработка → комбинированная → отвальная обработка.

С учётом изменения урожайности изменяется и вынос элементов питания из почвы с основной продукцией гороха сорта Сотник (таблица 27).

Таблица 27 – Вынос элементов питания основной продукцией гороха сорта Сотник в зависимости от способа основной обработки почвы и уровня питания на склоне, кг/га. Рассвет, 2020-2021 г.

Способ обработки почвы	Уровень питания	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Чизельная	0	80,7	29,2	25,6
	1	95,5	33,8	29,8
	2	115,4	39,9	34,9
Комбинированная	0	80,6	28,6	25,5
	1	96,7	33,4	29,4
	2	116,4	39,7	35,0
Отвальная	0	84,9	29,8	26,0
	1	101,7	34,4	31,0
	2	117,1	39,6	34,9

Наибольшее количество общего азота, подвижного фосфора и обменного калия было вынесено из почвы с урожаем при внесении повышенной нормы удобрений (N – 115,4-117,1 кг/га, P₂O₅ – 39,6-39,9 кг/га и K₂O – 34,9-35,0 кг/га). С уменьшением нормы удобрений количество основных элементов питания, выносимое из почвы, уменьшалось. На «1-м» уровне питания при чизельной обработке количество N, P₂O₅ и K₂O, вынесенное из почвы, было 95,5-101,7; 33,4-34,4; 29,4-31,0 кг/га соответственно. На варианте естественного плодородия с основной продукцией было вынесено азота – 80,6-84,9 кг/га, фосфора – 28,6-29,8 кг/га, калия – 25,5-26,0 кг/га.

В ходе исследований выявлено, что содержание белка в зерне гороха сорта Сотник больше зависело от уровня минерального питания, чем от способа обработки почвы (таблица 28).

На варианте естественного плодородия количество белка в зерне гороха при чизельной, комбинированной и отвальной обработках почвы содержалось соответственно 22,7, 23,0, 23,5 %. Внесение минеральных удобрений до 50 кг/га д. в. увеличило выход белка до 23,9-24,5 %. Увеличение нормы минеральных удобрений до 90 кг/га д. в. способствовало повышению содержания белка на варианте чизельной

обработки почвы до 24,7 %, на варианте комбинированной и отвальной обработки оно возросло до 24,8-25,0 %.

Таблица 28 – Содержание и сбор белка гороха сорта Сотник на склоне в зависимости от способа основной обработки почвы и уровня питания. Рассвет, 2020-2021 гг.

Уровень питания	Чизельная		Комбинированная		Отвальная	
	содержание белка, %	сбор белка, т/га	содержание белка, %	сбор белка, т/га	содержание белка, %	сбор белка, т/га
0	22,7	0,48	23,0	0,49	23,5	0,52
1	23,9	0,57	24,3	0,60	24,5	0,63
2	24,7	0,70	24,8	0,73	25,0	0,76

В весенний период, когда относительно низкие температуры после высева семян приводили к гибели части посевов, выживаемость растений изменялась от 99 до 105 шт./м² или 12,3-16,6 % (таблица 29).

Таблица 29 – Структура урожая гороха сорта Сотник в зависимости от способа обработки почвы и уровня питания при норме высева 1,2 млн шт./га на склоне. Рассвет, 2020-2021 гг.

Обработка почвы	Уровень питания	Выживаемость, шт./м ²	Количество бобов на растении, шт.	Количество семян на 1 растении, шт.	Вес семян с 1 растения, г	Масса 1000 семян, г
Чизельная	0	102	3,6	11,7	2,3	197,7
	1	103	5,3	13,6	2,6	190,2
	2	99	6,1	16,7	3,1	189,0
Комбинированная	0	104	3,9	11,2	2,2	199,0
	1	102	5,2	13,4	2,6	195,4
	2	103	6,6	15,5	3,0	195,4
Отвальная	0	103	3,9	11,6	2,4	203,3
	1	100	5,2	13,7	2,8	201,1
	2	105	6,7	14,9	3,0	199,5
НСР ₀₅		6,9	1,3	0,7	0,2	7,9

Структурный анализ урожая гороха показал, что на вариантах обработки почвы без внесения удобрений количество бобов на расте-

нии составило 3,6-3,9 шт., семян на одном растении 11,2-11,7 шт., вес зерна с одного растения 2,2-2,4 г, масса 1000 семян 197,7-203,3 г.

При внесении расчётной дозы удобрений 50 кг/га д. в. количество бобов на растении увеличилось до 5,2-5,3 шт., зёрен на одном растении – до 13,4-3,7 шт., масса зерна с одного растения – до 2,6-2,8 г, однако масса 1000 зёрен уменьшилась до 190,2-201,1 г.

Наибольшие показатели структуры урожая: количество бобов на растении 6,1-6,7 шт., семян на одном растении – до 14,9-16,7 шт., масса семян с одного растения – 3,0-3,1 г при массе 1000 семян 189,0-199,5 г были получены при внесении фосфорных удобрений нормой P_{90} кг/га д. в.

Таким образом, при возделывании гороха сорта Сотник в условиях эрозионно-опасного склона наибольшая урожайность – 3,11 т/га была получена при отвальном и комбинированном способе обработки почвы и внесении минеральных удобрений нормой P_{90} . Прибавка урожая в этом случае составила 0,72-0,79 т/га. На этом варианте отмечено и максимальное содержание белка в зерне гороха – 24,8-25,0 %.

5 АГРОХИМИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НОВЫХ СОРТОВ ГОРОХА НА ПЛАКОРНЫХ И ЭРОДИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ

5.1 Агрохимическая и экономическая эффективность возделывания новых сортов гороха на плакорных землях

Наивысшая окупаемость удобрений у новых сортов гороха в опытах обеспечивалась прибавкой урожая средним фоном минерального питания $N_{15}P_{40}K_{40}$ кг/га д. в. При этом эффективность влияния минеральных удобрений на урожайность при разных обработках почвы возрастала по мере увеличения нормы высева Лучший показатель получен по сорту Премьер при норме высева 1,2 млн шт./га после отвальной обработки, составив 5,16 кг дополнительной продукции на 1 кг внесённых удобрений (таблица 30).

Таблица 30 – Окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая при возделывании новых сортов гороха в зависимости от фона удобрений, ФГБНУ ФРАНЦ, п. Рассвет, 2019-2021 гг., среднее.

Способ основной обработки почвы	Норма высева, млн шт./га	Прибавка урожайности от удобрений, т/га		Окупаемость 1 кг удобрений прибавкой урожая, кг	
		$N_{15}P_{40}K_{40}$	$N_{30}P_{80}K_{80}$	$N_{15}P_{40}K_{40}$	$N_{30}P_{80}K_{80}$
1	2	3	4	5	6
Сорт Премьер					
Отвальная	0,8	0,37	0,67	3,89	3,53
	1,0	0,39	0,77	4,11	4,05
	1,2	0,49	0,87	5,16	4,58
Комбинированная	0,8	0,32	0,63	3,37	3,32
	1,0	0,35	0,70	3,68	3,68
	1,2	0,42	0,74	4,42	3,89
Чизельная	0,8	0,33	0,60	3,47	3,16
	1,0	0,40	0,72	4,21	3,79
	1,2	0,48	0,82	5,05	4,32

1	2	3	4	5	6
Сорт Сотник					
Отвальная	0,8	0,36	0,60	3,79	3,16
	1,0	0,44	0,75	4,63	3,95
	1,2	0,47	0,79	4,95	4,16
Комбини- рованная	0,8	0,30	0,54	3,16	2,84
	1,0	0,39	0,61	4,11	3,21
	1,2	0,47	0,68	4,95	3,58
Чизельная	0,8	0,29	0,51	3,05	2,68
	1,0	0,40	0,61	4,21	3,21
	1,2	0,47	0,69	4,95	3,63

При возделывании сорта гороха Сотник при отвальной, комбинированной и чизельной обработках лучший показатель отмечен на варианте с комбинированной обработкой и нормой высева 1,2 млн шт./га – 4,95 кг/кг. В условиях высокого фона минерального питания эффективность использования удобрений оказалась ниже. Лучший результат получен при отвальной обработке и норме высева семян 1,2 млн шт./га, не превысив у сортов Премьер – 4,58 кг/кг, Сотник – 4,16 кг/кг.

Для оценки эффективности этих приёмов проведён расчёт экономической эффективности возделывания новых сортов гороха при сочетании нормы высева 1,2 млн шт./га и фона питания $N_{30}P_{80}K_{80}$ (таблица 31).

Таблица 31 – Экономическая эффективность приёмов основной обработки почвы при возделывании новых сортов гороха, 2019-2021 гг.

Показатель	Сорт	Способ обработки почвы		
		чизельная	комбинированная	вспашка
1	2	3	4	5
Прямые затраты, тыс. руб./га	Премьер	32,2	32,9	35,0
	Сотник			
Урожайность, т/га	Премьер	2,71	2,65	2,82
	Сотник	2,49	2,44	2,63
Стоимость продукции, тыс. руб./га	Премьер	67,75	66,25	70,5
	Сотник	62,25	61,0	65,8
Себестоимость 1 т продукции тыс. руб.	Премьер	11,9	12,4	12,4
	Сотник	12,9	13,5	13,3

1	2	3	4	5
Условный чистый доход, тыс. руб. /га	Премьер	35,5	33,3	35,5
	Сотник	30,0	28,1	30,7
Рентабельность, %	Премьер	110,2	101,3	101,2
	Сотник	93,1	85,3	87,6
Окупаемость прямых затрат урожаем, руб./руб.	Премьер	2,10	2,01	2,01
	Сотник	1,93	1,85	1,88

В состав прямых производственных затрат на плакорно-равнинном ландшафте входят затраты на семена, удобрения, средства защиты растений, заработная плата, горюче-смазочные материалы, амортизацию и текущий ремонт техники. Прямые затраты увеличивались по мере интенсификации основной обработки, достигая наибольшего значения в условиях отвальной вспашки – 35,0 тыс. руб. Здесь же, вследствие более высокой урожайности, получена и самая высокая стоимость продукции, составившая по сорту Премьер 70, 50 тыс. руб., по сорту Сотник – 65,8 тыс. руб. Однако самая низкая в опыте себестоимость 1 т (по сорту Премьер – 11,9 тыс. руб., Сотник – 12,9 тыс. руб.), наивысшая рентабельность (110,2–93,1 %) и окупаемость затрат (2,10–1,93 руб./руб.) соответственно, достигались в условиях чизельной основной обработки почвы.

Расчёт агрохимической эффективности расширенного ряда применяемых удобрений показал, что максимальная отзывчивость новых сортов гороха зависит от сорта и нормы высева семян.

При посеве нормой 0,8 млн шт./га гороха Премьер, максимальная окупаемость удобрений была получена на варианте $P_{20}K_{20}$, составив 8,3 кг/кг д. в., что было связано с прибавкой урожая от удобрений (рисунок 19).

При норме высева 1,0 млн шт./га максимальная окупаемость составила 8,7 кг/кг д. в. и была получена на варианте $N_{20}P_{20}K_{20}$. При оптимальной норме высева 1,2 млн шт./га максимальная окупаемость была получена на варианте с внесением $P_{20}K_{20}$, составив 7,7 кг/кг д. в.

Совместное применение фосфорных и калийных удобрений в дозе 40 кг д. в. позволяет получить максимальную прибавку урожая, однако за счёт увеличения нормы удобрений их окупаемость снизилась до 5,1 кг/кг д. в.

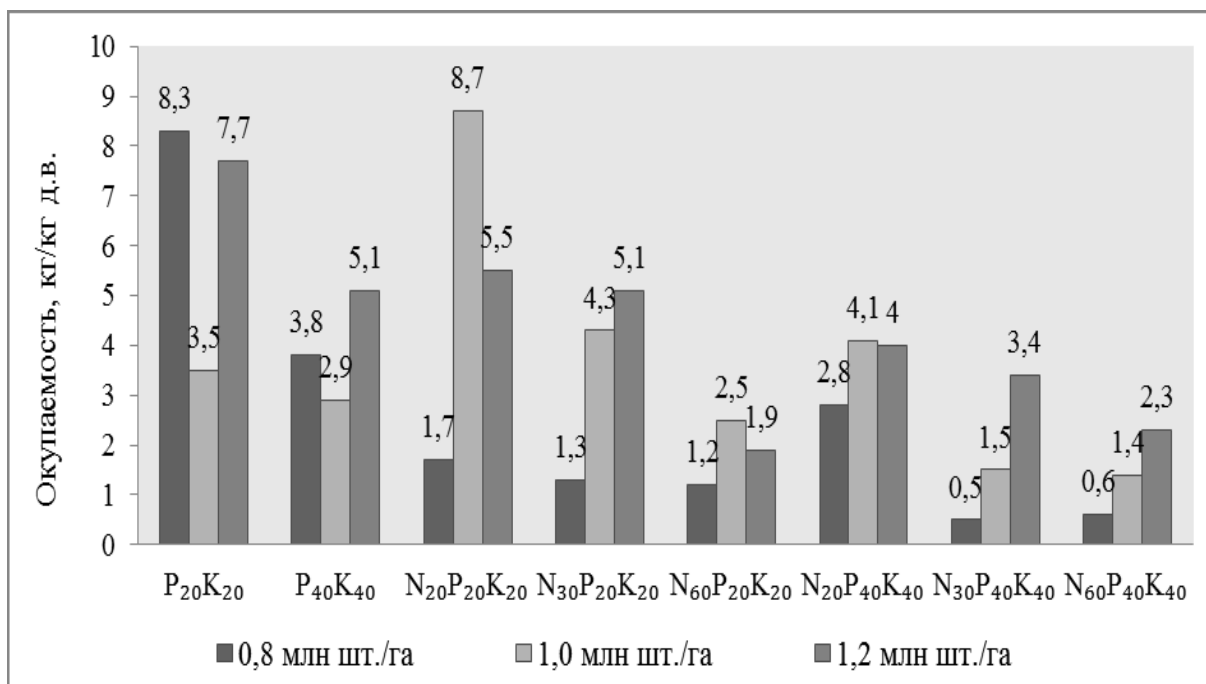


Рисунок 19 – Окупаемость минеральных удобрений, вносимых под горох сорта Премьер, кг/кг д. в.

У сорта Сотник окупаемость удобрений была меньше за счёт меньшей прибавки урожая (рисунок 20).

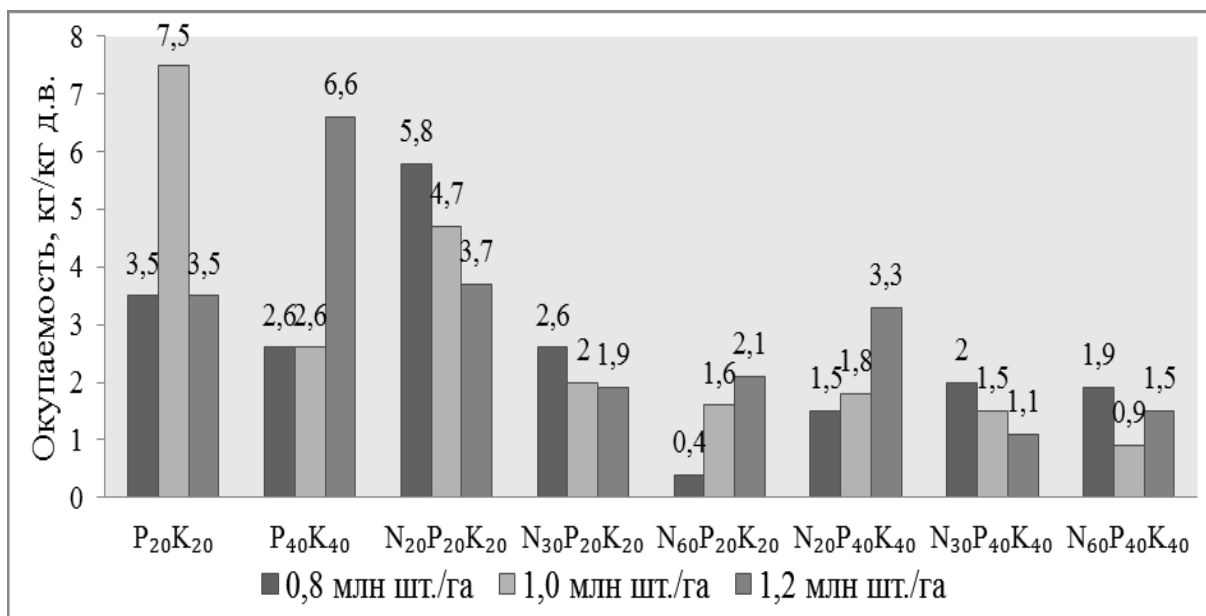


Рисунок 20 – Окупаемость минеральных удобрений, вносимых под горох сорта Сотник, кг/кг д. в.

Так, при норме высева 0,8 млн шт./га наибольшая окупаемость составила 5,8 кг/кг д. в. на варианте с внесением 20 кг д. в. полного минерального удобрения. При норме посева 1,0 млн шт./га максимальная окупаемость составила 7,5 кг/кг д. в. и наблюдалась на варианте P₂₀K₂₀, где была получена наибольшая прибавка урожая.

При посеве нормой 1,2 млн шт./га наилучшие результаты окупаемости минеральных удобрений урожаем (6,6 кг/кг д. в.) были получены на варианте P₄₀K₄₀, что связано с максимальной прибавкой урожая.

Проведённые исследования показали, что экономическая эффективность возделывания сортов гороха Премьер и Сотник зависит как от норм высева, так и норм вносимых минеральных удобрений. При возделывании гороха Премьер с нормой высева 0,8 млн шт./га прямые производственные затраты увеличивались на удобренных вариантах по сравнению с контролем за счёт увеличения урожайности, при этом максимальное значение было получено на варианте N₆₀P₄₀K₄₀, составив 37,1 тыс. руб./га (таблица 32).

Таблица 32 – Показатели экономической эффективности возделывания гороха сорт Премьер, 2020-2021 гг.

Вариант	Показатели					
	Прямые затраты, тыс. руб./га	Стоимость урожая, тыс. руб./га	Себестоимость 1 т урожая, тыс. руб.	Условный чистый доход, тыс. руб./га	Рентабельность, %	Окупаемость прямых затрат урожаем, руб.
1	2	3	4	5	6	7
Норма высева 0,8 млн.шт./га						
Б/у	24,0	65,5	9,2	41,5	172,9	2,7
P ₂₀ K ₂₀	28,8	73,8	9,8	45,0	156,1	2,6
P ₄₀ K ₄₀	33,4	73,0	11,4	39,6	118,6	2,2
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	28,7	68,0	10,6	39,3	136,9	2,4
N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀	29,3	67,8	10,8	38,5	131,2	2,3
N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	31,2	68,5	11,4	37,3	119,6	2,2
N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	34,7	72,5	12,0	37,8	108,9	2,1
N ₃₀ P ₄₀ K ₄₀	35,2	66,8	13,2	31,6	89,6	1,9
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	37,1	67,8	13,7	30,7	82,6	1,8

1	2	3	4	5	6	7
Норма высева 1,0 млн.шт./га						
Б/у	28,4	74,3	9,6	45,9	161,4	2,6
P ₂₀ K ₂₀	32,9	77,8	10,6	44,9	136,3	2,4
P ₄₀ K ₄₀	37,7	80,0	11,8	42,3	112,2	2,1
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	33,5	87,3	9,6	53,8	160,4	2,6
N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀	33,9	81,8	10,4	47,9	141,2	2,4
N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	35,7	80,5	11,1	44,8	125,5	2,3
N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	39,2	84,5	11,6	45,3	115,6	2,2
N ₃₀ P ₄₀ K ₄₀	39,6	78,5	12,6	38,9	98,2	2,0
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	41,5	79,3	13,1	37,8	91,0	1,9
Норма высева 1,2 млн.шт./га						
Б/у	33,1	92,8	8,9	59,7	180,2	2,8
P ₂₀ K ₂₀	37,8	100,5	9,4	62,7	165,9	2,7
P ₄₀ K ₄₀	39,6	103,0	10,3	63,4	160,1	2,6
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	38,8	101,0	9,4	62,2	160,3	2,6
N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀	39,3	101,8	9,5	62,5	159,0	2,6
N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	40,3	97,5	10,3	57,2	141,9	2,4
N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	43,9	102,8	10,7	58,9	134,1	2,3
N ₃₀ P ₄₀ K ₄₀	44,6	102,0	10,9	57,4	128,7	2,3
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	46,4	100,8	11,5	54,4	117,1	2,2

Себестоимость произведённой продукции на удобренных вариантах была выше по сравнению с контролем, где она составила 9,2 тыс. руб., что связано с высокой стоимостью удобрений.

Минимальная себестоимость на удобренных вариантах наблюдалась при внесении P₂₀K₂₀, составив 9,8 тыс. руб. Применение удобрений, хотя и увеличивает урожайность, но в связи с высокой стоимостью удобрений приводит к удорожанию производства и, как следствие, к снижению условного чистого дохода на большинстве удобренных вариантов по сравнению с контролем, за исключением варианта P₂₀K₂₀, где данный показатель был наивысшим (45,0 тыс. руб./га), за счёт максимальной прибавки урожая (таблица 30).

Как рентабельность, так и окупаемость прямых затрат на удобренных вариантах была существенно ниже, чем на контроле, снижаясь по мере увеличения нормы удобрений, что также было непосредственно связано с их высокой стоимостью.

При норме высева 1,0 млн шт./га наблюдалось увеличение прямых затрат, стоимости и себестоимости продукции по всем вариантам опыта, что было связано с повышением затрат на приобретение посевного материала. Максимум затрат наблюдался на варианте $N_{60}P_{40}K_{40}$, составив 41,5 тыс. руб./га. За счёт существенного увеличения урожайности на удобренных вариантах возростала стоимость урожая, однако себестоимость в связи с высокими затратами на производство была выше, чем на контроле, за исключением варианта $N_{20}P_{20}K_{20}$, где данный показатель был на уровне контрольного варианта и составил 9,6 тыс. руб./т.

Условный чистый доход на варианте без применения удобрений составил 45,9 тыс. руб./га. Применение удобрений приводило к снижению условного чистого дохода на большинстве изучаемых вариантов, за исключением вариантов $N_{20}P_{20}K_{20}$ и $N_{30}P_{20}K_{20}$, где данный показатель был существенно выше контроля. Максимальный условный чистый доход (53,8 тыс. руб./га) был получен при внесении удобрения нормой $N_{20}P_{20}K_{20}$ кг/га д. в.

Как и при норме 0,8 млн шт./га, рентабельность и окупаемость прямых затрат урожаем на удобренных вариантах снижалась по сравнению с контролем. Лучшие результаты были получены на варианте с внесением $N_{20}P_{20}K_{20}$, составив 160,4 % и 2,6 руб. соответственно.

При увеличении нормы высева гороха до 1,2 млн шт./га наблюдался значительный рост прямых затрат и стоимости полученного урожая, что было непосредственно связано с ростом затрат на семенной материал и существенно возросшую урожайность. Максимальная стоимость урожая наблюдалась на варианте с внесением $P_{40}K_{40}$, составив 103,0 тыс. руб./га.

Себестоимость производимой продукции снижалась по сравнению с остальными изучаемыми нормами посева, что было связано со значительным увеличением урожайности гороха. Условный чистый доход при этом был значительно выше, чем при нормах высева 1,0 и 0,8 млн шт./га, достигая на контроле 59,7 тыс. руб./га, а на удобренных вариантах варьируя от 54,4 до 63,4 тыс. руб./га. Максимальное значение данного показателя было получено на варианте $P_{40}K_{40}$. Как рентабельность, так и окупаемость затрат существенно повысились. Так, на контроле рентабельность составила 180,2 %, окупаемость

прямых затрат – 2,8 руб. Прослеживались аналогичные тенденции в изменении данных показателей по вариантам опыта, как и при других изучаемых нормах высева.

Таким образом, возделывание гороха Премьер наиболее экономически эффективно при норме высева 1,2 млн шт./га, поскольку позволяет получить наибольший условный чистый доход при высокой рентабельности производства и низкой себестоимости продукции. Максимальный условный чистый доход (63,4 тыс. руб./га) получен при внесении P₄₀K₄₀, при этом рентабельность и окупаемость затрат составили соответственно 160,1 % и 2,6 руб.

При возделывании гороха Сотник прослеживались аналогичные тенденции в изменении прямых производственных затрат, стоимости урожая и себестоимости продукции, как и у гороха Премьер. При норме посева 0,8 млн шт./га максимальный условный чистый доход был получен на варианте N₂₀P₂₀K₂₀ и составил 54,0 тыс. руб./га. Наивысшая рентабельность и окупаемость прямых затрат была получена на контрольном варианте, составив соответственно 206,6 % и 3,1 руб. На удобренных вариантах показатели снизились в связи с высокими затратами на применение удобрений (таблица 33).

При норме высева 1,0 млн шт./га наблюдалось снижение условного чистого дохода, рентабельности и окупаемости затрат на удобренных вариантах, что было непосредственно связано с повышением затрат на семенной материал и дополнительную урожайность.

Таблица 33 – Показатели экономической эффективности возделывания гороха сорт Сотник. 2020-2021 гг.

Вариант	Показатели					
	Прямые производственные затраты, тыс. руб./га	Стоимость урожая, тыс. руб./га	Себестоимость 1 т урожая, тыс. руб.	Условный чистый доход, тыс. руб./га	Рентабельность, %	Окупаемость прямых затрат урожая, руб.
1	2	3	4	5	6	7
Норма высева 0,8 млн.шт./га						
Б/у	24,3	74,5	8,2	50,2	206,6	3,1
P ₂₀ K ₂₀	28,9	78,0	9,3	49,1	169,9	2,7
P ₄₀ K ₄₀	33,7	79,8	10,6	46,1	136,6	2,4
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	29,3	83,3	8,8	54,0	184,1	2,8

1	2	3	4	5	6	7
N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀	29,8	79,0	9,4	49,2	165,1	2,7
N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	31,5	75,5	10,4	44,0	139,7	2,4
N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	35,0	78,3	11,2	43,3	123,6	2,2
N ₃₀ P ₄₀ K ₄₀	35,7	80,0	11,2	44,3	124,1	2,2
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	37,6	81,0	11,6	43,4	115,4	2,2
Норма высева 1,0 млн.шт./га						
Б/у	28,6	79,8	9,0	51,2	178,8	2,8
P ₂₀ K ₂₀	33,3	87,3	9,5	54,0	162,0	2,6
P ₄₀ K ₄₀	37,9	85,0	11,1	47,1	124,3	2,2
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	33,4	86,8	9,6	53,4	159,7	2,6
N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀	33,9	83,3	10,2	49,4	145,6	2,5
N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	35,8	83,8	10,7	48,0	133,9	2,3
N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	39,2	84,3	11,6	45,1	114,9	2,1
N ₃₀ P ₄₀ K ₄₀	39,8	84,0	11,8	44,2	111,1	2,1
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	41,7	82,8	12,6	41,1	98,4	2,0
Норма высева 1,2 млн.шт./га						
Б/у	32,7	81,8	10,0	49,1	150,0	2,5
P ₂₀ K ₂₀	37,2	85,3	10,9	48,1	129,2	2,3
P ₄₀ K ₄₀	40,3	95,0	11,1	54,7	135,7	2,4
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	37,4	87,3	10,7	49,9	133,3	2,3
N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀	38,0	85,0	11,2	47,0	123,7	2,2
N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	39,9	87,0	11,5	47,1	118,0	2,2
N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	43,4	90,0	12,1	46,6	107,4	2,1
N ₃₀ P ₄₀ K ₄₀	43,9	84,8	12,9	40,9	93,1	1,9
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	45,8	87,0	13,2	41,2	90,0	1,9

Максимальный условный чистый доход был получен на варианте P₂₀K₂₀ (54,0 тыс. руб./га), при этом рентабельность и окупаемость затрат урожаем составили соответственно 162,0 % и 2,6 руб. Максимальная окупаемость затрат и рентабельность производства также была выявлена на варианте без удобрений составив соответственно 2,8 руб. и 178,8 %.

При посеве нормой 1,2 млн шт./га также происходило снижение условного чистого дохода, рентабельности и окупаемости затрат по сравнению с посевами гороха нормой 0,8 и 1,0 млн шт./га в связи с увеличением затрат на посевной материал и невысокими прибавками урожайности от вносимых удобрений. Наивысший условный чистый доход в размере 54,7 тыс. руб./га был получен на варианте P₄₀K₄₀, окупаемость

затрат и рентабельность при этом составили 2,4 руб. и 135,7 %. Максимальное значение рентабельности и окупаемости прямых затрат было получено на варианте без удобрений, составив соответственно 150,0 % и 2,5 руб. Следовательно, наиболее экономически выгодно возделывание гороха Сотник при норме высева 1,2 млн шт./га на фоне $P_{40}K_{40}$, что позволяет получить максимальный условный чистый доход при высоком уровне рентабельности и окупаемости прямых затрат.

Таким образом, наиболее экономически эффективно высевать сорта гороха Премьер и Сотник с нормой высева 1,2 млн. шт./га при внесении $P_{40}K_{40}$, что позволяет получить максимальный условный чистый доход при высокой рентабельности производства и окупаемости прямых затрат урожаем.

5.2 Агрохимическая и экономическая эффективность возделывания новых сортов гороха на эродированных землях

В ходе экспериментальных исследований выявлено положительное влияние различных норм минеральных удобрений на урожайность гороха: средний фон удобрений способствует повышению урожайности на 12,6-14,8 %, повышенный фон – на 29,8-33,8 % (таблица 34).

Таблица 34 – Эффективность применения удобрений на склоне под горох сорт Сотник в зависимости от способа обработки почвы и уровня минерального питания. Рассвет, 2020-2021 гг.

Обработка	Прибавка урожая, т/га		Окупаемость удобрений прибавкой урожая, кг/кг		Прибавка урожая на повышенном уровне питания P_{90} , т/га	Окупаемость дополнительно внесённых удобрений прибавкой урожая, кг/кг
	P_{50}	P_{90}	P_{50}	P_{90}		
Чизельная	0,30	0,75	6,0	8,3	0,45	11,3
Комбинированная	0,32	0,79	6,3	8,8	0,47	11,8
Отвальная	0,36	0,72	7,1	8,0	0,36	9,0

Окупаемость 1 кг внесённых удобрений прибавкой урожая при внесении P_{50} при чизельном, комбинированном и отвальном способах

обработки почвы составила соответственно 6,0; 6,3 и 7,1 кг на 1 кг внесённых удобрений. Увеличение нормы минеральных удобрений до P_{90} повысило их окупаемость прибавкой урожая до 8,3 кг; 8,8 кг и 8,0 на 1 кг внесённых удобрений. Наивысшая окупаемость удобрений (8,3-8,8 кг/кг) получена при внесении повышенной нормы при чизельной и комбинированной обработках почвы.

В современных условиях рынка одним из главных показателей является высокая экономическая эффективность производства гороха (таблица 35).

Таблица 35 – Экономическая эффективность возделывания гороха сорта Сотник в зависимости от способов обработки почвы и уровня минерального питания на склонах. Рассвет, 2020-2021 гг.

Показатель	Способ обработки почвы		
	Чизельная	Комбини- рованная	Отвальная
1	2	3	4
Без внесения удобрений			
Прямые затраты, тыс. руб./га	23,1	23,3	23,9
Урожайность, т/га	2,37	2,34	2,41
Стоимость продукции, тыс. руб.	59,2	58,4	60,2
Себестоимость 1 т продукции, тыс. руб.	9,8	10,0	9,9
Условный чистый доход, тыс. руб. /га	36,1	35,1	36,3
Рентабельность, %	156,2	150,7	152,0
Окупаемость прямых затрат урожаем, руб./руб.	2,56	2,51	2,52
Средний уровень питания P_{50} кг/га д. в.			
Прямые затраты, тыс. руб./га	28,8	29,0	29,6
Урожайность, т/га	2,66	2,65	2,77
Стоимость продукции, тыс. руб.	66,6	66,3	69,2
Себестоимость 1 т продукции, тыс. руб.	10,8	10,9	10,7
Условный чистый доход, тыс. руб. /га	37,8	37,3	39,6
Рентабельность, %	131,2	128,9	133,8
Окупаемость прямых затрат урожаем, руб./руб.	2,31	2,29	2,34
Повышенный уровень питания P_{90} кг/га д. в.			
Прямые затраты, тыс. руб./га	33,4	33,5	34,1
Урожайность, т/га	3,11	3,13	3,13

1	2	3	4
Стоимость продукции, тыс. руб.	77,9	78,1	78,2
Себестоимость 1 т продукции, тыс. руб.	10,7	10,7	10,9
Условный чистый доход, тыс. руб. /га	44,5	44,6	44,1
Рентабельность, %	133,5	133,1	129,1
Окупаемость прямых затрат урожаем, руб./руб.	2,33	2,33	2,29

На склоновых землях к прямым затратам обычно добавляют затраты на возмещение ущерба от эрозии. В 2019-2022 гг. эрозионных процессов на склонах не отмечено.

Анализ прямых производственных затрат, рассчитанных на 1 га севооборотной площади при выращивании гороха без внесения удобрений, показал, что они на варианте с чизельной обработкой были меньше, чем при отвальной вспашке на 0,8 тыс. руб. за счёт экономии горюче-смазочных материалов, составив 23,1 тыс. руб./га. На варианте с комбинированной обработкой производственные затраты составили 23,3 тыс. руб./га. На повышенном уровне питания прямые затраты возросли до 33,4, 33,5 34,1 тыс. руб./га соответственно.

При большей урожайности зерна гороха лучшие показатели отмечены при чизельной обработке почвы как на варианте без удобрений, так и при среднем уровне питания. Очевидное преимущество этот способ обработки почвы в зависимости от уровня питания имеет по таким показателям, как себестоимость 1 тонны продукции (9,8 тыс. руб.), рентабельность производства (156,2 %), а также окупаемость прямых затрат урожаем (2,56 руб.). В то же время максимальная стоимость продукции (77,9-78,2 тыс. руб.) отмечена на повышенном фоне минерального питания с большим значением при отвальной обработке почвы.

Таким образом, экономическая оценка выращивания гороха в 2020-2021 гг. в условиях эрозионно-опасного склона показала, что наиболее эффективным способом обработки почвы является отвальная обработка, обеспечивающая получение 2,41-3,13 т зерна с 1 га, условный чистый доход в пределах 36,3-44,1 тыс. руб./га, однако по рентабельности производства (133,5 %) и окупаемости прямых затрат урожаем (2,33 руб.) преимущество имеет почвозащитная чизельная основная обработка почвы.

5.3 Сравнительная оценка экономических показателей при возделывании гороха на плакорных и склоновых землях

При сравнении экономической эффективности возделывания гороха на плакорных и эродированных землях выявлено преимущество плакорных почв по ряду экономических показателей: величине урожайности, себестоимости единицы урожая, стоимости полученной продукции, величине условного чистого дохода, рентабельности производства.

Применение изучаемых элементов технологии позволяет получить на плакорных землях урожайность семян до 3,8 т/га; на склонах – 3,13 т/га или на 17,6 % ниже (таблица 36).

Таблица 36 – Экономическая эффективность сочетания элементов технологии возделывании гороха Сотник при отвальной обработке в различных агроландшафтах. 2020-2021 гг.

Показатель	Вид агроландшафта	
	Плакорный агроландшафт	Эрозионно-опасный склон
Фон минерального питания	P ₄₀ K ₄₀ кг/га д. в.	P ₉₀ кг/га д. в.
Урожайность, т/га	3,80	3,13
Стоимость продукции, тыс. руб.	95,0	78,2
Прямые затраты, тыс. руб./га	40,3	34,1
Себестоимость 1 т продукции, тыс. руб.	11,1	10,9
Условный чистый доход, тыс. руб. /га	54,7	44,1
Рентабельность, %	135,7	129,0
Окупаемость прямых затрат урожаем, руб./руб.	2,4	2,3
Окупаемость удобрений прибавкой урожая, кг/кг д. в.	6,6	8,0
Примечание: Оптимальная норма высева семян –1,2 млн шт./га.		

В том же соотношении различалась и стоимость полученной с 1 га продукции. Несмотря на превышение величины прямых затрат на плакоре на 6,2 тыс. руб./га, по сравнению с аналогичными показателями на склоне, себестоимость 1 т зерна гороха на плакорных землях

составляет 11,1 тыс. руб., что несколько выше (на 0,2 тыс. руб.), чем на эрозионно-опасных землях. При этом более высокий условный чистый доход (54,7 тыс. руб./га) и рентабельность продукции (135,7 %) получены на плакорном агроландшафте, а соответствующая разница с показателями на склоновых землях составила 10,6 тыс. руб./га (24,0 % и 6,7 %).

Для более полной оценки эффективности элементов технологии использованы дополнительные экономические показатели – окупаемость прямых затрат урожаем и окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая. Так, окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая при оптимальном сочетании изучаемых элементов технологии составила: на плакорных и склоновых землях 6,6 кг/кг и 8,0 кг/кг; окупаемость прямых затрат урожаем – 2,4 и 2,3 руб. на каждый рубль затрат соответственно.

Таким образом, сравнительная оценка по основным экономическим показателям элементов технологии возделывания гороха выявила преимущество его возделывания на плакорных землях по показателям, превышающим их значения на эрозионно-опасном склоне: урожайности на 17,6 %, условному чистому доходу на 24,0 %, рентабельности на 6,7 %.

Возделывание гороха на плакорных землях на фоне $N_{40}P_{40}$ кг/га д. в. при отвальной основной обработке почвы обеспечивает получение урожайности зерна 3,80 т/га, 54,7 тыс. руб./га чистого дохода и 135,7 % рентабельности при максимальной окупаемости прямых производственных затрат урожаем 2,4 руб./руб. и окупаемости удобрений прибавкой урожая 6,6 кг/кг д. в.

На эрозионно-опасном склоне отвальная основная обработка почвы на фоне минеральных удобрений P_{90} кг/га д. в. позволила получить урожайность гороха 3,13 т/га с достижением 44,1 тыс. руб./га чистого дохода и 129 % рентабельности. Однако в условиях потенциальной опасности водной эрозии на склонах рекомендуется применять почвозащитную чизельную основную обработку почвы, обеспечивающую окупаемость прямых производственных затрат урожаем 2,33 руб./руб. и окупаемость внесённых удобрений прибавкой урожая 8,3 кг/кг д. в.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Лучшие показатели урожайности новых сортов гороха получены в условиях отвальной основной обработки и нормы высева семян 1,2 млн шт./га, которые, независимо от фона удобрений, составили по сортам: Премьер 1,95-2,82 т/га, Сотник – 1,84-2,63 т/га.

2. Внесение средних норм удобрений $N_{15}P_{40}K_{40}$ д. в., независимо от норм высева семян и способов основной обработки почвы, повышало урожайность гороха сорта Премьер на 21,1-25,4 %, сорта Сотник на 19,1-27,0 %, по сравнению с вариантом естественного плодородия. Применение полного минерального удобрения нормой $N_{30}P_{80}K_{80}$ кг/га д. в. обеспечивало прибавку урожайности по сортам: Премьер 38,7-44,6 %, Сотник 33,6-46,0 %.

3. Увеличение нормы высева семян с 0,8 до 1,0 млн шт./га способствовало повышению урожайности гороха при разных способах основной обработки почвы и фонах питания, составив: по сорту Премьер 10,7-14,7 %, по сорту Сотник – 7,9-13,9 %. Наилучшие показатели урожайности отмечены при норме высева 1,2 млн шт./га, а аналогичная прибавка урожая гороха достигала: по сорту Премьер 26,0-29,8 %, по сорту Сотник – 18,4-25,8 %.

4. Наиболее высокая окупаемость удобрений прибавкой урожая у новых сортов гороха обеспечивалась средним фоном минерального питания $N_{15}P_{40}K_{40}$ кг/га д. в., при разных способах основной обработки и нормах высева семян. Лучший показатель получен на варианте с нормой высева 1,2 млн шт./га после отвальной обработки, составив по сорту Премьер 5,16 кг/кг, сорту Сотник – 4,95 кг/кг.

5. Разные условия тепловлагообеспеченности вегетационных периодов гороха в годы исследований отражались на значениях коэффициента водопотребления, разница между которыми достигала 1,9-2,1 раза. Самый низкий коэффициент водопотребления ($876 \text{ м}^3/\text{т}$) получен на варианте отвальной вспашки на фоне удобрений $N_{30}P_{80}K_{80}$ и нормы высева 1,2 млн шт./га.

6. Применение минеральных удобрений приводит к существенному улучшению элементов продуктивности только на отдельных ва-

риантах опыта. Увеличение нормы высева до 1,2 млн шт./га привело к достоверному сокращению числа формируемых бобов на растении, количеству семян в бобе и снижению массы зерна.

7. Применение минеральных удобрений оказало существенное влияние на урожайность гороха изучаемых сортов. Внесение только азотных удобрений при всех изучаемых нормах высева не оказывало значимого влияния на урожайность гороха Премьер при внесении N_{20} и N_{30} , и приводило к достоверному сокращению на варианте N_{60} . У сорта Сотник значительное снижение урожайности наблюдалось при внесении N_{20} и N_{60} , что связано с биологическими особенностями гороха. Совместное внесение фосфорных и калийных удобрений способствовало существенному повышению урожайности изучаемых сортов гороха при всех нормах высева. Внесение полного минерального удобрения в изучаемых дозировках достоверно увеличивало урожайность гороха Премьер и Сотник при нормах высева 1,0 и 1,2 млн шт./га.

8. При посеве нормой 1,2 млн шт./га урожайность гороха новых сортов была значительно выше, чем при других нормах посева, что связано с наиболее оптимальным размещением растений на единицу площади. Максимальная прибавка при данной норме высева была получена при внесении $P_{40}K_{40}$, составив 0,41 т/га у гороха сорта Премьер и 0,53 т/га у гороха Сотник.

9. Наиболее экономически целесообразно высевать сорта гороха Премьер и Сотник с нормой высева 1,2 млн шт./га, что позволяет получить наиболее высокий условный чистый доход при высокой рентабельности производства и окупаемости прямых затрат. Максимальный условный чистый доход 63,4 тыс. руб./га у сорта Премьер и 54,7 тыс. руб./га у сорта Сотник получен на варианте $P_{40}K_{40}$, при этом рентабельность производства составила соответственно 160,1 и 135,7 %, а себестоимость продукции 10,3 и 11,1 тыс. руб./т.

10. В результате исследований установлено, что сорта гороха Премьер и Сотник следует высевать нормой 1,2 млн шт./га с внесением минеральных удобрений нормой $P_{40}K_{40}$, что позволяет получить урожай зерна до 4,12 и 3,80 т/га с максимальным значением условного чистого дохода и высокой рентабельностью производства, при этом окупаемость применяемых удобрений составила 5,1 и 6,6 кг/кг д. в.

11. При возделывании гороха на эрозионно-опасном склоне отвальная основная обработка почвы обеспечила наибольшее количество агрономически ценных структурных агрегатов (77,8 %) с коэффициентом структурности 3,5; плотности почвы 1,08 г/см³; наибольшую водопроницаемость 0,65-0,80 мм/мин. и запасы продуктивной влаги 130 мм. При комбинированной обработке отмечено наилучшее количество водопропрочных агрегатов (68,2 %) с коэффициентом водопропрочности 2,2.

12. Суммарный запас воды в снеге на склоне в зависимости от обработки почвы отличался незначительно и составил всего лишь 1,2-1,9 т/га с большим значением при комбинированной обработке, поэтому в 2019-2021 годах в результате постоянных наблюдений стока и смыва отмечено не было. Наибольшие запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом гороха отмечены при отвальной обработке почвы (110,8 мм) и оценивались как «хорошие». Почвенная влага использовалась наиболее продуктивно при безотвальном (чизельном) способе обработки почвы на повышенном фоне минерального питания, где коэффициент водопотребления был наименьшим, и составил 661 м³/т.

13. Наибольшая урожайность гороха сорта Сотник в условиях эрозионно-опасного склона (3,13 т/га) была получена при чизельной и комбинированной основной обработке почвы на фоне минеральных удобрений Р₉₀ кг/га д. в. Здесь же отмечено максимальное содержание белка в зерне гороха – 24,7-24,8 %, и окупаемость 1 кг удобрений прибавкой урожая – 8,3-8,8 кг/кг.

14. Экономическая оценка выращивания гороха в условиях эрозионно-опасного склона показала, что наиболее эффективным способом обработки почвы является чизельная, обеспечивающая получение 2,37-3,11 т зерна с 1 га, условный чистый доход 36,0-44,5 тыс. руб./га, рентабельность 155,8 % и окупаемость прямых затрат урожаем 2,33-2,56 руб.

15. Сравнительная оценка по основным экономическим показателям элементов технологии возделывания гороха выявила преимущество его возделывания на плакорных землях по показателям, превышающим их значения на эрозионно-опасном склоне: урожайности на 19,1 %, условному чистому доходу на 24,0 %, рентабельности на 5,2 %.

Возделывание гороха на плакорных землях на фоне $N_{40}P_{40}$ кг/га д. в. при отвальной основной обработке почвы обеспечивает получение урожайности зерна 3,80 т/га, 54,7 тыс. руб./га чистого дохода и 135,7 % рентабельности при максимальной окупаемости прямых производственных затрат урожаем 2,4 руб./руб. и окупаемости удобрений прибавкой урожая 6,6 кг/кг д. в.

На эрозионно-опасном склоне отвальная основная обработка почвы на фоне минеральных удобрений P_{90} кг/га д. в. позволила получить урожайность гороха 3,13 т/га с достижением 44,1 тыс. руб./га чистого дохода и 129 % рентабельности. Однако в условиях потенциальной опасности водной эрозии рекомендуется применять почвозащитную чизельную основную обработку почвы, обеспечивающую окупаемость прямых затрат урожаем 2,33 руб./руб. и окупаемость внесённых удобрений прибавкой урожая 8,3 кг/кг д. в.



СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. «АБ-центр». // Режим доступа: <https://sfera.fm/news/v-strane/ab-tsentr-v-rossii-po-itogam-2021-goda-urozhai-gorokha-vyrastet-na-73>. Дата обращения 01.10.2022.
2. Сельское хозяйство в России. 2021: Стат. сб. / Росстат-М. 2021. 100 с.
3. Горох. Режим доступа: <https://universityagro.ru/растениеводство/горох/> Дата обращения 01.10.2022.
4. Зотиков В.И., Цуканова З.Р., Молошонок А.А. Реализация биологического потенциала и особенности семеноводства современных сортов гороха посевного // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2019. № 2 (30). С. 20-26. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11083.
5. Генетика и селекция гороха. Новосибирск: Наука. 1975. 268 с.
6. Дорошенко А.В., Разумов В.И. Фотопериодизм некоторых культурных форм в связи с их географическим происхождением // *Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции ВИР.1927*. Т. 17. Вып. 1. С. 167-220.
7. Летуновский В.И., Акулов А.С. Современные технологии возделывания гороха с учётом зональных особенностей. М. 1998. 60 с.
8. Вербицкий Н.М. Селекция гороха в условиях Северного Кавказа: Монография. Ростов-на-Дону: Лугань (Луганск). 1992. 259 с.
9. Вербицкий Н.М. Горох на Дону. Ростов-на-Дону: Ростовское книжное изд-во. 1983. 96 с.
10. Шелепина Н.В. Морфобиологические и биохимические особенности новых форм гороха и перспективы их селекционного использования: Дис. ... канд. с.-х. наук. Орел, 2000. 168 с.
11. Фадеева А.Н., Шурхаева К.Д. Морфобиологические особенности современных сортов гороха // *Вопросы общей ботаники: традиции и перспективы: Материалы международной научной конференции, посвящённой 200-летию Казанской ботанической школы*. 2006. С. 112-113.
12. Сорта полевых культур: Кат. ФГБНУ ФРАНЦ / А.И. Клименко, А.И. Грабовец, А.В. Гринько, М.А. Фоменко, А.В. Крохмаль,

- В.П. Кадушкина, Н.А. Коробова, К.Н. Бирюков // Ростов-на-Дону: «Изд-во Юг», 2021. 186 с.
13. Зотиков В.И. Зернобобовые культуры – важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства / В.И. Зотиков, Т.С. Наумкина, Н.В. Грядунова В.С. Сидоренко, В.В. Наумкин // Режим доступа: http://journal.vniizbk.ru/journals/17/j_vniizbk_2016_1-006-013.pdf.
 14. Семена – основа урожая // Режим доступа: <https://www.belnadzor.ru/novosti/informacziya/643-semena--osnova-urozhaya.html>
 15. Значение, распространение и биологические особенности гороха // Режим доступа: https://bstudy.net/967701/agro/znachenie_rasprostranenie_biologicheskie_osobennosti_goroha
 16. Черкасов Г.Н., Пыхтин И.Г. Комбинированные системы обработки наиболее эффективны и обоснованны // Земледелие. 2006. № 6. С. 20-22.
 17. Агафонов Е.В. и др. Влияние удобрений на урожай гороха. М.: Агрехимия, 2001. С. 42-46.
 18. Алабушев В.А. и др. Растениеводство. Ростов-на-Дону: МарТ, 2001. 384 с.
 19. Каштанов А.Н. Концепция устойчивого земледелия России // Земледелие. 2000. № 3. С. 10-12.
 20. Шабаев А.И. Особенности обработки почв в различных зонах и агроландшафтах Поволжья // Земледелие. 2001. № 5. С. 13-15.
 21. Плескачев Ю.Н., Борисенко И.Б. Способы основной обработки каштановых почв Нижнего Поволжья. Волгоград, 2005. 198 с.
 22. Новиков В.М. Эффективность систем основной обработки почвы в севообороте // Земледелие. 2008. № 1. С. 24-25.
 23. Хамоков Х.А. Выбор способов основной обработки почвы под посевы гороха в степной зоне // Аграрная Россия. 2012. № 8. С. 10-12.
 24. Лошаков В.Г., Иванов Ю.Д., Николаев В.А. Пути биологизации земледелия нечернозёмной зоны России // Севооборот в современном земледелии. М: МСХА, 2004. С. 161-165.
 25. Халиуллин К.З., Давлетшин М.М., Хаматшин Т.И. Минимизация обработки почвы в Республике Башкортостан // Земледелие. 2007. № 3. С. 18-19.

26. Смуров С.И., Григоров О.В., Шелухина Н.В. Влияние элементов агротехники на урожай зернобобовых культур // Аграрный вестник Урала. 2011. № 5 (84). С. 17-18.
27. Нечаева Е.Х. Плодородие почвы и симбиотическая активность гороха при биологизации его возделывания в лесостепи Поволжья: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. Кинель, 2003. 22 с.
28. Морозов М.И. Подсевалов Н.А. Хайрутдинова В.И. Биопродуктивный потенциал зерновых бобовых агрофитоценозов в биологизированных севооборотах лесостепи Поволжья // Современные системы земледелия: опыт, проблемы, перспективы: Мат. Междунар.научно-практ. конф. посвящ. 80-летию со дня рождения В.И. Морозова. Ульяновск, 2011. С. 187-193.
29. Технологии возделывания гороха в Воронежской области: учебник / В.И. Турусов и др. Каменная Степь, 2019. Т. 38. 28 с.
30. Миллер С.С. Влияние основной и послепосевной обработок почвы на сохранность гороха в северной лесостепи Тюменской области // Инновационные научные исследования: теория, методология, практика: сборник статей XI Международной научно-практической конференции: в 2 ч., 2017. С. 155-158.
31. Влияние разных способов обработки почв на урожайность гороха / А.М. Гребенников, А.С. Фрид, В.П. Белобров, В.А. Исаев, В.М. Гармашов, Ю.И. Чевердин, В.А. Беспалов // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 2. С. 16-20.
32. Белоусов В.М. Приоритеты устойчивого развития аграрного сектора экономики // Теория и практика мировой науки. 2017. № 3. С. 2-4.
33. Белоусов В.М. Основные направления государственной поддержки аграрного сектора экономики // Проблемы развития АПК региона. 2014. Т. 18. № 2-18 (18). С. 90-96.
34. Котлярова О.Г., Чернявский А.Н., Чернявский К.Н. Азотфиксация в посевах бобовых культур в зависимости от способов обработки почвы и удобрения // Агрохимия. 2007. № 8. С. 64-70.
35. Булавин Л.А., Гвоздов А.П., Симченков Д.Г. Изменение засорённости посевов и урожайности зерна гороха под влиянием обработки почвы, боронования и применения гербицида // Биологический круговорот питательных веществ при использовании удоб-

- рений и биоресурсов в системах земледелия различной интенсификации. Суздаль-Иваново. 2021. С. 265-269.
36. Новиков В.М. Продуктивность гороха и сои в зависимости от основной обработки почвы и минеральных удобрений // Зернобобовые и крупяные культуры. 2013. № 2 (6). С. 106-112.
 37. Ивенин А.В., Богомолова Ю.А., Саков А.П. Экономическая эффективность выращивания зерновых культур в зависимости от систем обработки почвы и применения удобрений // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 1 (61). С. 22-27.
 38. Немцев Н.С. Научно-практические основы систем обработки почвы в Среднем Поволжье. Ульяновск: Ульянов. НИИСХ, 2000. 149 с.
 39. Малеева М.Ф., Подсевалов М.И., Шайкин С.В. Формирование урожайности гороха в зависимости от основной обработки почвы в севооборотах лесостепи Среднего Поволжья // VI Международная студенческая научная конференция Студенческий научный форум – 2014. Scienceforum.ru article/201400663.
 40. Медведев Э.Б. Влияние способов обработки и удобрений на плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур в условиях северной части Донецкого края // Зернові культури. 2018. Т. 2. № 2. С. 314-323.
 41. Никитин В.В., Соловиченко В.Д., Навальнев В.В. Эффективность различных уровней удобренности и способов обработки почвы при возделывании гороха в Центрально-Черноземном регионе // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 1-3 (43). С. 24-27.
 42. Лубенцов С.М. Влияние способов основной обработки почвы и доз минеральных удобрений на свойства чернозема типичного и урожайность гороха в юго-западной части Центрально-Черноземной зоны: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Воронеж, 2015. 23 с.
 43. Влияние способа основной обработки почвы и внесения удобрений на урожайность и экономическую эффективность возделывания гороха / В.Д. Соловиченко, В.В. Никитин, А.П. Карабутов, Е.В. Навольнева // Земледелие. 2018. № 5. С. 20-23.
 44. Горбачева Л.А., Дорошко Г.Р., Власова О.И. Сравнительная оценка способов обработки почвы под горох в зоне умеренного

- увлажнения Ставропольского края // Вестник АПК Ставрополя. 2013. № 1 (9). С. 23-27.
45. Найденов А.С., Журба Р.Н. Изменение физических свойств чернозёма выщелоченного и урожайность ярового гороха в зависимости от способов основной обработки почвы // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2009. № 19. С. 105-110.
 46. Гармашов В.М., Корнилов И.М., Нужная Н.А. Биоэнергетическая эффективность возделывания гороха при различных способах и системах основной обработки почвы в зернопропашном севообороте: сб. науч. тр. по мат. науч.-практ. конф. с междунар. участием / Актуальные проблемы развития агропромышленного комплекса региона в современных условиях. ФГБНУ «Калужский научно-исследовательский институт сельского хозяйства». 2016. С. 52-55.
 47. Влияние разных способов обработки почв на урожайность гороха/ А.М. Гребенников, А.С. Фрид, В.П. Белобров, В.А. Исаев, В.М. Гармашов, Ю.И. Чевердин, В.А. Беспалов // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 2. С. 16-20.
 48. Гармашов В.М., Корнилов И.М., Нужная Н.А. Влияние способов обработки почвы, внесения минеральных удобрений и гербицидов на засорённость посевов и урожайность зерна гороха // Защита и карантин растений. 2017. № 1. С. 14-17.
 49. Турусов В.И., Гармашов В.М. Эффективность различных приемов и систем обработки почвы под однолетние травы в условиях юго-востока ЦЧР // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 7-1 (97). С. 141-144.
 50. Медведев Г.А., Екатериничева Н.Г. Влияние основной обработки почвы на урожайность и экономическую эффективность возделывания зерновых бобовых культур на южных чернозёмах // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 2 (42). С. 90-96.
 51. Заболотских В.В., Власенко Н.Г. Влияние обработки почвы на урожайность гороха в условиях засушливой степи Северного Казахстана // Земледелие, 2012. № 6. С. 31-33.
 52. Лицуков С.Д., Белых Е.Б. Запасы продуктивной влаги и водопотребление гороха под действием способов основной обработки почвы и удобрений // Аграрная наука в условиях инновационного

- развития АПК. Сб. докл. нац. конф. 30 ноября 2020 г. Белгород, 2020. С. 112-113.
53. Усенко С.В, Усенко В.И. Реакция гороха на условия увлажнения, приёмы основной обработки почвы, минеральные удобрения и средства защиты растений // Федеральный Алтайский научный центр агробιοтехнологий. Т. 32. № 11. 2018 г. С. 14-17.
 54. Продуктивность адаптивной ресурсосберегающей почвозащитной системы обработки почвы на основе нулевых технологий возделывания зерновых культур в степной зоне Башкортостана / Р.Л. Акчурин, И.О. Чанышев, Р.К. Нафиков, В.С. Сергеев // Известия Уфимского научного центра РАН. 2018. № 3-6. С. 11-14.
 55. Влияние приёмов обработки почвы на динамику запасов влаги и урожайность гороха посевного в условиях лесостепи европейской части России / О.В. Букин, Д.В. Бочкарев, А.Н. Никольский, Н.В. Смолин // Аграрная наука. 2020. № 6. С. 58-61.
 56. Рзаева В.В., Лахтина Т.С. Урожайность зернобобовых культур в северной лесостепи Тюменской области // Аграрный вестник Урала. 2018. № (174). 7 с.
 57. Минимизация основной обработки почвы под горох в Курской области / Д.В. Дубовик, Е.В. Дубовик, А.В. Шумаков, Б.С. Ильин, А.Н. Морозов // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 11. С. 26-31.
 58. Возможности снижения эксплуатационных затрат при производстве зернобобовых культур / С.И. Камбулов, В.Б. Рыков, Е.И. Трубилин, В.В. Колесник // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 150. С. 1-9.
 59. Рычкова М.И. Почвозащитная обработка на склонах чернозёмных почв Ростовской области при возделывании гороха // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (95). С. 77-81.
 60. Джандаров А.Н. Продуктивность гороха в зависимости от технологии возделывания в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Сельскохозяйственный журнал. 2020. № 1 (13). С. 23-28.
 61. Киселёва Т.С., Рзаева В.В. Агрофизические свойства почвы при возделывании зернобобовых культур (горох, нут) по основной

- обработке почвы в Тюменской области. Перспективные разработки и прорывные технологии в АПК // Сборник материалов национальной научно-практической конференции ГАУ Северного Зауралья. 2020. С. 112-117.
62. Усенко С.В., Усенко В.И. Реакция гороха на условия увлажнения, приёмы основной обработки почвы, минеральные удобрения и средства защиты растений // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 11. С. 14-17.
63. Агро-биоэнергетическая эффективность различных приёмов основной обработки почвы под горох в условиях юго-востока ЦЧЗ / В.И. Турусов, В.М. Гармашов, И.М. Корнилов, Н.А. Нужная // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2018. № 2. С. 6-11.
64. Урожайность и структура урожая гороха при различных способах обработки почвы в условиях юго-востока ЦЧР // В.И. Турусов, В.М. Гармашов, И.М. Корнилов, Н.А. Нужная, В.Н. Говоров, М.П. Крячкова // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 2 (34). С. 5-12.
65. Вошедский Н.Н., Кулыгин В.А. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность новых сортов гороха в богарных условиях Ростовской области // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 8. С. 14-19.
66. Осауленко С.Н., Полоус В.С. Влияние способов основной обработки на влажность почвы, плотность сложения и урожайность гороха посевного // Агропромышленные технологии Центральной России. 2021. № 2 (20). С. 74-80.
67. Влияние технологии возделывания на урожайность и экономическую эффективность возделывания гороха в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / А.Н. Джандаров, Р.Г. Гаджиумаров, Н.А. Горшкова, В.К. Дридигер // Известия Горского государственного аграрного университета. 2022. Т. 59-1. С. 20-26.
68. Подсевалов П.В., Летучий А.В. Влияние основной обработки почвы и минеральных удобрений на урожайность гороха в условиях Заволжья // Аграрные конференции. 2021. № 5 (29). С. 24-28.
69. Влияние систем удобрений и способов основной обработки почвы на урожайность культур, продуктивность севооборотов с раз-

- ным насыщением бобовыми и плодородие дерново-подзолистой почвы в Центральном Нечерноземье / В.В. Конончук, С.М. Тимошенко, В.Д. Штырхунов, Т.О. Назарова // *Агрехимический вестник*. 2021. № 2. С. 15-23.
70. Чупахина Н.А. Влияние норм высева и способов уборки на урожайность и посевные качества семян различных по морфотипу сортов гороха в условиях Орловской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09. Орел, 2000. 22 с.
71. Филатова И.А. Продуктивность гороха и элементы структуры урожая в зависимости от норм высева // *Земледелие*. 2019. № 2. С. 36-38.
72. Коломейченко В.В. Растениеводство. М.: Агробизнесцентр, 2007. 600 с.
73. Никляев В.С., Косинский В.В., Ткачев, А.А. Основы технологии сельскохозяйственного производства // *Земледелие и растениеводство* / под ред. В.С. Никляева. Москва: Былина, 2000. 555 с.
74. Шевченко П.Д., Балакай Г.Т. Кормопроизводство степной зоны России: монография. Новочеркасск: Оникс+, 2007. 422 с.
75. Агротехнические рекомендации по возделыванию сельскохозяйственных культур в совхозах и колхозах Челябинской области: рекомендации / Я.И. Капер [и др.]. г. Челябинск. 1965. 224 с.
76. Диденко С.А. Особенности формирования продуктивности сортов гороха в зависимости от площади питания, нормы и глубины посева семян на обыкновенном черноземе Приазовской зоны Ростовской области: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. п. Персиановский, 2000. 17 с.
77. Экономическая и энергетическая оценка влияния норм высева ярового гороха в условиях южной зоны Ростовской области / С.А. Васильченко, Г.В. Метлина, А.Р. Ашиев, Н.С. Кравченко // *Зерновое хозяйство России*. 2021. № 2 (74). С. 81-87.
78. Григоренко И.В. Влияние способов и норм высева на семенную продуктивность сортов гороха в северной зоне Краснодарского края: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. п. Персиановский, 2009. 26 с.
79. Жбанов Д.В. Разработка элементов сортовой агротехнологии гороха в южной лесостепи ЦЧР: автореф. дис. канд. с.-х. наук. Воронеж, 2011. 24 с.

80. Трухина Е.Н. Приёмы повышения продуктивности гороха в одновидовых и бинарных агроценозах на обыкновенных чернозёмах Саратовского правобережья: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. Саратов, 2016. 22 с.
81. Гатаулин Г.Г. Горох / под ред. Г.С. Посыпанова // Растениеводство. М.: Колос, 1997. С. 221-225.
82. Деревщюков С.Н., Журавкова Г.П. Бобовые культуры: селекция и особенности агротехники // Картофель и овощи. 2006. № 5. С. 25-26.
83. Будилов А.П., Соловьёва В.Н., Верещагина А.С., Ураскулов Р.Ш. Выживаемость семян и структура урожая зерна гороха в условиях степной зоны Оренбуржья: бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2017. № 2. 9 с.
84. Филатова И.А. Продуктивность гороха и элементы структуры урожая в зависимости от норм высева // Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Центрально-Чернозёмной полосы им. В.В. Докучаева. 2019. № 2. С. 36-38.
85. Карлов Е.В. Совершенствование приёмов возделывания сортов ячменя и гороха в лесостепи Среднего Поволжья: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. Усть-Кинельский, 2020. 22 с.
86. Результаты сортоиспытания сельскохозяйственных культур на госсортоучастках Кировской области за 2009-2011 годы и сортовое районирование на 2012 год // Департамент сельского хозяйства и продовольствия Кировской области. Киров. 2011. 115 с.
87. Кравцева В.Г., Ишков И.В. Влияние нормы высева на урожайность и качество зерна гороха // Молодежная наука – развитию агропромышленного комплекса: материалы II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Курск. 2021. С. 98-101.
88. Мищук Г.А., Солодун В.И. Особенности агротехники возделывания гороха посевного (*Pisum Sativum*) в Иркутской области // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: материалы X международной научно-практической конференции. Молодежный. 2021. С. 28-29.
89. Кидин, В.В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур. – М.: РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева, 2009. 412 с.

90. Надкерничная, Е.В. Влияние свободно живущих азотфиксирующих бактерий на формирование бобово-ризобиального симбиоза у некоторых сельскохозяйственных культур / Е.В. Надкерничная, Т.М. Ковалевская // Физиология и биохимия культурных растений. 2001. Т.33. № 4. 355 с.
91. Федюшкин А.В., Парамонов А.В., Медведева В.И., Пасько С.В. Вопросы применения удобрений под горох посевной (*Pisum Sativum* L.) // В сборнике: Проблемы устойчивого сельскохозяйственного производства растениеводческой продукции в различных агроэкологических условиях. Материалы Всероссийской научной конференции молодых учёных (заочной). Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства. 2017. С. 112-118.
92. Вишнякова М.А. Горох, бобы фасоль... / М.А. Вишнякова, И.И. Яньков, С.В. Булынец. – СПб: ООО «Динамит», «Агропромиздат», 2001, 224 с.
93. Агафонов Е.В. Влияние минеральных и бактериальных удобрений на урожайность гороха на чернозёме обыкновенном / Е.В. Агафонов, М.Ю. Стукалов, Л.Н. Агафонова // Агрехимия, 2001, №8, С. 42-46.
94. Гужвин С.А. Применение биопрепаратов на разных носителях под горох/ С.А. Гужвин, Л.И. Минаева //В сб.: Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. Материалы междунар. научно-практич. конф. 2016. С. 28-31.
95. Громов А.А., Ледовский Н.В., Малышева А.В. Влияние регуляторов роста, микроэлементов и ризоторфина на выживаемость растений и урожайность гороха Флагман 9 // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2009. № 21. Т. 1. С. 16-18.
96. Никитин В.В. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность и качество ячменя и гороха/ В.В. Никитин, В.Д. Соловиченко, А.П. Карабутов // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 6-5 (48). С. 188-191.
97. Рахимова О.В., Храмой В.К. Накопление биомассы и потребление NPK посевами гороха в зависимости от доз удобрений // Плодородие, 2009. № 3. С. 9-11

98. Завалин А.А., Безгодова И.Л. Применение удобрений и биопрепаратов в чистых и смешанных посевах ячменя и гороха // Плодородие, 2009. № 2. С. 34-36.
99. Деревщюков С.Н., Журавкова Г.П. Бобовые культуры: селекция и особенности агротехники // Картофель и овощи. 2006. № 5. С. 25-26.
100. Кшникаткина А.Н., Аббясов И.С. Влияние инокуляции, комплексных удобрений с микроэлементами в хелатной форме и бактериальных удобрений на продуктивность полевого гороха (*Pisum Arvense* L.) // Нива Поволжья. 2010. № 3. С. 30-33.
101. Агафонов Е.В. Резервы увеличения сбора белка при возделывании сои на чернозёме обыкновенном / Е.В. Агафонов, С.А. Гужвин // Кормопроизводство. 2004. № 11. С. 14-16.
102. Агафонов Е.В., Воронин С.Н., Агафонов Л.Н. Эффективность азотных удобрений на горохе // Удобрения в системе интенсивного земледелия Ростовской области: сборник научных трудов. 1992. С. 13-19.
103. Артемьев Е.Г., Еремин Д.И. Роль азотфиксации в формировании гороха в условиях северной лесостепи Тюменской области / Вестник Красноярского ГАУ. 2009. № 3. С. 60-66.
104. Гужвин С.А. Применение бактериальных удобрений под бобовые культуры на чернозёме обыкновенном Ростовской области // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2012. № 3. С. 37-40.
105. Зональные системы земледелия Ростовской области на период 2013-2020 гг. // Ростов н/Д: МСХиП РО, 2013. Т.2. 243 с.
106. Вильдфлуш И.Р. Удобрения и качество урожая сельскохозяйственных культур / И.Р. Вильдфлуш, А.Р. Цыганов, В.В. Лапа, Т.Ф. Персикова. Мн.: УП «Технопринт», 2005. 213 с.
107. Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. М.: Агропромиздат. 1990. 218 с.
108. Парамонов А.В., Пасько С.В., Федюшкин А.В., Медведева В.И. Эффективность возделывания новых сортов гороха посевного // В сборнике: Проблемы устойчивого сельскохозяйственного производства растениеводческой продукции в различных агроэкологических условиях. Мат. Всерос. науч. конф. молодых учёных (заоч-

- ной). Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства. 2017. С. 79-84.
109. Минеев В.Г. Агрохимия. М.: Изд-во МГУ; Колосс, 2004. 720 с.
110. Протопопова Л.Г. Спицына С.Ф., Невинекая Н.А. Влияние макро- и микроудобрений на фотосинтетический потенциал и урожайность гороха // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. № 4. Т.16 2004. С. 86-88.
111. Малышева, А.В. Влияние ризоторфина, регулятора роста Циркон и микроэлементов на урожайность гороха // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. Т. 2. № 26-1. С. 32-34.
112. Кошукоев А.А. Повышение продуктивности посева гороха в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарской республики. Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. Астрахань, 2011. 22 с.
113. Целуйко О.А., Парамонов А.В. Влияние длительного применения удобрений на урожайность гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 4 (32). С. 46-51.
114. Тедеева А.А. Продуктивность сортов гороха в зависимости от минеральных удобрений // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 62-1. С. 21-24.
115. Котлярова Е.Г., Лубенцов С.М. Пищевой режим почвы под горохом в зависимости от способа её обработки и доз минеральных удобрений // Агрохимический вестник. 2016. № 3. С. 32-38.
116. Зырянов П.С. Роль азотных удобрений при формировании урожайных свойств гороха // Молодежь и наука. 2020. № 12.
117. Малашевская О.В. Влияние системы удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество семян при возделывании посевного гороха: сб. науч. тр. / Сельское хозяйство – проблемы и перспективы // под ред. В.К. Пестиса. Гродно, 2017. С. 131-137.
118. Формирование продуктивности гороха в зависимости от доз, способов внесения минеральных удобрений и предпосевной инокуляции в условиях левобережной лесостепи Украины / В.Ф. Каминский, Д.П. Сокирко, В.В. Гангур, Л.С. Еремко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1. С. 98-102.

119. Труфанова А.А. Оценка качества фитомассы гороха при внесении традиционных комплексных удобрений и акваринов // Вестник КрасГАУ. 2022. № 3 (180). С. 79-86.
120. Пискарева Л.А. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна гороха сорта Фокор // ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева». № 3 (39). 2021 г. С. 85-90. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-85-90.
121. Влияние минеральных и бактериальных удобрений на продуктивность сортов гороха / Л.В. Омелянюк, А.М. Асанов, Е.А. Стемпоржецкий, Н.А. Воронкова: сборник / Современные проблемы возделывания сельскохозяйственных культур и пути повышения величины и качества урожая. ГНУ СибНИИСХ, 2006. С. 108-111.
122. Радайкина Л.М., Моисеев С.А., Рябкин Е.А., Камалихин В.Е. Усовершенствование системы удобрений для возделывания гороха // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 87-3. С. 28-31.
123. Алёшин М.А. Эффективность применения азотного удобрения в сочетании с предпосевной обработкой семян гороха // E-Scio. 2022. № 1 (64). С. 57-63.
124. Порсев И.Н., Вьюник А.В., Мирошниченко Н.В. Биоэнергетическая эффективность применения минеральных удобрений на сортах гороха посевного // Актуальные проблемы экологии и природопользования: сборник статей по материалам V Всерос. (национальной) научно-практ. конф. Курганская ГСА им. Т.С. Мальцева. Курган, 2021. С. 105-109.
125. Данилов А.Н., Летучий А.В., Пимонов К.И. Агрохимическая оценка применения удобрений при возделывании усатых форм гороха // Аграрный научный журнал. 2015. № 11. С. 6-9.
126. Храмой В.К. Продуктивность гороха полевого при разных уровнях минерального питания на дерново-подзолистой супесчаной почве / В.К. Храмой, О.В. Рахимова//Известия ТСХА. Вып. 3. 2011. С. 98-105.
127. Прядильщикова Е.Н., Безгодова И.Л., Коновалова Н.Ю. Роль минеральных удобрений в повышении продуктивности гороха полевого усатого морфотипа в чистых и смешанных посевах // Молочно-хозяйственный вестник. № 2 (18). 2015. С. 32-34.

128. Першак И.Т., Тищенко Л.Д. Эффективность применения удобрений под горох в условиях лесостепи УССР // *Агрохимия*, 1987. № 3. С. 48-50.
129. Рычкова М.И. Урожайность гороха сорта Альянс на эрозионно-опасном склоне в зависимости от способа основной обработки почвы и минеральных удобрений / М.И. Рычкова, С.А. Тарадин // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2018. № 10-1. С. 160-163.
130. Вошедский Н.Н. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность зернобобовых культур в богарных условиях Ростовской области / Н.Н. Вошедский, В.А. Кулыгин // *Мелиорация и гидротехника*. 2022. Т. 12. № 2. С. 123-141.
131. Вошедский Н.Н., Кулыгин В.А., Целуйко О.А. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность и особенности водопотребления нового сорта гороха Сотник в богарных условиях // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2021. № 4 (64). С. 58-68.
132. Парамонов А.В., Пасько С.В. Эффективность применения удобрений при возделывании гороха сорта Кадет в приазовской зоне Ростовской области // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2018. № 11-2. С. 50-52.
133. Долгова Т.В. Надежина Н.В., Чухнин Ю.А. Влияние ландшафтных условий на эффективность возделывания гороха полевого и овса // *Плодородие*, 2012. № 1. С. 21-22.
134. Колесников С.Л. Урожайность гороха в зависимости от агротехнических приёмов на обыкновенном чернозёме Западного Предкавказья // *Достижения науки и техники АПК*, 2007. № 11. С. 45-47.
135. Молчанов И.Б. Изменчивость количественных признаков у гороха в зависимости от условий вегетации и доз удобрений: автореф. дисс. на соискание уч. ст. канд. с-х наук. п. Персиановский, 2003. 20 с.
136. Гаевая Э.А., Васильченко А.П. Урожайность гороха в зависимости от погодных условий Ростовской области // *Достижения науки и техники АПК*. 2016. № 2. С. 32-34.
137. Муратов М.Р., Гилязов М.Ю. Корреляция урожайности зерновых и зернобобовых культур от агрохимических параметров почв и

- погодных условий // Вестник казанского государственного аграрного университета. 2015. Т. 10. № 2. С. 128-135.
138. Шелепина Н.В., Щуров А.Ю. Народнохозяйственное значение и особенности химического состава зерна гороха // Научные записки Орловского института экономики и торговли. 2010. № 1. С. 537-539.
139. Грицаенко З.М., Меркушина А.С. Защита растений гороха от комплекса вредителей при использовании биологических и химических препаратов // Вестник Уманского национального института садоводства Украина. 2012. № 1,2. С. 14-21.
140. Мищенко А.Е., Мищенко А.В. Технология возделывания гороха в условиях эрозионно-опасных склонов Ростовской области // Фермер. Поволжье, 2017. № 2 (55). С. 70-73.
141. Горох без сорняков // Режим доступа: <https://agroinfo.kz/gorox-bez-sornyakov/>
142. Генералов Г.Ф. Ботанические и биологические особенности зернобобовых культур // Зернобобовые культуры. 1977. С. 9-36.
143. Болиар Г.В., Лавриненко Г.Т. Зернобобовые культуры. М.: Колос, 1977. 256 с.
144. Вавилов П.П., Посыпанов Г.С. Бобовые культуры и проблема растительного белка. М.: Россельхозиздат, 1983. 256 с.
145. Бадина Г.В. Возделывание бобовых культур и погода. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 242 с.
146. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (С основами статистической обработки результатов исследований): Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Колос, 1979. 416 с.
147. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Госагропром СССР, 1989. 162 с.
148. Костяков А.Н. Основы мелиорации. М.: Сельхозгиз, 1957. 750 с.
149. Практикум по агрохимии. Агрохимические методы исследований почв: 5-е изд. М.: Наука, 1975. 656 с.
150. Артохин К.С. Атлас сорных растений. 2004. 144 с.
151. Методика расчёта экономической эффективности. М.: ВНИИЭСХ, 1998.
152. Доспехов Б.А., Васильев, И.П., Туликов А.М. Практикум по земледелию (учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений) М.: Колос, 1987. 384 с.

153. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М.: Высшая школа, 1973. 399 с.
154. Методические рекомендации по учёту поверхностного стока и смыва почвы при изучении водной эрозии. Л.: Гидрометеоздат, 1975. 88 с.
155. Агроклиматические ресурсы Ростовской области Л.: Гидрометеоздат, 1972. 250 с.
156. Селянинов Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата // Мировой агроклиматический справочник. Л., М.: Гидрометеоздат, 1977. 220 с.
157. Полуэктов Е.В., Цвылёв Е.М. Почвенно-земельные ресурсы Ростовской области: монография. Новочеркасск: УПЦ «НАБЛА» ЮРГТУ (НПИ), 2008. 355 с.
158. Обоснование некоторых элементов технологии возделывания гороха посевного на склоновых землях / Э.А. Гаевая, А.Е. Мищенко, Н.Н. Кисс и др. // Земледелие, 2016. № 6. С. 39-42.

Для заметок

Для заметок

Научно-производственное издание

**Н.Н. Вошедский, И.Н. Ильинская, Н.А. Коробова,
В.А. Кулыгин, С.В. Пасько, А.В. Федюшкин,
Э.А. Гаевая, С.А. Тарадин, М.И. Рычкова**

**АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ
НОВЫХ СОРТОВ ГОРОХА В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**



Подписано в печать 24.11.2022 г.
Бумага офсетная. Печать цифровая. Гарнитура Times.
Объем 6,8 уч.изд.л. Усл. печ. л. 9,75. Формат 60x84/16.
Заказ № 931. Тираж 500 экз.

Типография ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»
Адрес: 346735, Ростовская область, Аксайский район, пос. Рассвет,
ул. Институтская 1.

Издательство: ООО «АзовПринт»
г. Азов, ул. Привокзальная, ба.
Тел.: (86342) 5-37-57.

Отпечатано: ООО «АзовПринт»