

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГАУ

**ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ
РАСТЕНИЕВОДСТВА
ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ
ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ**

В ДВУХ ЧАСТЯХ

Ответственные редакторы Е.В. Просянников, В.Е. Ториков

 **Часть 2** 

**РАЦИОНАЛЬНО-ЭФФЕКТИВНОЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

БРЯНСК, 2021

УДК 504.062.2:633/635 (035.3)

ГОСТ 7.4–95 (Пункт 4.2.6)

ББК 20.18:41/42

П 77

Природные ресурсы растениеводства западной части Европейской России: кол. монография в двух частях. Ч. 2. Рационально-эффективное использование / Отв. редакторы Е. В. Просяников, В. Е. Ториков / Н. М. Белоус, С. А. Бельченко, А. В. Дронов и др. - Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2021. - 236 с.

Авторы:

Доктора сельскохозяйственных наук, профессора:

Белоус Н. М., ректор Брянского ГАУ; **Бельченко С. А.**, **Дронов А. В.**, **Дьяченко В. В.**, **Кононов А. С.**, **Мельникова О. В.**, **Просяников Е. В.**, **Ториков В. Е.**, проректор Брянского ГАУ; **Шаповалов В. Ф.**, **Шпилев Н. С.**, **Яговенко Г. Л.**, директор Всероссийского НИИ люпина.

Кандидаты сельскохозяйственных наук, доценты:

Дьяченко О. В., **Котиков М. В.**, **Мамеев В. В.**, **Никифоров В. М.**, **Осипов А. А.**

Аспиранты **Величко П. А.**, **Ковтунов С. Н.**

ISBN 978-5-88517-376-6

В монографии рассмотрена стратегия и тактика рационально-эффективного использования природных ресурсов растениеводства западной части Европейской России, как системы природно-антропогенных компонентов, являющихся материальной основой производства растительных продуктов питания для людей и кормов для сельскохозяйственных животных – первейшего средства удержать государство в состоянии продовольственной независимости.

Книга предназначена широкому кругу читателей: растениеводам, почвоведом, агрохимикам, агроэкологам, преподавателям и аспирантам, студентам бакалавриата и магистратуры высших учебных заведений, учащимся средних специальных учебных заведений, а также школьникам старших классов. Она будет полезна всем, кто желает рационально использовать ресурсы природы для эффективного производства качественной продукции растениеводства.

Рецензенты:

Е.П. Чирков, доктор экон. наук, профессор;

И. Н. Романова, доктор с.-х. наук, профессор кафедры агрономии и экологии Смоленской ГСХА.

ISBN 978-5-88517-376-6

© Брянский ГАУ, 2021

© Коллектив авторов, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. АДАПТАЦИЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА К СОВРЕМЕННОМУ КЛИМАТУ	7
2. РАЦИОНАЛЬНО-ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ	22
3. РАЦИОНАЛЬНО-ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ	30
4. РАЦИОНАЛЬНО-ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ	37
5. РАЦИОНАЛЬНО-ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УДОБРИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ	61
6. РАЦИОНАЛЬНО-ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ	84
Особенности технологий возделывания пшеницы озимой	84
Повышение эффективности использования сортов пшеницы озимой .	98
Рационально-эффективное использование пшеницы мягкой яровой ...	119
Урожайность и качество зерна тритикале озимой в зависимости от приемов возделывания	104
Реализация продуктивного потенциала раннеспелых гибридов кукурузы на зерно	123
Роль люпина в рационально-эффективном растениеводстве	131
Особенности интенсивных технологий возделывания люпинов	139
Оценка перспективных сортов картофеля различных групп спелости	154
Возделывание подсолнечника на семена в интенсивных технологиях	160
Повышение адаптивности, урожайности и качества кормовой массы современных сортов сорго сахарного	167
Технологические особенности возделывания суданской травы и сорго-суданковых гибридов	173
Рационально-эффективное производство зеленой массы и сена люцерно-мятликовых травосмесей	182
Полевое и луговое кормопроизводство в условиях радиоактивного загрязнения территории	194
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	209
ЛИТЕРАТУРА	220

ВВЕДЕНИЕ

Н.М. Белоус, Е.В. Просянников, В.Е. Ториков

Единственное средство удержать государство в состоянии независимости от кого-либо – это сельское хозяйство. Обладай вы хоть всеми богатствами мира, если вам нечем питаться – вы зависите от других..

Жан-Жак Руссо

Первой отраслью сельского хозяйства является растениеводство, эффективность которого, прежде всего, обусловлена наличием и состоянием природных ресурсов: агроклиматических и геологических, геоморфологических и гидрогеологических, гидрологических и геохимических, земельных и почвенных, удобрительных и растительных. Для успешного функционирования растениеводства необходимо не только эффективно, но и рационально использовать природные ресурсы, системно применяя для этого весь комплекс производственных факторов: инженерно-технических, мелиоративных, правовых, социальных, технологических, экологических, экономических и др. Лишь в гармоничном сочетании они могут обеспечить дальнейшее стабильное развитие отрасли растениеводства и сельского хозяйства в целом, а значит – дальнейшую независимость России.

В последние десятилетия в результате нерациональной сельскохозяйственной деятельности, ориентированной на получение быстрой выгоды любой ценой, резко ухудшилось продуктивное долголетие агроэкосистем и агроландшафтов, их устойчивость к негативным воздействиям, снизилось потенциальное почвенное плодородие, активизировались деграционные процессы: эрозия, дефляция, невозобновимая потеря солнечной энергии, аккумулированной в углероде почвенных органических соединений, усилился дисбаланс макро- и микроэлементов питания растений, уменьшилось биоразнообразие естественных видов растений, животных, почвенных микроорганизмов и многое, многое другое. Все это ведет к системному экологическому кризису, начиная от самого маленького поля и кончая планетой в целом.

25 лет назад 1700 учёными разных стран мира подписали обращение к человечеству. Этот документ начинался грозными словами: «Люди и природа движутся к столкновению друг с другом». В обращении были названы главные угрозы для жизни на Земле. Прошло четверть века и сегодня специалисты считают, что ситуация значительно ухудшилась. Уже более 15000 учёных 184 стран из 202 стран мира подписали второе послание «Предупреждение человечеству», которое было опубликовано в научном журнале BioScience, включённом в базу научных публикаций Scopus. В нем говорится: «Если не принять меры, многие из наших действий поставят будущее, которое мы желаем людям, животным и растениям, под угрозу и настолько изменят планету, что мы не сможем вести на ней привычную жизнь» [1].

В ключевом регионе для западной части Европейской России, которым является Брянская область, учеными биологами и специалистами санитарно-эпидемиологической службы за 40-летний период до аварии на Чернобыльской АЭС установлена прямая положительная связь между площадью пашни, обрабатываемой пестицидами, и количеством злокачественных новообразований у жителей сельской местности [2].

Через 8 лет после аварии на Чернобыльской АЭС ученые обнинского Медицинского радиологического научного центра и МНИОИ им. П.А. Герцена установили [3], что формирование уровней заболеваемости злокачественными новообразованиями населения, проживающего на загрязненной территории, ее структуры и динамики происходило под влиянием комплекса факторов, сложившихся до аварии. Многолетними исследованиями доктора медицинских наук, профессора Брянского государственного университета им. И.Г. Петровского Г.П. Золотниковой с сотрудниками установлено [4], что в юго-западных районах Брянской области повышение уровня общей заболеваемости взрослого населения болезнями системы кровообращения обусловлено возрастанием радиационно-химических нагрузок. Сделан вывод, что люди, проживающие на этой территории, нуждаются в защите не только от радиации, но и от экзотоксикантов, загрязняющих природу, поскольку их сочетанный эффект является определяющим в нарушении состояния здоровья.

Вышеприведенные и другие аналогичные выводы, вытекающие из многолетних исследований, инициируют поиск причин, вызывающих рост числа многих системных заболеваний и снижение репродуктивного здоровья населения региона. Для этого, прежде всего, необходимо оценить современное состояние природных ресурсов растениеводства, как первоосновы производства безопасных продуктов питания и кормов для животноводства.

В первой части настоящей монографии ученые Брянского государственного аграрного университета изложили свое видение этой важной проблемы. Во второй части рассмотрены вопросы рационально-эффективного использования природных ресурсов растениеводства с целью дальнейшего упрочения государственной независимости и устойчивого развития региона. В условиях все возрастающего антропогенного воздействия в западной части Европейской России предпринята новая попытка найти механизмы, оптимизирующие взаимодействия между аграриями и природой, которые неукоснительно следуют принципам рационально-эффективного использования ресурсов растениеводства.

Для решения рассматриваемой проблемы перспективна ее разработка на принципах системного бассейнового подхода к природопользованию, который хорошо проявил себя в соседней Белгородской области. Бассейновая концепция устойчивого развития территории предполагает достижение разумного компромисса между сохранением природных ресурсов растениеводства при одновременном получении максимальной экономической прибыли в отрасли.

Растениеводство базируется на возобновимых природных ресурсах, его всемерное развитие позволяет двигаться в сторону наращивания производства растительных продуктов питания и кормов. Это справедливо лишь при рациональном использовании агроэкосистем и агроландшафтов. Однако многочисленные исследования свидетельствуют, что в настоящее время прирост производства, который в существенной степени обеспечивается чрезмерной эксплуатацией природных ресурсов, обуславливает их деградацию. Решение этой государственной проблемы возможно только при системном рационально-эффективном использовании природных ресурсов растениеводства.

АДАПТАЦИЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА К СОВРЕМЕННОМУ КЛИМАТУ

В.В. Мамеев

Если говорить в общем, то количество опасных метеорологических явлений за последние 25 лет удвоилось. Не на 5 % увеличилось, не на 10 и даже не на 20, а удвоилось. На 100 % увеличилось. Вот это главная характеристика изменения климата.

*Роман Вильфанд,
научный руководитель Росгидромета*

Оценка современного состояния климата западной части Европейской России [5] показала, что он теплеет и иссушается. Произошло смещение на более ранние сроки (6-8 дней) начала активной вегетации весной, а осенью – продолжительность вегетационного периода увеличилась в среднем на две недели [6]. С повышением среднегодовой температуры на 1 °С в течение всего временного интервала приводит к увеличению вегетационного периода на 10 дней и суммы температур на 200 °С, это соответствует сдвигу к северу на 150–200 км более южных климатических условий [7].

В конце прошлого века в Республике Беларусь, граничащей с западной частью Европейской России, возникла новая агроклиматическая область (2600–2800 °С) по линии Брест – Пинск – Мозырь – Речица – Ветка. Эта линия уже перешла на территорию Брянской области в Злынковском, Климовском и частично Новозыбковском районах [8].

Изменяется агроклиматическое районирование региона: граница изотермы $\sum T_{10}$ равная 2300 °С, которая разделяла Брянскую область на два агроклиматических района, продвинулась севернее более чем на 120 км, выходя местами за ее пределы. Первый агроклиматический район, заменился вторым районом, а в юж-

ных районах области: Климовском, Стародубском, Трубчевском, Погарском, Севском сформировался новый третий агроклиматический район с $\sum T_{10} \geq 2600$ °С и более. Это позволяет расширить площадь возделывания ценных теплолюбивых культур за счет сортов и гибридов с коротким сроком созревания (табл. 1).

Таблица 1 – Оценка современной теплообеспеченности западной части Европейской России для возделывания сельскохозяйственных культур

Теплообеспеченность, °С	Сельскохозяйственные культуры
2200 – 2400	Зерновые (озимые и яровые, в т. ч. гречиха, кукуруза, зернобобовые), картофель, лен-долгунец, рапс (озимый и яровой), сахарная свекла, кормовые культуры (многолетние и однолетние травы), овощи (в открытом и закрытом грунте)
2400 – 2600	Зерновые (озимые и яровые, в т. ч. гречиха, кукуруза на зерно, зернобобовые), картофель (кроме среднепоздних и поздних сортов), лен, кормовые культуры (однолетние и многолетние травы), рапс (озимый и яровой), сахарная свекла, овощи (морковь, лук, овощной горошек, помидоры, огурцы, чеснок), виноград, абрикос
2600 – 2800	Зерновые (в т. ч. позднеспелые гибриды кукурузы, соя, гречиха, просо, сорго), кормовые культуры, подсолнечник, сахарная свекла, овощи в открытом и закрытом грунте (репчатый лук, столовая свекла, морковь, капуста, овощной горошек, помидоры, огурцы, чеснок, спаржевая фасоль, цветная капуста, брокколи, баклажаны), виноград, абрикос, персик

В регионе отмечено усиление пространственных различий в изменении увлажненности климата. Выделяют два района с противоположными тенденциями в количестве выпавших атмосферных осадков. В западном районе (метеостанции Красная Гора, Унеча, Новозыбков и метеопосты Лопатни и Погар) количество осадков выросло на 125 мм/60 лет за счет годовой суммы осадков холодных сезонов (октябрь – апрель). В восточном районе (метеостанции Карачева, Навли, Трубчевска и метеопосты Псурь, Глазово, Новоямское) преобладающее годовое уменьшение осадков до 85 мм/60 лет происходит за счет теплого сезона. В центре Брянской области наибольшее снижение осадков происходит также в холодный период [9].

Изменение тепло- и влагообеспеченности вегетационного периода характеризуется гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК), который характеризует степень увлажнения и атмосферной засухи: $\leq 0,30$ – очень сильная атмосферная засуха; $0,31-0,60$ – сильная атмосферная засуха; $0,61-0,80$ – средняя атмосферная засуха; $0,81-1,00$ – слабая атмосферная засуха или недостаточно влажно; $1,0-2,0$ – достаточно влажно ($1,5$ – оптимальное увлажнение); $> 2,0$ – переувлажнено.

В течение 2000–2020 гг. обеспеченность влагой всего вегетационного периода была достаточной (ГТК = 1,54, рис. 1).

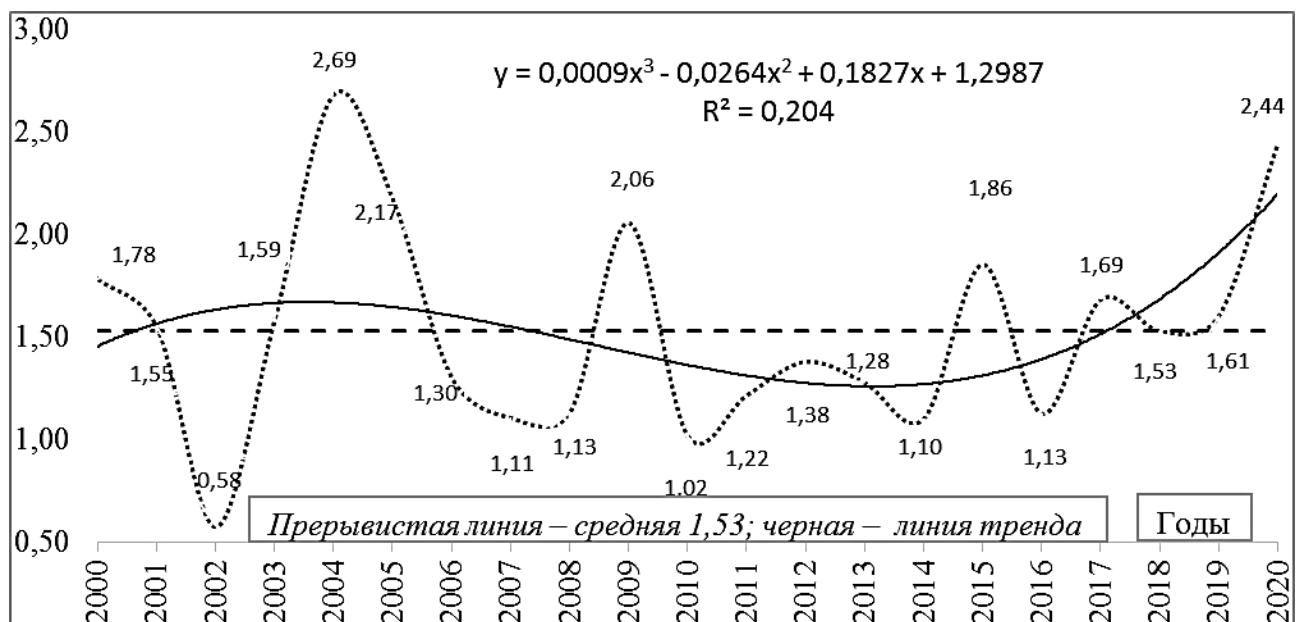


Рисунок 1 – Динамика величин гидротермического коэффициента в мае-июле на территории агрометеорологической станции Брянского ГАУ

Для Брянской области риск сильных атмосферных засух составляет в процентах в мае – 12, в июне – 6, в августе – 20, в сентябре – 16 [10].

Основные изменения в обеспеченности территории теплом и влагой произошли за последнее десятилетие. Поэтому важно проанализировать изменения гидротермического коэффициента как по временным периодам основных месяцев вегетационного периода (май-июль), так и августа-сентября, имеющих значение для продуктивного роста и развития озимых зерновых культур. Установлено, что

при средних значениях ГТК этих периодов характеризуется как оптимальный с достаточным увлажнением, однако минимальные значения указывают на присутствие в регионе от очень сильных до слабых засух (табл. 2).

Таблица 2 – **Изменчивость условий увлажнения по данным агрометеостанции Брянского ГАУ**

Месяцы по периодам лет		Значения ГТК			Коэффициенты		Стандартное отклонение
		среднее	max	min	тренда	вариации, %	
Май	1991–2000	1,77	2,25	1,25	0,149	28,5	0,50
	2001–2010	1,68	2,13	0,53	-0,033	66,5	1,12
	2011–2020	1,73	6,21	0,39	0,234	90,9	1,58
Июнь	1991–2000	1,14	1,89	0,23	0,097	33,7	0,47
	2001–2010	1,73	4,34	0,41	0,028	41,6	0,58
	2011–2020	1,34	2,22	0,51	0,042	40,5	0,57
Июль	1991–2000	1,98	3,14	1,21	-0,058	38,1	0,60
	2001–2010	1,37	2,51	0,45	-0,018	44,4	0,70
	2011–2020	1,55	2,45	0,94	0,098	35,6	0,56
Август	1991–2000	1,33	2,71	0,23	0,174	121,0	0,94
	2001–2010	1,36	2,90	0,13	0,008	135,0	1,04
	2011–2020	0,77	2,15	0,21	- 0,099	75,1	0,58
Сентябрь	1991–2000	2,83	5,73	1,22	-0,614	86,0	1,65
	2001–2010	1,78	3,50	0,21	-0,119	32,6	0,62
	2011–2020	1,94	6,22	0,45	- 0,171	84,5	1,62

В мае в течение 10 % наблюдений засуха была от слабой до средней, в течение 15 % наблюдений – сильной. В июне в течение 20 % наблюдений засуха была от слабой до средней, в течение 10 % наблюдений – сильной. В июле в течение 20 % наблюдений засуха была слабой, в течение 5 % – сильной.

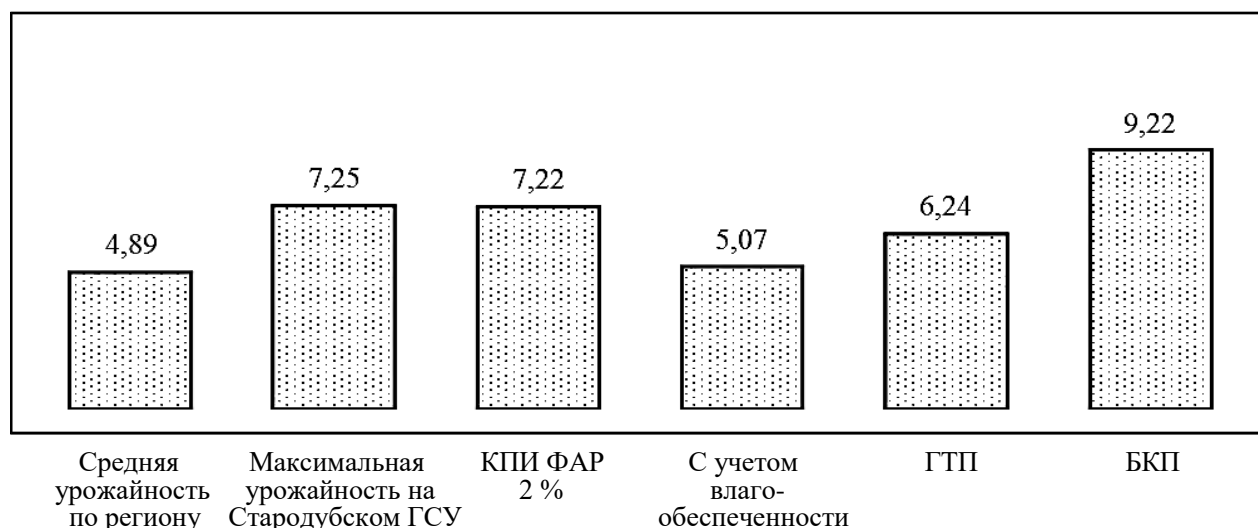
С увеличением засух в июле-августе целесообразно увеличить площади под ранними яровыми зерновыми культурами. При увеличении повторяемости засух в весенне-летний период (май-июнь), оказывающих неблагоприятно воздействие на ранние яровые зерновые, в структуре посевных площадей следует отдавать предпочтение более поздним культурам.

В период сева и осенней вегетации озимых культур в регионе постоянно происходит снижение гидротермического коэффициента. В августе в течение семи лет из двадцати была слабая и сильная засуха, а в течение пяти лет – очень сильная засуха. В сентябре в течение трех лет была слабая засуха и по одному году – от средней до очень сильной засухи (табл. 2).

Увеличение теплообеспеченности и продолжительности осенней вегетации сдвинуло оптимальные сроки сева озимых культур в Брянской области на 11–17 сентября [10].

В созданных учеными Брянского ГАУ агрофитоценозах с различными уровнями интенсивности доказана возможность сортов зерновых культур формировать высокие урожаи, аккумулируя до 2,5 % ФАР. Повышение использования этого показателя растениями озимой пшеницы на каждые 0,5 % позволит дополнительно получить 1,8 т/га зерна, а увеличение его до 3 % повысит биологическую урожайность зерна до 10,8 т/га [11].

Основные агроэкологические категории урожайности зерна озимой пшеницы, установленные по математическим моделям и соотнесенные с производственной урожайностью по региону и на Стародубском государственном сортоиспытательном участке (ГСУ), представлены на рисунке 2.



КПИ ФАР – коэффициент полезного использования фотосинтетической активной радиации;
ГТП – гидротермический показатель; БКП – биоклиматический потенциал.

Рисунок 2 – Фактическая и теоретически возможная урожайность озимой пшеницы в Брянской области, т/га

На Стародубском ГСУ в 2018 г. был получен максимальный урожай зерна озимой пшеницы сорта Синева 7,25 т/га, который соответствует потенциальной урожайности за счет использования 2 % ФАР (рис. 2).

Сравнение производственной урожайности с категорией, климатически обеспеченной (тепло, влага) свидетельствует о значительных неиспользуемых резервах агротехнологий (сорт, удобрения, средства защиты и др.). Сорт способен наиболее полно реализовать генетический потенциал в почвенно-климатических условиях, являясь одним из определяющих факторов получения стабильно высоких урожаев в стратегии адаптации растениеводства к изменениям климата.

Реакция сортов озимой пшеницы в реализации биоклиматического потенциала региона изучена в разных почвенно-климатических условиях Брянской области. В конкурсных испытаниях Стародубского ГСУ (южный агроклиматический район на серых лесных почвах) и Дубровского ГСУ (северный агроклиматический район на дерново-подзолистых почвах) участвовали более 45 сортов озимой пшеницы отечественной и зарубежной селекции.

Соотношение агроэкологических категорий урожайности: действительно возможная урожайность (ДВУ), потенциальная урожайность (ПУ), урожайность производственная (УП), позволило оценить эффективность использования озимой пшеницей почвенно-климатических ресурсов региона. Средняя урожайность на ГСУ характеризует ДВУ, а максимальная урожайность – ПУ.

На уровень реализации культуры земледелия с учетом комплексного влияния почвенных и метеорологических условий указывает показатель использования агроклиматических ресурсов (С). Реализацию озимой пшеницей агроэкологического потенциала (D) оценивали по отношению УП к ПУ. Наиболее благоприятны агроклиматические условия (К) районов к возделыванию озимой пшеницы создаются при наибольших значениях вышеуказанного отношения. Отклонение реальных агроклиматических условий от идеальных показывают выражения: $ПУ-ДВУ$ – возможный недобор, а $ДВУ-УП$ подтверждает потери урожая при низкой культуре агротехники.

Межсортовой анализ урожайности озимой пшеницы в 2005–2019 гг. показал равенство двух агроклиматических районов Брянской области в формировании ДВУ зерна. Однако северный район характеризуется наименьшими показателями коэффициента вариации и среднеквадратичным отклонением. Показатель благоприятности климата составляет 63,8 %, что подтверждается пластичностью сортов и адаптивностью их к климатическим условиям региона (табл. 3).

Таблица 3 – Реализация агроэкологических категорий урожаев озимой пшеницы в зависимости от почвенно-климатических условий (2005–2019 гг.)

Показатели	Северный агроклиматический район (Дубровский ГСУ)	Южный агроклиматический район (Стародубский ГСУ)
Урожайность min, т/га	1,2	0,79
Урожайность max, т/га	6,71	7,25
Средняя урожайность, т/га	4,28	4,26
Коэффициент вариации, %	22,6	34,0
Стандартное отклонение	9,7	14,5
Уравнение тренда	$y = 0,0432x + 41,826$ $R^2 = 0,0005$	$y = 1,5445x + 27,584$ $R^2 = 0,273$
Производственная урожайность по районам, т/га	2,42	3,15
$C = (УП/ДВУ) \times 100, \%$	56,5	73,9
$D = (УП/ПУ) \times 100, \%$	36,1	43,4
$K = (ДВУ/ПУ) \times 100, \%$	63,8	58,8
ПУ – ДВУ, т/га	2,43	2,99
ДВУ – УП, т/га	1,86	1,11

В южном агроклиматическом районе с благоприятными почвенно-климатическими условиями сорта пшеницы лучше используют агроэкологические ресурсы. Наряду с общей тенденцией повышения урожайности можно судить и о потерях зерна, которые составляют в среднем более 2,5 т/га.

Изменения климатических показателей в регионе обуславливают уровень биоклиматического потенциала. Балльная оценка биоклиматического потенциала,

выраженная в реализованном эквиваленте потенциально возможной продукции с единицы площади (КПИ ФАР = 2 %), оценивается величиной окупаемости 1 балла БКП, показатель для озимых зерновых культур составляет $\beta = 3,27$ т.

Расчетная величина потенциальной урожайности по биоклиматическому потенциалу ($\beta \times$ БКП) в среднем составила 8,36 т/га. Коэффициент эффективности использования БКП территории озимой пшеницей в среднем составляет 42,9 %, максимальное значение в 2020 году указывает на значительные резервы неиспользуемого потенциала региона (табл. 4).

Таблица 4 – Эффективность использования биоклиматического потенциала и биогидротермического показателя озимой пшеницы в Брянской области, %

Показатель	Годы										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
БКП	2,82	2,71	2,76	2,77	2,13	2,68	2,57	2,40	2,58	2,29	2,54
$\beta \times$ БКП, т/га	9,23	8,86	9,03	9,04	6,96	8,75	8,41	7,85	8,44	7,49	8,31
U_{cp} , т/га	2,79	2,88	2,70	3,08	3,82	3,27	3,61	4,29	4,09	3,92	4,86
БКП, %	27,6	32,6	29,9	34,1	54,8	37,4	42,0	54,7	48,5	52,3	58,5
P, %	35,2	42,0	37,6	37,1	80,8	45,9	48,4	51,7	73,2	72,7	60,9

Для сопоставления изменяемых по годам величин биоклиматического потенциала с урожайностью культур при достигнутом уровне агротехнологии предлагают проводить оценку эффективности использования агроклиматических ресурсов (солнечная радиация, тепло и влага) с помощью показателя $P = U_{cp} : ГТП \times 100$. В изменяющихся климатических условиях наибольший коэффициент эффективности использования БГТП составляет 81 % [12].

В условиях изменения климата при переходе к высокоинтенсивному земледелию продуктивность одного гектара пашни при естественном режиме увлажнения в западной части Европейской России может оказаться выше, чем в эталонном по почвенно-климатическим условиям Краснодарском крае (табл. 5).

Биоклиматический потенциал выражен четырьмя уровнями интенсивности земледелия: современным низкзатратным земледелием (БКП_О), оптимальными условиями увлажнения (БКП_W), оптимальными условиями минерального питания (БКП_N) и оптимальным условиям увлажнения и минерального питания (БКП_{NW}). Биоклиматический потенциал Краснодарского края характеризуется более высокими значениями трех типов БКП.

Таблица 5 – Оценка биоклиматического потенциала для разных уровней интенсивности земледелия и его приращений за счет оптимизации водного режима и минерального питания, тонн сухой биомассы : га × год [13]

Регионы	БКП				Приращение БКП		
	БКП _О	БКП _W	БКП _N	БКП _{NW}	Δ_W	Δ_N	Δ_{NW}
Брянская область	5,9	6,0	14,2	14,4	0,1	8,3	8,5
Вологодская область	4,8	4,9	10,7	10,9	0,1	5,9	6,1
Самарская область	5,4	8,7	9,9	14,5	3,3	4,5	9,1
Волгоградская область	4,2	10,5	6,2	16,1	6,3	2,0	11,9
Краснодарский край	10,8	15,9	12,4	18,1	5,1	1,6	7,3

В Брянской области при близких значениях БКП_О и БКП_{NW} с Самарской областью созданы благоприятные условия по оптимальному использованию элементов минерального питания, даже превышающие их использование в Краснодарском крае. За счет эффективной оптимизации минерального питания посевов и водного режима максимальная урожайность зерна в регионе может формироваться на уровне 14,4 т/га, а прирост сухой биомассы в год за счет оптимальных условий увлажнения и минерального питания может быть выше, чем в Краснодарском крае (табл. 5).

Озимую пшеницу можно отнести к эталонной культуре в исследованиях по климатообусловленной урожайности. В связи с биологическими особенностями развития она испытывает комплексное влияние погодных условий всех сезонов года. Анализ временного ряда урожайности озимой пшеницы за 20 лет, сумма осадков и среднегодовая температура в регионе визуализированы на рисунке 3.

За указанный период средняя урожайность озимой пшеницы возросла почти в 3 раза с 1,66 до 4,86 т/га. Статистическая значимость кривой урожайности пшеницы по линейной функции $y = 0,1368x + 1,29$ характеризуется значением коэффициента детерминации $R^2 = 0,90$. С повышением уровня применяемых агротехнологий и внедрения сортов интенсивного типа урожайность озимой пшеницы с 2012 г. заметно выросла. Объективной реальностью становится влияние погодных условий на колебания урожайности, она проявляется чередованием 2–3 летней цикличностью, что характеризует возможные риски в производстве зерна.

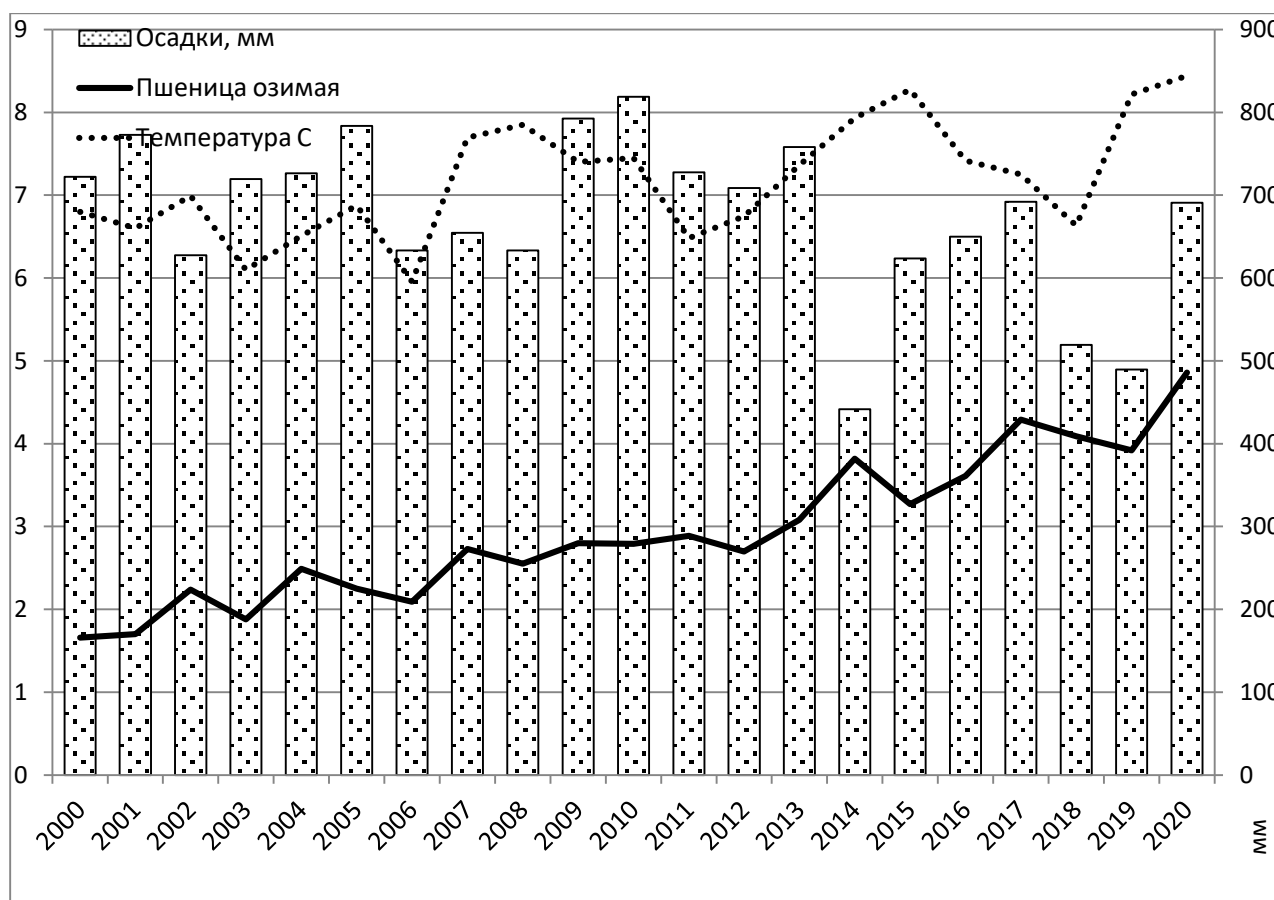


Рисунок 3 – Изменения урожайности озимой пшеницы (т/га), осадков (мм) и среднегодовой температуры воздуха (°C) в 2000–2020 гг. в Брянской области

По характеристикам почвенного покрова, агрохимическим свойствам почв, уровню сложившейся территориальной специализации, социально-экономическим характеристикам ведущих сельскохозяйственную деятельность предприятий на

территории Брянской области выделено четыре почти равномерные территориально-экономические зоны (рис. 4).

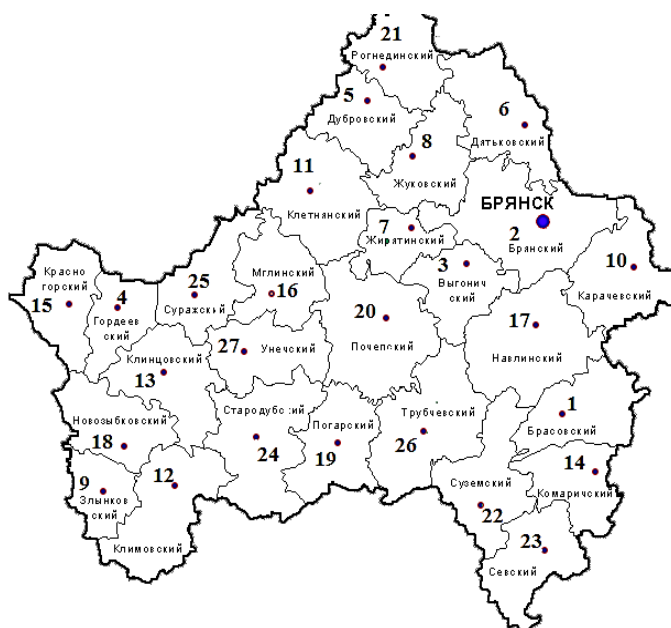
Рисунок 4 – Территориально-экономические зоны Брянской области [14]

Центральная: 2 - Брянский, 3 - Выгоничский, 6 - Дятьковский, 20 - Почепский, 19 - Погарский, 26 - Трубчевский, 24 - Стародубский.

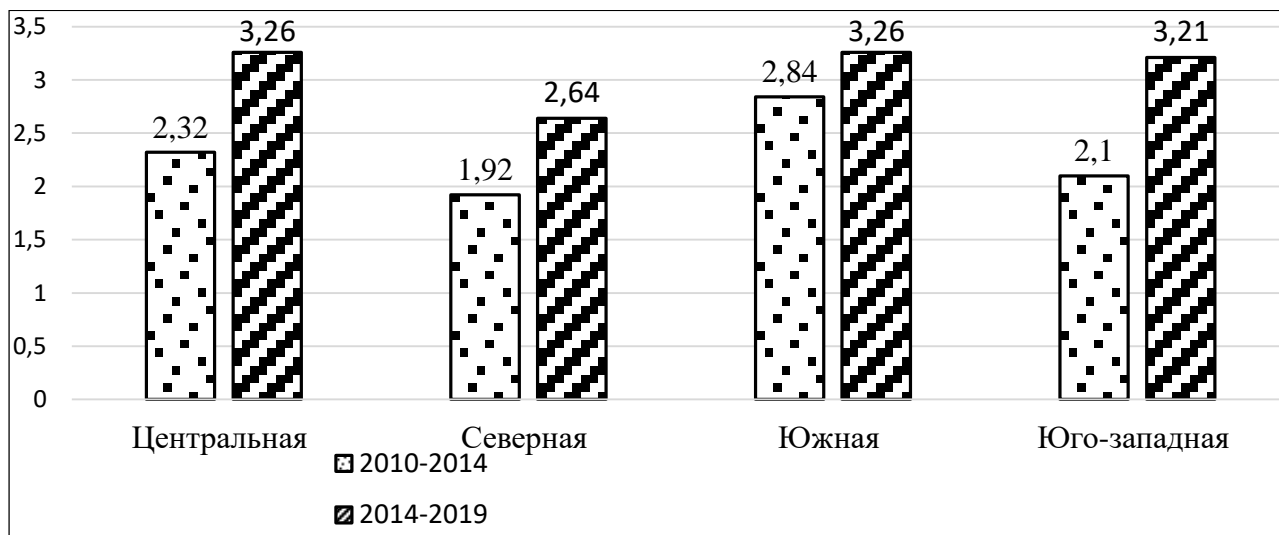
Южная: 1 - Брасовский, 10 - Карачевский, 14 - Комаричский, 17 - Навлинский, 23 - Севский, 22 - Суземский.

Северная: 5 - Дубровский, 7 - Жирятинский, 8 - Жуковский, 11 - Клетнянский, 21 - Рогнединский.

Западная: 4 - Гордеевский, 9 - Злынковский, 15 - Красногорский, 13 - Клинцовский, 16 - Мглинская, 18 - Новозыбковский, 12 - Климовский, 25-Суражский, 27 - Унечский.



В 2010-2019 гг. территориально-экономические зоны Брянской области существенно различались по урожайности зерна озимой пшеницы, но во всех этот показатель устойчиво повышался (рис. 5).



2010-14 гг.	CV=19,4 %	CV=25,3 %	CV=25,6 %	CV=16,8 %
2014-19 гг.	CV=14,1 %	CV=12,0 %	CV=10,7 %	CV=12,5 %

Рисунок 5 – Урожайность озимой пшеницы в территориально-экономических зонах Брянской области в 2010-2019 гг., т/га

Наибольшая урожайность озимой пшеницы получена в центральной и южной территориально-экономических зонах. В юго-западной – за последние пять лет получен наибольший прирост урожайности 1,1 т/га, а в северной и южной – происходит наибольшее снижение и варьирование урожайности.

Оценка территориальной дифференциации и трансформации климатической составляющей изменчивости урожайности озимой пшеницы по методике В.М. Пасова [15] отражает изменение биоклиматического потенциала территории Брянской области. Преобладают зоны наиболее устойчивых, устойчивых и умеренно устойчивых урожаев (табл. 6).

Таблица 6 – Изменение зон климатической составляющей урожайности озимой пшеницы в Брянской области за период 1996–2016 гг.

1996 – 2006 гг.	2006 – 2016 гг.
<i>Зона наиболее устойчивых урожаев ($C_m \leq 0,19$)</i>	
Брасовский, Брянский, Погарский, Почепский, Севский, Стародубский, Новозыбковский, Унечский	Брасовский, Брянский, Дубровский, Жирятинский, Карачевский, Комаричский, Погарский, Почепский, Рогнединский, Севский, Стародубский
<i>Зона устойчивых урожаев ($C_m - 0,20-0,24$)</i>	
Выгоничский, Карачевский, Навлинский, Трубчевский, Комаричский	Брянский, Выгоничский, Жирятинский, Суземский, Трубчевский, Клинецовский, Унечский
<i>Зона умеренно устойчивых урожаев ($C_m - 0,25-0,29$)</i>	
Дятьковский, Рогнединский, Клинецовский, Мглинский	Жирятинский, Климовский
<i>Зона относительно неустойчивых урожаев ($C_m - 0,30-0,34$)</i>	
Дятьковский, Жуковский	Новозыбковский
<i>Зона неустойчивых урожаев ($C_m - 0,35-0,39$)</i>	
Суражский, Суземский	Суражский
<i>Зона наиболее неустойчивых урожаев ($C_m \geq 0,40$)</i>	
Злынковский	Мглинский

Во втором периоде исследований (2006–2016 гг.) увеличилось количество муниципальных районов с преобладанием зон с наиболее устойчивыми, устойчивыми и умеренно устойчивыми урожаями зерна. Зоны с наиболее устойчи-

выми урожаями ($c_m \leq 0,19$) сформировались в Рогнединском, Дубровском и Жуковском районах. Суземский район из зоны неустойчивой урожайности ($c_m = 0,35 - 0,39$) перешел в зону с устойчивой урожайностью.

Муниципальные районы с более высоким уровнем культуры земледелия меньше подвержены влиянию климатических условий, следовательно, проведение необходимых мероприятий по повышению уровня агротехнологий позволит уменьшить зависимость урожайности от климатических факторов. Большинство зон наиболее устойчивых ($c_m \leq 0,19$) и устойчивых урожаев ($c_m 0,20 - 0,24$) сформированы в центральной и юго-восточной части области.

Рассчитанные статистические характеристики климатической изменчивости озимой пшеницы в целом для Брянской области показывают, что вклад климатических составляющих в общую дисперсию урожайности составляет от 10 до 56 % [16].

В таблице 6 показана связь урожайности озимой пшеницы с основными климатическими показателями. Наибольшая амплитуда осадков и тенденция их снижения указывают на слабую отрицательную корреляционную связь с урожайностью озимой пшеницы в апреле $r = -0,33$ (закладка колоса), среднюю связь в августе $r = -0,52$ (запас влаги перед посевом) и ноябре $r = -0,46$ (обезвоживание тканей растений при закалке) приводят к неравномерным всходам и определяют существенную зависимость урожайности от этого показателя.

Снижение количества осадков в августе и сентябре является определяющим фактором в формировании оптимальной густоты стояния растений и создает благоприятные условия для прохождения начальных этапов органогенеза.

Связь урожайности озимой пшеницы с атмосферными осадками в холодный период (ноябрь–март) описывает уравнение: $y = -6,173x + 295,7$. Коэффициент детерминации $R^2 = 0,35$ показывает, что влияние осадков на урожайность составляет 35 %, а 65 % – следствие других факторов. О рисках недополучения урожая ($r = -0,70$) может свидетельствовать снижение осадков в холодный период (ноябрь–март), обуславливающее недостаточное количество влаги в почве при возобновлении весенней вегетации (табл. 7).

Таблица 7 – Связь урожая озимой пшеницы (г) с тепло- и влагообеспеченностью, средний линейный тренд и коэффициент вариации (CV) месячных значений в 2000–2020 гг.

Месяц	Осадки			Температура		
	г	коэффициент линейного тренда	CV	г	коэффициент линейного тренда	CV
Январь	-0,12	-0,481	39,1	0,08	-0,016	-54,8
Февраль	-0,30	-1,172	42,2	0,38*	0,177	-73,2
Март	-0,27	-0,397	43,7	0,42*	0,141	-3928,4
Апрель	-0,33*	-0,781	62,0	-0,09	-0,015	21,6
Май	0,26	0,844	34,3	0,03	0,075	15,5
Июнь	-0,03	-0,063	50,1	0,50*	0,172	9,9
Июль	0,27	1,287	41,5	-0,31*	-0,084	8,9
Август	-0,52*	-2,930	63,9	0,04	0,008	7,1
Сентябрь	-0,11	-0,484	61,3	0,42*	0,099	11,0
Октябрь	-0,09	-0,707	59,9	0,19	0,048	22,3
Ноябрь	-0,46*	-1,894	48,9	-0,11	-0,008	158,4
Декабрь	-0,11	-0,424	55,7	0,32*	0,219	-120,6
За год	-0,47*	-7,206	15,1	0,63*	0,068	9,6
Май-июль	0,23	2,067	28,1	0,10	0,054	7,7
Апрель-октябрь	-0,30	-2,837	13,6	0,17	0,042	5,6
Ноябрь-март	-0,70*	-6,173	28,3	0,38*	0,128	-73,8

* существенная сопряженная связь

Между температурным режимом июля (налив зерна) и урожайностью озимой пшеницы существует очень слабая отрицательная корреляционная связь ($r = -0,31$). Во влажные годы, при температуре ниже 20 °С, налив зерна происходит неравномерно – снижается урожайность культуры. Наиболее умеренное положительное влияние на урожайность оказывает рост температурного режима в сентябре ($r = 0,42$), феврале ($r = 0,38$), марте ($r = 0,42$) и когда заканчивается переэтимовка в июне ($r = 0,50$) в период цветения и формирования зерна.

В остальные месяцы года осадки и температура воздуха оказывают значительно меньшее влияние на уровень продуктивности озимой пшеницы, о чем свидетельствует отсутствие корреляционных связей (табл. 7).

Основными факторами, сдерживающими сев озимых культур в оптимальные сроки, являются повышение температуры воздуха и отсутствие продуктивных атмосферных осадков, поэтому растениеводы вынуждены приступать к раннему севу или переносить посев на поздние сроки. При увеличении осенней вегетации на 2–3 недели растения уходят в зиму в переразвитом состоянии, с высоким уровнем морфогенеза, когда пластические вещества в значительной степени расходуются на образование новых побегов. Зимние месяцы, все чаще характеризуются проявлением продолжительных оттепелей с повышением среднесуточной температуры выше 5°C. Температурные «качели» могут наблюдаться от двух до трех раз. В такие периоды потепления растения озимых культур «просыпаются» и продолжают вегетацию. Растения в таких условиях усиленно расходуют углеводы на дыхание, а к концу зимы истощаются. При возврате холодов температурные колебания могут привести к потере эффекта закалки, что увеличивается вероятности гибели переросших растений от вымокания, вымерзания, выпревания и снежной плесени.

РАЦИОНАЛЬНО-ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Е.В. Присянников

Зри в корень!

Козьма Прутков

Четвертичные отложения (Q), формирующиеся в голоцене и отличающиеся совсем небольшой мощностью от метров до десятков метров, являются важнейшим геологическим ресурсом растениеводства, так как служат материальной основой всех почв, образующих своей совокупностью жизненно необходимую природную систему – почвенный покров. Имея континентальное происхождение и залегая в осадочном слое земной коры, они перекрывают более древние и мощные дочетвертичные морские отложения.

По механизму образования четвертичные отложения подразделяют на несколько генетических типов, обладающих индивидуальным гранулометрическим, минералогическим, петрографическим и химическим составом, индивидуальными формами залегания и агроэкологическими свойствами. Гранулометрический состав четвертичных отложений варьирует от песчаного до глинистого, значительно изменяясь как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении. На земной поверхности им соответствуют определенные формы рельефа: склоны, овраги, оползневые ступени, речные террасы, дюны и др.

На западе Европейской России распространены следующие четвертичные отложения: аллювиальные, болотные, гляциальные, делювиальные, лимногляциальные, покровные суглинки и глины, флювиогляциальные, элювиальные, эоловые и многочленные.

Аллювиальные (речные) отложения (aQ) – формируются русловыми водными потоками. Выделяют русловый, пойменный и старичный аллювий.

Аллювий русловый – откладывается в русле реки самым быстрым течением воды, поэтому состоит из сортированных гравийно-песчаных косослоистых отложений, часто содержащих валуны и гальку.

Аллювий пойменный образуется в пойме реки паводковыми водами. Его подразделяют на аллювий прирусловой поймы, аллювий центральной поймы и аллювий притеррасной поймы.

Аллювий прирусловой поймы откладывается при значительной скорости течения паводковых вод, поэтому галечниково-песчаный и супесчаный, создаёт волнистый рельеф с выраженными песчаными валами и высокими гривами.

Аллювий центральной поймы формируется при замедленном течении воды, поэтому имеет суглинистый и глинистый гранулометрический состав.

Аллювий притеррасной поймы илистый, так как оседает на дно медленно при самом продолжительном затоплении территории паводковыми водами.

Аллювий старичный – состоит из рыхлых иловато-глинистых отложений, часто с прослоями торфа.

Меандрирование равнинной реки формирует комплекс аллювиальных отложений сложного строения. В нем могут присутствовать, высоко поднятые над современным уровнем реки толщи аллювия, именуемые террасами, или наоборот, глубоко погребенные аллювиальные отложения.

Агроэкологическую ценность аллювия обуславливает его гранулометрический состав. Наиболее плодородные почвы образуются на суглинистых речных отложениях. Облегчение или утяжеление их гранулометрического состава, а также наличие в нем валунов и гальки снижают их качество, как почвообразующей породы.

Болотные отложения (hQ) накапливаются в болотах – постоянно избыточно увлажненных участках, где в дефиците кислорода, произрастает особая влаголюбивая растительность и накапливается частично разложившееся органическое вещество, превращающееся со временем в торф.

Низинные болота образуются в пониженных элементах рельефа из-за переувлажнения близко залегающими грунтовыми водами, богатыми минеральными

веществами. Здесь произрастают эвтрофные растения – требовательные к минеральному питанию. Низинные болота могут быть лесными, кустарниковыми, травяными, моховыми.

Верховые болота формируются на водораздельных территориях с грунтами, слабопроницаемыми для атмосферных осадков, которые бедны минеральными веществами. В таких условиях произрастают олиготрофные растения (сфагновые мхи) не требовательные к минеральному питанию.

Переходные болота по всем вышеперечисленным показателям занимают промежуточное положение между низинными и верховыми болотами.

Торф основное отложение болот. Он состоит из не полностью разложившихся растительных остатков, продукта разложения тканей растений в виде аморфного вещества – гумуса, придающего торфу темную окраску, и некоторого количества минеральных веществ. Торф обладает следующими специфическими свойствами.

Степень разложения торфа – это относительное содержание в его массе продуктов распада растительных тканей, утративших клеточное строение. Она зависит от климатических условий и состава растений-торфообразователей. Слабо-разложившийся торф по элементному составу близок к древесине, а сильно-разложившийся – к бурому углю. Степень разложения в значительной мере определяет физико-химические свойства торфа.

Органическая часть торфа содержит в основном углерод (48–65 %), кислород (25–45 %), водород (4,7–7,3 %), азот (0,6–3,8 %), серу (около 1 %).

Минеральная часть торфа после сжигания остается в виде золы. Зольность торфа определяют по процентному соотношению остатка, образующегося при прокаливании образца торфа, к его общему весу. Это один из основных показателей, определяющих пригодность торфа для использования. В зависимости от вида торфа зольность составляет 0–50 % и более. Зольность в размере 50 % (на сухое вещество) является границей между понятиями «торф» и «торфяная почва». В состав золы торфа входят оксиды кремния, кальция, железа, алюминия, фосфора, калия, натрия, марганца, магния и других элементов. Процентное содержание отдельных элементов колеблется в широких пределах.

Кислотность торфа – одна из важнейших его характеристик, являющаяся диагностическим признаком типовой принадлежности торфа. Повышенная кислотность отрицательно воздействует на сельскохозяйственные растения, возделываемые на торфяниках или полях, удобренных торфом. При использовании торфа в качестве подстилки для животных кислотность обуславливает ее антисептические (противомикробные) свойства.

Чем больше в торфе содержится свободных кислот (уксусной, муравьиной, щавелевой, молочной и др.), тем выше его кислотность. В верховых торфах свободных кислот больше, чем в низинных. Поэтому кислотность низинных торфов меньше. Большое содержание катионов в этих торфах способствует образованию солей (гуматов). Оценивают кислотность по активности ионов водорода или их концентрации в торфяной среде. По степени кислотности торфа подразделяют на 4 группы: сильнокислые – рН 2,5–3,5; среднекислые – рН 3,5–4,5; слабокислые – рН 4,5–5,5; нейтральные или близкие к нейтральным – рН 5,5.

По мере накопления торфа образуется *торфяная залежь*. Она представляет собой вертикальное напластование одного или нескольких видов торфа мощностью до 15 м от поверхности болота до минерального дна или подстилающих озерных отложений. Последовательность видов торфа в залежи отражает смену болотной растительности, обусловленную изменением природных условий за весь период существования торфяной залежи. Осушенное болото называют *торфяником*. В нем торфяная залежь постепенно преобразуется в угли различного состава.

Агроэкологическую ценность торфа обуславливают его физико-химические свойства, поэтому наиболее плодородные болотные почвы образуются на отложениях низинных болот.

Гляциальные отложения или **морены** (gQ) – образовались из обломочного материала, принесенного покровными ледниками и оставшегося на обширной территории после их таяния. Окраска бурая, красно-бурая, желтовато-бурая. Они несортированы и неслоисты, содержат крупные обломки твердых пород (камни,

валуны, галька) со штриховками (глубокие царапины) и притупленными абразией ребрами и углами. Гранулометрический состав тяжелый, он передается сформировавшимся на моренах почвам.

Агроэкологическая оценка. На бескарбонатных моренах формируются низкоплодородные почвы, а на карбонатных – почвы с хорошим потенциальным плодородием. Для эффективного использования морен в растениеводстве из агорогоризонта сформировавшихся на них почв необходимо систематически удалять крупные обломки, а также возделывать сельскохозяйственные культуры, которые способны переносить тяжелый гранулометрический состав и повышенную карбонатность.

Делювиальные отложения (dQ) образуются на склонах крутизной 2° и более в результате накопления в их нижней части тонкого песчано-глинистого материала и растворенных веществ, которые приносятся сверху склонов дождевыми и талыми водами. Мощность делювия постепенно увеличивается вниз по склону от долей метра до 5–10 м и более. Он не слоистый и слабо отсортированный, часто содержит включения органических веществ. Делювий распространен широко, однако почти не выражен в рельефе. Форму его залегания называют чехлом или шлейфом.

Агроэкологическая оценка. Почвы, формирующиеся на делювии, обладают высоким потенциальным плодородием. Рационально-эффективное использование делювия может увеличено, если применять его как мелиорант для улучшения смытых склоновых почв. Для этого на полях, свободных от сельскохозяйственных культур, его перемещают с нижних частей склонов в верхние части и вносят в почву как навоз или торф.

Лимногляциальные отложения (l-gQ) – донные осадки ледниковых озер. Они сортированные и слоистые, разного состава – от грубых песков до глин, с включениями гравия, иногда гальки, без примеси органических веществ. На территории распространения последнего позднеплейстоценового материкового оледенения слагают значительную часть таких форм рельефа, как камы. Там, где озера непосредственно примыкали к ледниковым покровам, образовались толщи

ленточных глин, состоящие из чередующихся слоев тонкозернистого песка (летний слой) и глины (зимний слой). Каждая пара слоев образует годовую ленту мощностью от долей миллиметра до нескольких сантиметров. Мощность ленточных глин варьирует от 2 до 50 м.

Агроэкологическая оценка. Лимногляциальные отложения формируют почвы с плохими водно-воздушными свойствами, склонные к заболачиванию, поэтому для рационально-эффективного использования в растениеводстве должны быть осушены.

Покровные отложения (prQ) – сформировались в приледниковых мелководных разливах талых вод. Они суглинистого и глинистого гранулометрического состава и покрывают маломощным слоем (3–5 м) гляциальные и флювиогляциальные отложения, что послужило поводом для их названия. Окраска желтовато-буровато-красноватая, хорошо отсортированы, тонкие, иловатые и пылеватые, иногда опесчаненные, не содержат валунов, неслоистые, пористые, бескарбонатные.

Агроэкологическая оценка. Покровные суглинки и глины обуславливают хорошее потенциальное плодородие почв, которые на них формируются.

Флювиогляциальные отложения (fgQ) сформировались бурными потоками талых ледниковых вод, которые размывали, переносили и сортировали отложения морен. Поэтому водноледниковые отложения состоят из перемытых косослоистых песков и супесей, иногда с примесью гальки и гравия. Мощность от нескольких дециметров до нескольких метров. Окраска желтая, реже серая. Минералогический состав неоднороден, преобладают зерна кварца. Эти отложения слагают задровые равнины, озы, террасы рек и некоторые другие формы рельефа.

Агроэкологическая оценка. На флювиогляциальных отложениях сформировались почвы небольшой мощности и легкого гранулометрического состава, иногда содержащие гальку и обладающие низким потенциальным плодородием.

Элювиальные отложения (eQ) или кора выветривания исходных пород формируются в результате совместного воздействия на них всех факторов внешней среды: солнца, воды, воздуха, растений, микроорганизмов и др. При гори-

зонтальном рельефе продукты выветривания не уносятся водой, а накапливаются на месте образования, поэтому форма залегания элювия близка к горизонтальной. Слоистость и сортировка отсутствуют. Состав элювия изменяется по глубине: с поверхности залегают глины с дресвой, а в нижней части – щебень и глыбы. Переход элювия к трещиноватой исходной породе постепенный. Мощность варьирует от долей метра до нескольких десятков метров и зависит от степени выветренности исходной породы, которая, в свою очередь, определяется ее петрографическим составом, естественно-географическими условиями и длительностью пребывания на земной поверхности.

Агроэкологическая оценка. Элювиальные отложения образуют почвы небольшой мощности, щебнистые, с низким потенциальным плодородием. На элювии карбонатных исходных пород потенциальное плодородие формирующихся почв возрастает.

Эоловые отложения (vQ) – образуются в результате деятельности ветра, откладывающего толщи песчаных частиц и пылеватого лёсса. Окраска их бледно-жёлтая с различными оттенками, у лёсса ее называют палевой.

Песчаные эоловые отложения состоят из округлых, хорошо сортированных частиц, нередко с матовой поверхностью. Песчаная толща однородна, но иногда заметна косая слоистость.

Пылеватые эоловые отложения (лёсс) мучнистые, однородные, неслоистые, карбонатные. Кальцит распределен равномерно в виде мелких кристаллов и реагирует (вскипает) с соляной кислотой. Более 50 % объёма лёсса занимают поры, поэтому он хорошо пропускает и удерживает воздух и воду. С глинистыми минералами образует скопления различной величины и формы. Характерна значительная мощность и вертикальная трещиноватость. Легко размывается водой, образуя овраги с вертикальными стенками. Во влажном состоянии под действием собственной массы и просадочных явлений самоуплотняется с образованием на земной поверхности западин и блюдеч. Всегда содержит немного органических веществ. При растворении и выносе водой из лёсса карбонатов образуется лёссовидный суглинок, желто-бурой окраски, тонкий, часто слоистый. По

составу и свойствам похож на лёсс, но менее порист и однороден по величине частиц, бывает бескарбонатный.

Агроэкологическая оценка. Песчаные эоловые отложения формируют почвы с низким потенциальным плодородием, а пылеватые лёсс и лёссовидный суглинок – с высоким. Для рационально-эффективного использования в растениеводстве почв, сформировавшихся на лёссе и лёссовидном суглинке, необходимо постоянно осуществлять мониторинг эрозионных процессов на полях с такими четвертичными отложениями и системно применять комплекс противоэрозионных мероприятий: организационно-хозяйственных, агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических, в основу которого должны быть положены принципы почвозащитного и ресурсосберегающего земледелия.

Многочленные четвертичные отложения. Наиболее распространены двучленные четвертичные отложения, у которых легкий нанос, например флювиогляциальный песок, сменяется в пределах верхнего метра более тяжелым, например, мореной суглинистой. Встречаются двучленные четвертичные отложения, у которых тяжелый нанос, например, покровный суглинок сменяется в пределах верхнего метра более легким, например, древнеаллювиальными отложениями.

Агроэкологическая оценка. Значение многочленных четвертичных отложений в рационально-эффективном растениеводстве зависит от ряда внутренних и внешних факторов. Прежде всего, многочленность материнской породы оказывает существенное влияние на водный режим легких почв в условиях дефицита влаги. В таких почвах на двучленном наносе создается значительно больший запас усвояемой растениями влаги, чем в таких же почвах, но на однородных породах. Над контактом двух наносов после снеготаяния или летних дождей задерживается влага, количество которой превышает наименьшую влагоемкость. Этот запас капиллярной подперто-подвешенной влаги, содержащей вымытые из легкой почвы элементы минерального питания используют корни растений в участвовавшие засушливые периоды, обуславливая повышение эффективного почвенного плодородия и устойчивость растениеводства.

РАЦИОНАЛЬНО-ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Е.В. Просяников

*Мы познаем ценность воды лишь
когда колодец пересыхает.*

Бенджамин Франклин

В начале 2000-х годов в регионе стали пересыхать колодцы. И не только – насосы во многих артезианских скважинах пришлось опустить значительно глубже. Перестали струиться многие родники и ручьи. Обмелели реки. Стали усыхать и превращаться в болота многие водоемы, а естественные болота и луга пересохли. Эти и другие явления свидетельствуют об уходе подземных вод вглубь земной коры, дальше от людей.

По интенсивности водопотребления в конце XX – начале XXI веков выделяют три периода [17]: 1) с 1960 г. до середины 1970 гг. – интенсивный рост общего и удельного водопотребления; 2) с середины 1970 гг. до конца 1980 гг. – стабилизация общего водопотребления и рост удельного водопотребления; 3) с конца 1980 гг. до конца первого десятилетия 2000-х гг. – снижение общего и резкое увеличение удельного водопотребления; в сельском хозяйстве – стабилизация удельного водопотребления. Это свидетельствует о резком снижении эффективности использования водных ресурсов в стране [18].

Изучая формирование гидрогеохимических аномалий подземных вод трудно разделить влияние на них природных и техногенных факторов. Особенно это характерно для территорий с интенсивной эксплуатацией подземных вод, которая приводит к региональным изменениям гидродинамических условий, и, как следствие, изменениям гидрогеохимической ситуации. В результате находящиеся глубже некондиционные воды подтягиваются в продуктивные горизонты ухудшая качество добываемой пресной воды.

При планировании использования подземных вод обязательно необходимо учитывать неодинаковую защищенность различных водоносных горизонтов. Достаточно защищены от проникновения загрязнителей с земной поверхности подземные воды напорных водоносных горизонтов, перекрытые сверху водоупорными пластами пород. В таких условиях загрязнение может быть обусловлено только с неудовлетворительным техническим состоянием скважин.

Значительно хуже защищены от загрязнения подземные воды первых от поверхности водоносных горизонтов. Особенно это характерно для речных долин, где подземные воды тесно связаны с поверхностными водами. При их использовании происходит подтягивание загрязненных поверхностных вод. Но даже при этом защищенность подземных вод значительно выше, чем речных. Обусловлено это тем, что при движении загрязненных вод по толще осадочных отложений они очищаются.

Максимально возможное использование подземных вод для питьевого водоснабжения, особенно в связи с участвовавшими случаями аварийного загрязнения поверхностных водоисточников, должно стать определяющим направлением повышения надежности систем хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Неравномерность распределения ресурсов, различная степень защищенности отдельных водоносных горизонтов от загрязнения, наличие гидрогеохимических провинций с повышенным содержанием отдельных нормируемых компонентов в подземных водах, возможное загрязнение и истощение эксплуатационных запасов подземных вод в связи с хозяйственной деятельностью, возможное негативное влияние отбора подземных вод на другие компоненты природной среды – все это предопределяет необходимость индивидуального подхода к решению вопроса об использовании подземных вод в каждом конкретном случае.

Задача гидрогеологов при решении проблем водоснабжения и состоит в том, чтобы правильно обосновать то количество воды нужного качества, которое можно отбирать из водоносного горизонта в течение расчетного периода без ущерба для природы, в том числе и для самих подземных вод, или же сводя этот ущерб к минимуму специальными природоохранными мероприятиями.

Именно на сочетании разумного отбора подземных вод с соблюдением норм их качества и основано понятие «рациональное использование». Под рациональным использованием подземных вод следует понимать экономически целесообразную их эксплуатацию, обеспечивающую охрану от загрязнения и истощения их эксплуатационных запасов и позволяющую сохранить на заданном уровне поверхностные водные ресурсы и экологические условия.

Существенно обострились водные проблемы в связи с изменениями речного стока. Значительное влияние на сток и качество воды оказывают агротехнические и лесомелиоративные мероприятия, оросительные и осушительные мелиорации, зарегулирование стока большими водохранилищами, значительные заборы воды на промышленное и коммунальное водоснабжение, сброс в водоемы загрязненных вод. Из-за замедленного водообмена стратегическим запасом влаги в агроландшафте являются болота, озера, пруды, водохранилища.

Определяющим при решении водохозяйственных задач, связанных с рациональным и эффективным использованием водных ресурсов в растениеводстве, является оценка, учет и прогнозирование изменения направленности, степени и интенсивности взаимосвязи поверхностных и подземных вод по следующим направлениям:

- 1) оценка располагаемых водных ресурсов как подземных, так и поверхностных при планировании их использования;
- 2) составление отчетных и перспективных водохозяйственных балансов при разработке схемы комплексного использования и охраны водных объектов;
- 3) оценка запасов подземных вод с учетом влияния отбора на речной сток для обеспечения экономических, санитарных и экологических допусков;
- 4) гидрогеологическое обоснование систем совместного или комбинированного использования поверхностных и подземных вод с целью получения оптимального количества воды нужного качества с учетом экономической эффективности и сохранения окружающей среды;
- 5) оценка влияния отбора подземных вод на речной сток с целью определения достаточности стока в реке для обеспечения санитарных и экологических

расходов при разработке водоохранных мероприятий по сохранению и восстановлению рек.

Рационально-эффективное использование водных ресурсов растениеводства должно целиком и полностью основываться на Водном кодексе Российской Федерации [19], который начал действовать 1 января 2007 г. Он регулирует взаимоотношения государственных и муниципальных органов, а также физических и юридических лиц в области водопользования водными объектами. Такими как: подземные воды, их выходы на поверхность суши и водоносные горизонты, всех поверхностных водоемов, очерченных береговыми линиями, за исключением временных, образовавшихся в результате обильных осадков или снеготаяния, а также болот по границам залежей торфа.

Принципы Водного кодекса Российской Федерации таковы: 1) значимость водных объектов в качестве основы жизни и деятельности человека; 2) приоритет охраны вод перед их использованием; 3) целевое использование водных объектов. Водопользователи обязаны осуществлять мероприятия по охране водных объектов, предотвращению их истощения и загрязнения. Основными источниками загрязнения поверхностных и подземных вод являются: сброс неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод и утечки вредных веществ из емкостей, трубопроводов и других сооружений.

В некоторых странах растениеводство на орошаемых землях целиком основано на использовании подземных вод. В Российской Федерации на это расходуют около 0,4 км куб./год, или примерно 2 % от общего объема используемых подземных вод. Это хорошо, потому что в нашей стране достаточно строгое водное законодательство, по которому пресные подземные воды высокого качества в первую очередь должны использоваться для хозяйственно-питьевого водоснабжения. И только там, где оцененные ресурсы подземных вод достаточны для удовлетворения существующей и перспективной потребности в воде питьевого качества, возможно использование пресных подземных вод на другие цели, в том числе и на орошение, по специальному разрешению природоохранных органов.

Это и есть рациональный подход к использованию гидрогеологических ресурсов в растениеводстве.

На нужды, не связанные с питьевым водоснабжением, необходимо стремиться использовать повсеместно поверхностные воды. Иногда это может быть дороже, чем использование подземных вод, но следует идти по этому пути, чтобы сохранить качественную пресную подземную воду для будущего.

Прогрессирующее загрязнение поверхностных водоисточников обусловило необходимость повышения надежности систем хозяйственно-питьевого водоснабжения. Перспективно параллельное использование подземных и поверхностных вод. Для этого используют два водозабора: один, основанный на подземных водах для питьевого водоснабжения, и другого – на поверхностных водах, для хозяйственных нужд.

Анализ многочисленных научных публикаций позволяет заключить, что ухудшение гидрологического состояния водных ресурсов являются следствием не столько глобального изменения климата, сколько неудовлетворительной хозяйственной деятельности в пределах речных бассейнов. Вырубка лесов и чрезмерная распашка территорий сопровождается изменением структуры баланса подземных и поверхностных вод, вызванной непроизводительным оттоком этого ценного ресурса растениеводства из сельскохозяйственных угодий. Повысить его эффективно-рациональное использование возможно только при накоплении и сохранении атмосферных осадков в небольших занимающих понижения рельефа и максимально приближенных к пашне, а также перевода поверхностного стока во внутрипочвенный сток.

Если не научиться накапливать, беречь и рационально использовать гидрогеологические и гидрологические ресурсы, то рационально-эффективного растениеводства не получить – засухи будут повторяться все чаще, а возможностей для полива будет все меньше. Эта агроэкологическая проблема решается только на государственном уровне и на основе бассейнового подхода к рационально-эффективному водопользованию, сущность которого заключается в переносе центра тяжести управления водохозяйственным комплексом и соответствующих

мероприятий с самих водных объектов на весь водосбор для полного охвата всех возможных геосистемных экологических нарушений, межотраслевых и межтерриториальных противоречий с целью их предупреждения и устранения их причин [20].

Опыт бассейнового управления накоплен в США (с 1933 г.), Великобритании, Франции, Канаде, Китае и др. странах. В Российской Федерации практическое обустройство малых и средних рек целенаправленно только начинает проводиться, например, в Белгородской области [21]. В качестве прототипа создания системы рационально-эффективного бассейнового водопользования приведем следующую разработку (рис. 6):

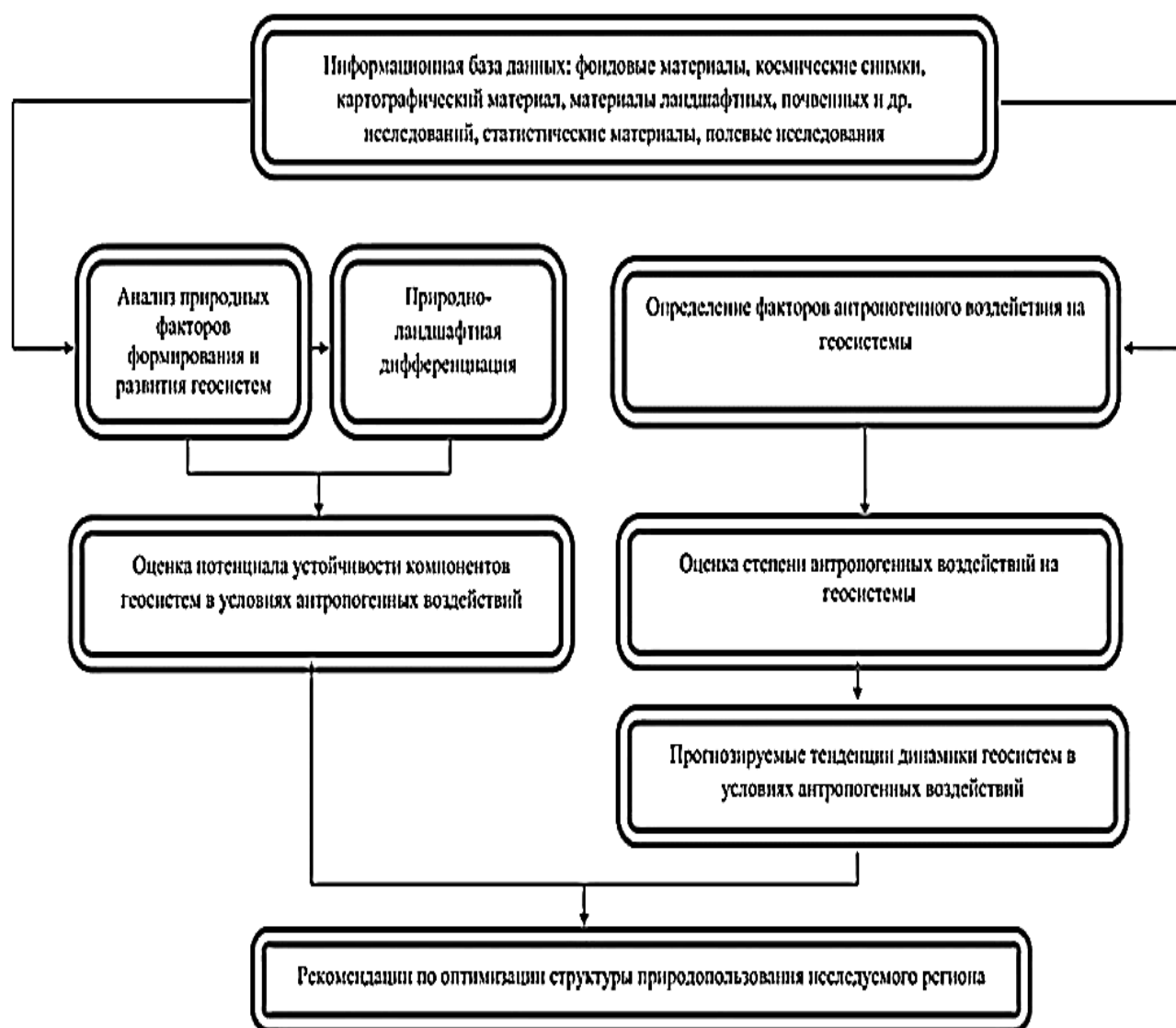


Рисунок 6 – Элементы создания системы рационально-эффективного бассейнового водопользования региона [22]

Поверхность любой территории образована в той или иной мере сложной мозаикой речных бассейнов. Они имеют четкие естественные границы – водоразделы и внутреннюю замкнутость миграционных потоков поверхностного и внутрипочвенного стока вод, а также миграцию растворенных веществ и твердых компонентов почв, вынос которых осуществляется через замыкающий створ водосбора. Каждый бассейн представляет собой ограниченную водоразделом часть земной поверхности с учетом толщи почвогрунтов, откуда происходит сток воды в отдельную реку – водно-балансовую систему, в которой происходит трансформация атмосферных осадков в другие элементы водного баланса. По нашему мнению, бассейновый подход является не только наиболее объективной и естественной основой рационально-эффективного использования водных ресурсов, но и решения многих проблем в сфере землеустройства, организации рационального природопользования и повышения производительной устойчивости агроландшафтов.

РАЦИОНАЛЬНО-ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Е.В. Просянных

*Почва дороже золота, без золота люди про-
жить смогли бы, а без почвы нет.*

В.В. Докучаев

*Земля – единственный источник богатства,
и лишь сельское хозяйство его приумножает.*

*Франсуа Кенэ
(1694-1774)*

Рационально-эффективное землепользование – это система агроэкологических мероприятий, обеспечивающая оптимальные эколого-экономические и социально-демографические функции агроландшафтов. Основой формирования устойчивого землепользования является повышение эффективности аграрного производства и неукоснительное следование принципу – жить в гармонии с природой.

Почва (ГОСТ 27593-88) – самостоятельное естественноисторическое органо-минеральное природное тело, возникшее на поверхности земли в результате длительного воздействия биотических, абиотических и антропогенных факторов, состоящее из твердых минеральных и органических частиц, воды и воздуха и имеющее специфические генетико-морфологические признаки, свойства, режимы, создающие условия для роста и развития растений.

Почва является открытой сложной системой, являющейся комплексной функцией горной материнской породы, климата, организмов растительных и животных, рельефа, антропогенных воздействий и времени. Она состоит из четырех подсистем – фаз: твердой, жидкой, газовой и живой, которые представляют собой совокупность гомогенных частей почвы, обладающих одинаковым составом и свойствами независимо от массы. Вместе подсистемы обеспечивают многие саморегулирующиеся свойства почвенной системы и интегральное – эмерджент-

ное свойство, называемое плодородием. Ни одна из почвенных подсистем самостоятельно не обладает этим свойством.

Почвенный покров (ГОСТ 27593-88) – совокупность почв, покрывающих земную поверхность. Он является трехмерным телом природы, горизонтальное простираение которого определяется распространением в пространстве каждой составляющей его почвы, а вертикальное – их мощностью от поверхности до почвообразующей породы. Почвенный покров обладает более емкой характеристикой, чем сумма всех составляющих его почв. Обусловлено это тем, что, имея все характеристики каждой составляющей его почвы, ему также присущ рядом характеристик, определяющих пространственные их смены, вызванные генетическими связями между ними и факторами почвообразования.

Земля – это поверхность суши и природный ресурс, характеризующийся почвенным покровом, обитающими на ней и в ней растительными и животными организмами, недрами, водами и пространством, являющимся базисом размещения и развития всех отраслей экономики, а в растениеводстве – главным средством производства.

Каждая почва и образованный их совокупностью почвенный покров обладают плодородием, а земля в экологических системах – продуктивностью.

Плодородие (ГОСТ 27593-88) – способность почвы удовлетворять потребность растений в элементах питания, влаге и воздухе, а также обеспечивать условия для их нормальной жизнедеятельности. Почва плодородна, если на ней растения не страдают от холода и перегрева, а корневые системы получают в нужном количестве элементы питания и воду, не испытывая при этом недостатка кислорода. В зависимости от местонахождения почвы и почвенного покрова в пространстве выделяют несколько категорий, форм и видов плодородия [23]. Для растениеводства имеют значение потенциальное и естественно-антропогенное плодородие, которые обусловлены количественными и качественными показателями фундаментальной и функциональной частей конкретной почвы [24].

Фундаментальная часть характеризуется строением почвенного профиля, минералогическим, химическим и гранулометрическим составом, агрохимическими, физико-химическими, физическими, физико-механическими и биологическими

свойствами, гумусовым состоянием, количественными и качественными показателями структурных почвенных агрегатов. Функциональная часть почвы обусловлена совместным воздействием водно-воздушного, окислительно-восстановительного, теплового, пищевого и биологического режимов. Показатели фундаментальной и функциональной частей почвы связаны между собой многочисленными корреляционными и регрессионными связями.

Существует несколько способов установления интегральной величины плодородия. Научный подход к его оценке был предложен В.В. Докучаевым, который, указывая что «почва – зеркало ландшафта» считал ее плодородие зависимым от внешних условий. Этот подход положен в основу методики и технологии оценки плодородия по величине почвенно-экологического индекса (ПЭИ), которые утверждены на правительственном уровне [25].

Алгоритм расчета ПЭИ следующий:

$$\text{ПЭИ} = 12,5 \cdot (2 - V) \cdot П \cdot Dc \cdot A \cdot (\sum t^{\circ} > 10^{\circ} C) \cdot (КУ - P) : (КК + 100)$$

где **12,5** – постоянный множитель для всех почв; **2** – максимально возможная плотность почвы при ее предельном уплотнении, г/см³; **V** – плотность почвы в среднем для метрового слоя, г/см³; **П** – «полезный» объём почвы в метровом слое, оцениваемый по гранулометрическому составу; **Dc** – дополнительно учитываемые свойства почвы, в том числе гумусированность и мощность гумусового горизонта; **A** – итоговый агрохимический показатель; $\sum t^{\circ} > 10^{\circ} C$ – среднегодовая сумма температур выше 10 °С; **КУ** – коэффициент увлажнения; **P** – поправка к КУ; **КК** – коэффициент континентальности; **100** – поправка к КК.

Потенциальное плодородие – это специфическое свойство, которое формируется у почв естественных экосистем под воздействием только природных факторов почвообразования. Оно обусловлено энергией, накопленной в естественных ландшафтах на старте их возможного антропогенного преобразования. У почв западной части Европейской России потенциальное плодородие невелико. Оценивают его по величине ПЭИ (табл. 8).

Таблица 8 – Оценка потенциального плодородия почв естественных экосистем западной части Европейской России по величине ПЭИ [26]

Разновидности дерново-подзолистых почв			Подтипы серых лесных почв		
песчаные	супесчаные	суглинистые	светло-серые	серые	темно-серые
25–27	43–45	41–46	57–61	60–64	63–67

Величину потенциального плодородия используют для следующих целей:

1) как исходный показатель при мониторинге почвенного плодородия в агроэкосистемах; 2) для бонитировки естественной почвы, как перспективного средства производства в растениеводстве; 3) для установления начальной цены почвы, как возможного средства производства.

Бонитировка почвы – это оценка ее пригодности для возделывания конкретной культуры или группы близких сельскохозяйственной культур. Балл бонитета почвы рассчитывают, умножая ее ПЭИ на соответствующий коэффициент (табл. 9).

Таблица 9 – Коэффициенты пересчета ПЭИ в баллы бонитета для основных сельскохозяйственных культур [26]

Почвы	Зерновые (без кукурузы)		Картофель	Сахарная свекла	Подсолнечник	Лен	Многолетние травы и кукуруза на силос и зеленый корм	Однолетние травы
	Кукуруза на зерно							
Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные суглинистые и глинистые	0,90	–	1,19	–	–	0,96	1,20	1,14
	0,93	–	1,14	0,91	–	1,01	1,23	1,14
Светло-серые лесные	0,96	0,96	1,09	0,89	–	0,91	0,89	1,10
Серые лесные	0,96	0,96	1,04	0,91	–	0,91	0,88	1,08
Темно-серые лесные	0,96	0,96	0,96	0,93	0,94	0,91	0,87	1,07

Оценка пригодности потенциального плодородия основных почв естественных экосистем западной части Европейской России для возделывания районированных сельскохозяйственных культур представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Оценка пригодности потенциального плодородия основных почв естественных экосистем западной части Европейской России в баллах для возделывания районированных сельскохозяйственных культур

Почвы	Зерновые (без кукурузы)	Кукуруза на зерно	Картофель	Сахарная свекла	Подсолнечник	Лен	Многолетние травы и кукуруза на силос и зеленый корм	Однолетние травы
Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные	23–41	–	30–54	–	–	24–43	30–54	29–51
Дерново-подзолистые суглинистые и глинистые	38–43	–	47–52	37–42	–	41–46	50–57	47–52
Светло-серые лесные	55–59	55–59	62–66	51–54	–	52–56	51–54	63–67
Серые лесные	58–61	58–61	62–67	55–58	–	55–58	53–56	65–69
Темно-серые лесные	60–64	60–64	60–64	59–62	59–63	57–61	55–58	67–72

Естественно-антропогенное плодородие (ЕАП) является свойством почв, которые формируются при наложении на природный тип почвообразования целенаправленной антропогенной деятельности: распашки целины или залежи, периодической механической обработки, мелиораций, внесения удобрений и т. п. Таким плодородием обладают агропочвы агроэкосистем в агроландшафтах. В зависимости от особенностей антропогенных воздействий ЕАП может не только увеличиваться, но и уменьшаться.

Зависимость ЕАП от изменений показателей фундаментальной и функциональной частей агропочвы представлена на рисунке 7. Рост ЕАП прекращается (отрезок кривой 1), если возрастание показателей функциональной части агропочвы не сопровождается ростом показателей ее фундаментальной части. Когда

показатели фундаментальной части агропочвы снижаются (отрезок 2), то наращивание показателей функциональной части не в состоянии обеспечить увеличение ЕАП. При одновременном уменьшении показателей функциональной и фундаментальной частей агропочвы (отрезок 3) ЕАП значительно снижается. Дальнейшее наращивание показателей только функциональной части не позволяет повысить ЕАП (отрезок 4). Его устойчивый рост возможен при совместном увеличении показателей функциональной и фундаментальной части агропочвы (отрезок 5).

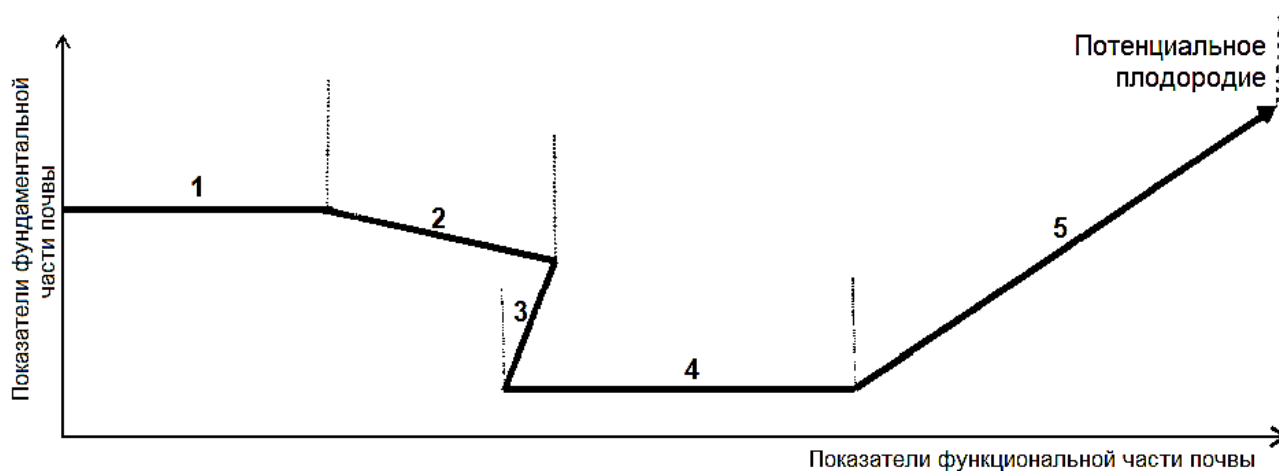


Рисунок 7 – Зависимость естественного-антропогенного плодородия от изменения показателей фундаментальной и функциональной частей агропочвы [24]

Для установления величины ЕАП конкретной агропочвы и его оценки рассчитывают ПЭИ этой почвы и сопоставляют его с данными таблицы 11.

Таблица 11 – ПЭИ агропочв западной части Европейской России разного уровня естественного-антропогенного плодородия [24]

Типы и разновидности агропочв	Уровень естественного-антропогенного плодородия			
	высокий	средний	низкий	очень низкий
Дерново-подзолистые				
песчаные	83–88	74–76	54–56	43–45
супесчаные	64–68	57–58	42–43	25–27
суглинистые	85–90	70–75	50–55	41–46
Светло-серые лесные	80–84	71–75	63–67	57–61
Серые лесные	85–89	75–79	66–70	60–64
Темно-серые лесные	87–91	77–81	68–72	63–67

Величину ЕАП земельного участка сельскохозяйственного угодья узнают, рассчитывая среднюю взвешенную величину ПЭИ всех агропочв, образующих почвенный покров рассматриваемого участка [25].

Ученые Почвенного института имени В.В. Докучаева объединяют количественные и качественные показатели фундаментальной и функциональной частей агропочвы, определяющие ЕАП, в две группы: оптимальные и критические (табл. 12).

Таблица 12 – Оптимальные и критические показатели естественно-антропогенного плодородия агропочв западной части Европейской России для районированных сельскохозяйственных культур

Состав, свойства и режимы агропочвы	Показатели естественно-антропогенного плодородия	
	оптимальные	критические
Минералогический состав	Наличие кальцита, полевых шпатов, роговой обманки, глинистых минералов с высокой емкостью катионного обмена (ЕКО)	Преобладание кварца, более 98 %
Гранулометрический состав	От супесчаного до глинистого в зависимости от увлажнения	Глинистый. Любой гранулометрический состав с высокой степенью каменистости
Химический состав	Полиэлементный с отсутствием дефицита и избытка кальция и магния, загрязнения радионуклидами, тяжелыми металлами и другими токсикантами. Содержание гумуса, превышающее критическое на 1 % и более. Содержание лабильных органических веществ (ЛОВ) более 0,2–0,4 %	Содержание водорастворимых солей более 0,6–2 % в зависимости от вида солей. Повышенное содержание радионуклидов и токсикантов. Преобладание более 98 % оксидов кремния. Содержание гумуса менее 1 % в почвах с фульватным составом гумуса и менее 2 % – с гуматным составом гумуса. Содержание ЛОВ менее 1 %
Физико-химические свойства	ЕКО более 10 ммоль(экв)/100 г для супесчаных почв и более 15 ммоль (экв)/100 г для суглинистых почв. Преобладание в составе почвенного поглощающего комплекса (ППК) катионов кальция и магния. Степень насыщенности основаниями более 55–70 %. Реакция почвы близкая к нейтральной	ЕКО менее 5 ммоль(экв)/100 г почвы. Степень насыщенности основаниями менее 50 %, рН _{сол} ниже 4,5

Таблица 12 (окончание)

Состав, свойства и режимы агропочвы	Показатели естественно-антропогенного плодородия	
	оптимальные	критические
Агрохимические свойства	Оптимальное содержание элементов питания в соответствии с зональными группировками обеспеченности	Содержание элементов питания низкое и очень низкое в соответствии с зональными группировками обеспеченности
Общие физические свойства	Плотность почвы 1,0–1,3 г/см ³ , общая пористость 55–65 %	Плотность почвы более 1,4–1,5 г/см ³ , общая пористость менее 40 %
Агрегатное состояние	Содержание агрономически ценных водопрочных агрегатов (0,25–10 мм с порозностью более 45 %) более 55 % массы почвы	Содержание агрономически ценных водопрочных агрегатов менее 40 % массы почвы
Водные свойства и запасы влаги	Запасы воды находятся в диапазоне влажности разрыва капилляров – наименьшей влагоемкости, 30–50 мм в агрогоризонте, 100–200 мм в метровом слое	Влажность, соответствующая влажности завядания, водопроницаемость – ниже 30 мм/час
Воздушные свойства и состав почвенного воздуха	Порозность аэрации более 20 % объема почвы. Содержание CO ₂ 0,03–2(3) %; O ₂ 19–20 %	Порозность аэрации менее 15 % объема почвы. Содержание CO ₂ более 3 %; O ₂ менее 10–15 %
Окислительно-восстановительные условия	Окислительно-восстановительный потенциал (Eh) 400–600 мВ	Окислительно-восстановительный потенциал (Eh) менее 250 мВ

Рациональное и эффективное использование почвенно-земельных ресурсов в растениеводстве невозможно без соблюдения экологических законов и принципов [27].

Закон положительного эффекта в природном почвообразовательном процессе – отражает сущность почвообразования в верхнем слое литосферы. Активно размножаясь, живые организмы поглощают из окружающей среды и накапливают в местах своего обитания всевозрастающее со временем количество солнечной энергии и питательных веществ. Кроме того, в биосфере постоянно протекают процессы усложнения структур вещества, накопления информа-

ции, возрастания трофических уровней. В результате образуется особое природное тело – почва, плодородие которой возрастает по мере развития биологических процессов, аккумуляции органического вещества и элементов питания.

Закон развития системы за счет окружающей ее среды – любая природно-антропогенная система развивается только за счет использования материально-энергетических и информационных возможностей окружающей ее среды; абсолютно изолированное саморазвитие невозможно.

Закон формирования экосистемы – длительное существование организмов возможно лишь в рамках экологических систем, где их компоненты и элементы дополняют друг друга и соответственно приспособлены друг к другу. Это обеспечивает воспроизводство среды обитаний каждого вида и относительно неизменное существование всех экологических компонентов. Закон формирования экосистемы является суммарным отражением принципа экологической комплементарности и принципа экологической конгруэнтности.

Принцип экологической комплементарности (дополнительности) – никакая функциональная часть экосистемы не может существовать без других функционально дополняющих ее частей.

Принцип экологической конгруэнтности (соответствия) – функционально дополняя друг друга, биотические составляющие экосистемы вырабатывают для этого соответствующие приспособления, скоординированные с условиями абиотической среды, в значительной мере преобразуемой теми же организмами.

Закон однонаправленности потока энергии – энергия, получаемая экосистемой и усваиваемая продуцентами (растения), рассеивается или вместе с их биомассой передается консументам первого, второго и последующих порядков, а затем редуцентам. На каждом трофическом уровне поток энергии падает в результате процессов, сопровождающих дыхание. Поскольку в обратный поток (от редуцентов к продуцентам) поступает ничтожное количество изначально вовлеченной энергии, говорить о «круговороте энергии» нельзя. Существует лишь круговорот вещества, поддерживаемый потоком энергии.

Закон внутреннего динамического равновесия Н.Ф. Реймерса – вещество, энергия, информация и динамические качества экосистемы взаимосвязаны настолько, что любое изменение одного из этих показателей вызывает сопутствующие функционально-структурные количественные и качественные перемены, сохраняющие общую сумму вещественно-энергетических, информационных и динамических качеств системы, в которой эти изменения происходят. Важные для практики следствия из этого закона таковы.

1. Любое изменение среды экосистемы неизбежно приводит к развитию природных цепных реакций, идущих в сторону нейтрализации произведенного изменения или формирования новой экосистемы, образование которой при значительных изменениях среды может принять необратимый характер.

2. Взаимодействие вещественно-энергетических компонентов (энергия, газы, жидкости, субстраты, организмы: продуценты, консументы, редуценты), информации и динамических качеств экосистемы количественно нелинейно, то есть слабое воздействие или изменение одного из показателей может вызвать сильные отклонения других показателей и даже всей системы в целом.

3. Производимые в экосистемах изменения относительно необратимы – проходя по их иерархии снизу вверх, от места воздействия до почвенного покрова в целом, они меняют глобальные процессы и тем самым переводят их на новый эволюционный уровень.

4. Любое местное преобразование почвенной экосистемы вызывает ответные реакции, приводящие к относительной неизменности ее эколого-экономического потенциала, увеличение которого возможно лишь путем значительного возрастания энергетических вложений.

Пока изменения среды слабы и произведены на относительно небольшой площади, они или ограничиваются конкретным местом, или гаснут в цепи иерархии экосистем. Когда же перемены достигают существенных значений, они приводят к сдвигам в этих природных образованиях, а через них (согласно второму следствию из рассматриваемого закона) и во всем агроландшафте. Будучи относительно необратимыми (третье вышеприведенное следствие), изменения в

итоге оказываются и трудно нейтрализуемыми с социально-экономической точки зрения: их выправление требует слишком больших материальных средств и физических усилий.

Сдвигая динамически равновесное состояние природных систем с помощью значительных вложений энергии, например, путем распашки и других агротехнических приемов, люди нарушают соотношение экологических компонентов, достигая увеличения полезной продукции или состояния среды, благоприятного для жизнедеятельности человека. Если эти сдвиги гаснут в иерархии природных систем и не вызывают термодинамического разлада, положение благоприятно, или терпимо. Однако излишнее вложение энергии и возникающий в результате этого вещественно-энергетический разлад ведут к снижению природно-ресурсного потенциала.

Закон функционально-системной неравномерности – темпы реакций и прохождения фаз развития системы в ответ на действие внешних факторов закономерно неравномерны – они то убыстряются (усиливаются), то замедляются (ослабевают).

Закон соответствия (адекватности) растения среде произрастания – условия местообитания растений должны соответствовать их биологическим требованиям.

Закон незаменимости и равнозначности факторов жизни растений – ни один из факторов их жизни (свет, вода, тепло, питание и др.) не может быть заменен другим фактором; отсутствие одного из факторов приостанавливает рост и развитие растений и может привести к их гибели.

Закон минимума, оптимума и максимума – зона оптимума фактора жизни растений занимает определенный интервал, в границах которого их рост и развитие, при обеспеченности другими факторами, будут наиболее активными.

Закон совокупного действия и оптимального сочетания факторов – изменение одного из факторов жизни растений влечет за собой изменение действия других факторов; наибольшая эффективность действия – при оптимальном сочетании факторов.

Закон лимитирующего фактора – недостаток одного фактора снижает положительное влияние всех других факторов; выявление и устранение лимитирующего фактора дает необходимый наибольший эффект.

Закон возврата в почву питательных веществ – вынос элементов питания (N, P, K и пр.) с урожаем, а также другие потери веществ, связанные с деятельностью человека (эрозия, усиление растворимости и вымывания и др.), приводят к снижению уровня плодородия и должны устраняться внесением соответствующих удобрений и другими агротехническими и мелиоративными приемами.

Вышеперечисленные экологические законы и принципы реализуются в оптимизации свойств почвенной системы, которая обеспечивает величину и качество производимой продукции растениеводства. Наиболее плодородна та почва, на которой растения затрачивают меньше энергии на обеспечение себя всеми почвенными факторами жизни, и соответственно больше энергии аккумулируют в урожае. Поэтому наиболее эффективна оптимизация тех почвенных показателей, на самостоятельную оптимизацию которых растения затрачивают наибольшее количество энергии.

Человек проявляет тройственное отношение к агропочве: 1) как к биокосному природному телу; 2) как к предмету труда; 3) как к продукту труда. Растениеводы, обладающие новейшими знаниями, современной высокопроизводительной техникой и точными агротехнологиями, активно воздействуют на продуктивность сельскохозяйственных земель. Основными агроэкологическими факторами воздействия на их почвенный покров являются научно обоснованная смена растений в севообороте, предотвращающая эрозию и щадящая почвенную структуру механическая обработка почвы, точное внесение удобрений, химических мелиорантов и пестицидов, использование специальных водомелиоративных приемов (осушение, орошение) и др.

Влияние культурных растений на почву. Корневая система, особенно многолетних трав, изменяет структуру и сложение почвы. Растения стимулируют развитие и активность почвенной микрофлоры. Корневые выделения и отмирающие части растений служат главным источником питательных веществ и энергии для почвенных микроорганизмов. Под всеми видами растений

снижается диаметр структурных глыбистых агрегатов (диаметр более 10 мм) и увеличивается количество полезных в агрономическом отношении комковатых и зернистых агрегатов (диаметр 3,0–0,25 мм). Увеличивается водопрочность почвенной структуры благодаря выделению слизистых и клеящих продуктов жизнедеятельности ризосферных микроорганизмов. Корни снижают плотность почвы, увеличивают порозность, что приводит к улучшению водно-физических свойств. Усиливается выветренность минеральной части почвы, в результате чего освобождаются элементы питания для растений.

Сельхозкультуры изменяют биологический круговорот веществ в отличие от круговорота веществ в естественных почвах. Ежегодно или через несколько лет изменяется биомасса и количество химических элементов, участвующих в круговороте. При выращивании корнеплодов в почву поступает 18–35 ц/га растительных остатков, с пожнивными остатками зерновых – 30–55, с остатками кукурузы – 50–80, с корневыми и послеуборочными остатками многолетних трав – 50–120 ц/га. При средней зольности культурных растений около 5 % и содержании азота около 1,3 % в биологический круговорот вовлекается от 360 до 2500 кг/га химических элементов. С урожаем выносятся из агропочвы и исключаются из биологического круговорота в среднем азота 70 кг/га, фосфора 27, калия 74, кальция и магния 60, серы 50 кг/га. Средние потери от выщелачивания и эрозии составляют азота и калия по 10 кг/га, кальция и магния – 87 кг/га.

Механическая обработка почвы обуславливает перемешивание гумусового горизонта с нижележащими горизонтами вследствие чего образуется агрогоризонт, который обозначают индексом Аа [28], раньше его называли пахотным горизонтом и обозначали индексом Апах. В агрогоризонте усредняется содержание гумуса и плотность сложения, повышается порозность и аэрация, улучшаются водный, воздушный, тепловой, биологический и пищевой режимы. Обработка почвы частично разрушает структуру и в тоже время образует новые структурные агрегаты в результате крошения почвенных глыб. Механическая обработка сухой почвы сильно разрушает ее структуру. При правильной обработке увлажненной почвы в спелом состоянии образование почвенных агрегатов преобладает над их разрушением.

Влияние агрохимикатов на почву. Рационально-эффективное растениеводство объективно невозможно без применения удобрений. Минеральные удобрения обеспечивают сельскохозяйственные культуры питательными элементами, одновременно пополняя их запасы в почве. Многие минеральные удобрения являются химически и/или физиологически кислыми, поэтому при регулярном внесении подкисляют почву, обуславливая отрицательные экологические последствия, которые необходимо сводить к минимуму. Органические удобрения пополняют запасы гумуса, улучшают структуру и питание растений макро- и микроэлементами. Однако с органическими удобрениями, особенно с жидким навозом, могут поступать в почву в избыточном количестве азот, тяжелые металлы и другие всевозможные загрязнители. Известковые мелиоранты (известь, доломит) снижают кислотность почвенной среды, насыщая почвенный поглощающий комплекс кальцием и магнием. Для борьбы с многочисленными сорными растениями, вредителями и болезнями сельхозкультур используют различные пестициды. Использование агрохимикатов в современном растениеводстве требует научно обоснованного точного применения.

Ведущие ученые аграрии РАН А. Л. Иванов, С. Н. Волков, И. Ю. Савин [29] отмечают: «На землях сельскохозяйственного назначения появилось уникальное в мировой практике уродливое явление – крупные латифундии с очаговым ведением сельского хозяйства и свои лэндлорды. Они часто социально безответственны, не участвуют в решении местных социальных и инфраструктурных проблем. Нередко оставляют после себя «социально-демографические пустыни. Сведения о состоянии земель и статистика эффективности производства искажены, некорректны, недоступны для научного анализа. Современный латифундизм нередко приобретает криминальные формы, удобен для финансового маневра. Это следствие социальной безответственности аграрного бизнеса. Объекты социальной сферы воспринимаются новыми хозяевами как обуза без каких-либо нравственных устоев, поскольку такая категория в радикально либеральной экономике не предусмотрена. Однако есть примеры, когда некрупные сельхозпроизводители целенаправленно и активно создают условия для предотвращения социально-демографического опустынивания прилегающей территорий».

К сожалению, еще продолжают действовать устаревшие механизмы организации и управления почвенно-земельными ресурсами, которые не ориентированы на формирование устойчивого землепользования. Среди основных причин сохранения и углубления кризисной эколого-экономической ситуации, прежде всего, называют следующие: 1) нестабильность государственной структуры и системы управления почвенными ресурсами; 2) необоснованное дробление земельных массивов; 3) сокращение ценных сельскохозяйственных угодий и поголовья животных; 4) увеличение на почвах легкого гранулометрического состава площадей пашни и пастбищ; 5) преобладание монокультуры; 6) резкое сокращение внесения органических удобрений; 7) игнорирование научных рекомендаций по эффективному использованию почв; 8) борьба с последствиями деградации почв, а не с ее генетическими причинами; 9) несовершенная нормативная основа рационального почвоиспользования; 10) недостаточное экономическое стимулирование хозяйствующих субъектов; 11) отсутствие при использовании почвенно-земельных ресурсов эколого-мелиоративной составляющей.

По данным, опубликованным Брянскстатом, продуктивность пахотных земель в хозяйствах Брянской области всех категорий, выраженная в урожайности зерновых культур, в основном изменяется положительно. Наиболее существенно на 9,5 ц/га этот показатель увеличился в 2016 г., однако начиная с 2017 г. темп прироста стал замедляться (рис. 8). Причину нужно искать в состоянии фундаментальных свойств почв пашни.

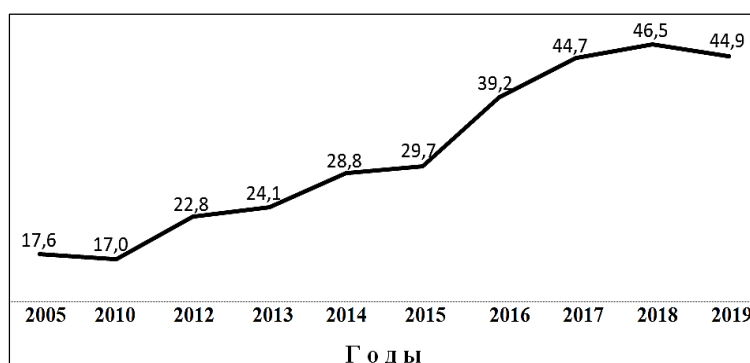


Рисунок 8 – Изменение урожайности зерновых культур в сельскохозяйственных предприятиях Брянской области, ц/га [30, 31]

В западной части Европейской России агрохимическая служба из всех показателей фундаментальных свойств почв обычно контролирует в агрогоризонте только два: содержание гумуса (специфических, то есть присутствующих только в почве, органических веществ) и реакцию почвенной среды.

Точное образное определение многогранной роли гумуса дал S.A. Wilde [32]: «Гумус... это душа почвы. Продукт и источник жизни». Президент Национального агрохимического союза, профессор М.М. Овчаренко [33] отмечает, что 1 % органических веществ, содержащихся в почве, дает возможность получить урожаем сельскохозяйственной продукции до 0,5 т/га. Содержание гумуса менее 2 % не обеспечивает необходимые агрофизические условия в почве, поэтому внесенные минеральные удобрения не используются растениями в полной мере и загрязняют окружающую природу [34]. Начиная с 1991-1995 гг. в среднем по Брянской области наблюдается устойчивое снижение гумусированности почв пахотных земель с достигнутого максимального уровня 2,2 % (табл. 13).

Таблица 13 – Изменение агрохимических показателей почв пашни, внесения органических удобрений и среднегодовые объемы известкования в Брянской области [35]

Содержание гумуса		Внесение органических удобрений		Реакция почвенной среды		Среднегодовые объемы известкования	
годы обследования	%	периоды лет	т/га	годы обследования	pH	периоды лет	тыс. га
1966–1971	1,84	1966–1971	6,5	1970	5,11	1960–1970	100
1972–1978	1,95	1972–1978	7,2	1977	5,13	1971–1990	140,0
1979–1984	2,05	1979–1984	7,7	1984	5,27	1991–1995	81,0
1985–1990	2,13	1985–1990	8,5	1990	5,57	1996–2000	7,9
1991–1995	2,16	1991–1995	6,3	1995	5,65	2001–2005	19,6
1996–2000	2,15	1996–2000	1,7	2000	5,70	2006–2010	5,1
2001–2005	2,13	2001–2005	1,3	2005	5,63	2011–2015	0,0
2006–2009	2,10	2006–2010	1,2	2011	5,70		
2010–2015	2,06	2011–2016	1,0	2015	5,70		

В каждой почве в процессе длительной эволюции устанавливается равновесное состояние между образованием, накоплением и разрушением гумуса. Рост его запаса происходит при внесении в почву более 8 т/га качественных органических удобрений. Использование 6-7 т/га обеспечивает лишь его стабильное поддержание на одном уровне, а при 5 т/га и менее содержание гумуса снижается (табл. 13). Внесение органических удобрений повышает содержание гумуса как за счёт их гумификации, так и образующихся при их применении дополнительных корневых и пожнивных остатков растений, а при внесении минеральных удобрений – только за счёт растительных остатков.

Многолетними исследованиями качества почв различных регионов установлена тесная положительная связь между содержанием в них гумуса и уровнем продуктивностью земель. Убедительно доказано, что экономически целесообразное улучшение гумусного состояния почвы сопровождается адекватным ростом ее естественно-антропогенного плодородия.

Гумус разделяют на две группы: устойчивые и лабильные. К устойчивым органическим соединениям почвы относят следующие гуминовые вещества (ГВ): прогуминовые (меланиновые); гумусовые (перегнойные) кислоты; гумин. ГВ составляют 80–90 % органической части твёрдой фазы минеральных почв. Являясь самой устойчивой формой органических веществ в биосфере и одним из основных звеньев функционирования агроэкосистем, они выполняют ряд важнейших экологических функций: аккумулятивную, транспортную, протекторную, физиологическую, трофическую и меморатную, тем самым, принимая участие в формировании фундаментальной части почвы и обуславливая связь живой и неживой природы. Положительная агроэкологическая роль ГВ наиболее наглядно проявляется в экстремальных ситуациях, например, в засушливые периоды, при различном загрязнении почв и др.

Лабильные органические вещества (ЛОВ) – это неразложившиеся растительные остатки, органические вещества животного происхождения, а также детрит – промежуточные продукты разложения двух предыдущих групп. ЛОВ служат энергетическим материалом для почвенных микроорганизмов, формируют водопрочную структуру почвы, непосредственно участвуют в питании растений.

Дефицит этих веществ обуславливает состояние выпаханности почвы, т. е. резкого ухудшения ее функциональной части.

Непременным условием рационально-эффективного растениеводства является сохранение естественного состояния в агропочве ГВ и поддержание в ней оптимального количества ЛОВ. Причины дегумификации агропочв таковы: 1) уменьшение количества растительных остатков после уборки урожая; 2) усиление минерализации органического вещества в результате усиления аэрации, обусловленной интенсивной почвообработкой и избыточной осушительной мелиорацией; 3) разложение и биодegradация гумуса под влиянием кислых минеральных удобрений и вызываемой ими активизации почвенной микрофлоры; 4) усиление минерализации гумуса в первые годы орошения; при длительном орошении и высоких урожаях сельскохозяйственных культур содержание гумуса в последующие годы стабилизируется или даже повышается; 5) водная и ветровая эрозия почв, в результате которой потери гумуса могут быть существенно выше, чем от других причин.

Биологические потери гумуса от процессов минерализации приводят к сильной выпаханности почвы, но не достигают критических показателей. Снижение уровня гумусированности ниже критических показателей происходит под действием эрозионных процессов. Активное повышение биогенности почвы при снижении интенсивности минерализационных процессов – характерный диагностический признак их окультуривания с целью достижения устойчивого землепользования.

Профессор Н.Ф. Ганжара, специалист по гумусовому состоянию почв, предложил следующие способы оптимизации ЛОВ дерново-подзолистых агропочв, которые создают основу рационально-эффективного использования почвенно-земельных ресурсов в растениеводстве (табл. 14 и 15).

Агрогоризонт большинства нечерноземных почв кислый в основном из-за высокой активности в нем катионов водорода. Это значительно ухудшает целый ряд фундаментальных и функциональных свойств почвы. Доказано, что кислая почвенная реакция препятствует получению высоких урожаев большинства

сельскохозяйственных культур. Пшеница, овес, кукуруза, сахарная свекла, подсолнечник, люцерна, многолетние травы и другие дают наиболее высокие урожаи при реакции от слабокислой до нейтральной в интервале значений рН от 6 до 7. Вредное воздействие катионов водорода нейтрализуют внесением в почву извести, так как катионы кальция – антагонисты кислотных ионов. На особую роль кальция в формировании почв и их плодородия указывал ещё 100 лет назад агропочвовед академик А.Н. Соколовский. Ему принадлежит образное выражение: «Кальций почвы – страж плодородия» [36].

Таблица 14 – Способы оптимизация ЛОВ в агрогоризонте дерново-подзолистых почв полевых и кормовых севооборотов

Содержание и запасы углерода ЛОВ		При отношении С : N < 25		Необходимое поступление в почву	
%	т/га	Запасы азота ЛОВ, кг/га	Вероятное высвобождение азота ЛОВ под урожай текущего года, кг/га	сухого вещества пожнивных остатков и органических удобрений в сумме, т/га	азотных удобрений при С : N 25-40 кг/га действующего вещества
< 0,1	< 3	100–200	25–40 (очень низкое и низкое)	9–12	10–20
0,1–0,2	3–6	120–400	25–80 (низкое и удовлетворительное)	6–9	20–30
0,2–0,4	6–12	240–800	50–160 (удовлетворительное и высокое)	4–6	30–40
0,4–0,6	12–18	480–1200	100–240 (высокое и очень высокое)	2–4	40
> 0,6	> 18	> 1200	240 (очень высокое)	2	40

Изменение реакции пахотных почв Брянской области в течение последних 45 лет представлено в таблице 12. Известно, что при рН 4,5 и ниже необходимость в известковании высокая, рН 4,6–5,0 – средняя; рН 5,1–5,5 – слабая;

pH > 5,5 – отсутствует. Отсюда следует, что с 1995 года пахотные земли области не нуждаются в извести как в химическом мелиоранте. Однако кальций является также и одним из макроэлементов минерального питания растений. Например, зерновые культуры при урожае 20 ц/га выносят около 20 кг СаО с гектара, а бобовые (горох, вика и др.) с урожаем 20–30 ц/га зерна – 40–60 кг СаО с 1 га. Поэтому кальций нежно вносить не только как регулятор почвенной кислотности, но и как макроэлемент корневого питания растений.

Таблица 15 – Количество сухого вещества органических удобрений, необходимое для поддержания оптимального уровня содержания ЛОВ в агрогоризонте дерново-подзолистых суглинистых почв

Структура посевных площадей, %			Среднегодовое количество сухого органического вещества, т/га
зерновые	пропашные	многолетние травы	
60–90	10–40	0	2,0–2,5
		10	1,5–2,0
		20	1,0–1,5
		30	0
40–60	30–60	0	2,5–3,0
		10	2,0–2,5
		20	1,5–2,0
		30	1,0–1,5
		40	0
10–40	50–90	0	3,0–3,5
		10	2,5–3,0
		20	2,0–2,5
		30	1,5–2,0
		40	1,0–1,5

Ещё одна причина потери кальция из почвы – вымывание. С каждого гектара дерново-подзолистых почв, которых большинство в почвенном покрове пашни области, ежегодно вымывается кальция в среднем 157 кг из суглинистых разновидностей и 203 кг из супесчаных разновидностей. Из серых лесных почв, занимающих второе место в пашне, – 166 кг/га. Вымывание кальция из пахотных почв ускоряет внесение минеральных удобрений. Например, ион аммония минеральных удобрений активно вытесняет ионы кальция из ППК агрогоризонта и

перемещает их в нижнюю часть почвенного профиля, где практически нет корней возделываемых культур. Внесение 1 ц сульфата аммония обуславливает потерю кальция из корнеобитаемого слоя почвы, эквивалентную примерно 1 ц карбоната кальция [37].

Брянскстат [30] отмечает наращивание внесения минеральных удобрений на 1 га посева сельскохозяйственных культур в агропредприятиях области (в пересчёте на 100 % питательных веществ): 2005 г. – 29 кг; 2010 г. – 36 кг; 2012 г. – 44 кг; 2013 г. – 56 кг; 2014 г. – 73 кг; 2015 г. – 90 кг; 2016 г. – 120 кг. Однако в этом область отстает от многих стран мира. По данным Всемирного банка [38] в 2013 году страны по внесению удобрений на 1 га пашни и урожайности зерновых располагались соответственно в следующий ряд (кг): Китай – 364 и 5891; Беларусь – 256 и 3009; Великобритания – 247 и 6630; Нидерланды – 231 и 8653; Германия – 203 и 7318; Франция – 141 и 7074; США – 132 и 7340; Канада – 88 и 4170; Украина – 46 и 4064; Россия – 15 и 2240.

Баланс органического вещества, азота, фосфора, калия, кальция в 2015 г. в почвах пашни Брянской области представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Баланс органического вещества, азота, фосфора, калия, кальция в 2015 г. в агрогоризонте почв пашни Брянской области, кг/га [35]

Органическое вещество			Азот			Фосфор			Калий			Кальций		
приход	расход	±	приход	расход	±	приход	расход	±	приход	расход	±	приход	расход	±
215	649	-434	61	57	4	13	26	-13	19	66	-47	3	437	-434

Кроме азота баланс органического вещества и остальных макроэлементов корневого питания растений отрицательный. Особенно напряженная агроэкологическая ситуация с содержанием органического вещества – «душой почвы» и содержанием кальция «стражем плодородия», ежегодный дефицит которых составляет по 434 кг на каждом гектаре пашни. Доказано, что истощительное сель-

скохозяйственное землепользование угрожает не только продовольственной безопасности России, но и здоровью населения, особенно его демографическим показателям [39].

Первопричиной потерь гумуса является не только его дефицитный баланс, но и нерациональная обработка почвы. Найдены возможности уменьшения глубины обработки, производятся почвообрабатывающие орудия, при использовании которых уменьшается механическая нагрузка на почву и снижается расход ресурсов. Однако системы землепользования, максимально приспособленной к почвенно-климатической обстановке и исключающей ухудшение почв, о которой мечтал еще В. В. Докучаев, нет до сих пор [40].

В условиях глобального потепления климата [41] приобретает особую актуальность задача оптимизации структурного состояния почвы за счет биологического рыхления при сокращении почвообработки. Более 100 лет назад русский ученый-агроном, теоретик и практик почвозащитной системы земледелия И.Е. Овсинский призывал «не нарушать сеть канальцев, образованных ходами червей и корней растений». Он отмечал негативную роль систематической плужной обработки для физических свойств почв и с успехом применял поверхностную обработку вместо глубокой плужной обработки. Это был первый опыт минимализации обработки, которая впоследствии приобрела самые разнообразные формы.

В последующие годы появилось немало научно-публицистических исследований, объясняющих появление неблагоприятных следствий в развитии почв неоправданным увлечением глубокой плужной обработкой. Наиболее заметной среди них была работа американского агронома Э. Фолкнера под названием «Безумие пахаря», опубликованная во многих странах. Она положила начало бесплужной системе земледелия. В ее основе был полный отказ от плуга как орудия для основной обработки почвы. Минимализация была распространена не только на основную, но и на предпосевную и междурядную обработки. Она стала обязательным компонентом обработки почвы в США и в Европе. Появилось множество самых разнообразных комбинированных машин, способных осуществлять несколько операций за один проход агрегата.

Новые подходы в обработке, прежде всего, предусматривали снижение механической нагрузки на почву. Кроме вышерассмотренной консервативной обработки, эти же цели в той или иной степени были присущи колесной (маршрутной) технологии организации машинно-тракторных операций, предусматривающей существенное уменьшение площади уплотнения поля в процессе возделывания культур, точному внесению минеральных удобрений и средств защиты растений – только на те участки поля, где в этом есть необходимость. Уменьшало механическое воздействие на почву и оставление растительных остатков на поле, устраняющее необходимость внесения навоза.

Самого значительного снижения механического воздействия на почву достигают при ее нулевой обработке. Важно, что после перехода к этой технологии почва, не утрачивая своих продуктивных функций. По характеру обмена веществ и энергии, водно-тепловому режиму и содержанию основных почвообразовательных процессов она становится подобной своему природному аналогу. В такой почве невозможна эрозия и другие деградиационные процессы, постепенно формируется бездефицитный баланс биофильных элементов. То есть это новый тип устойчивого землепользования, который обеспечивает гармоничное соотношение между агрогенной нагрузкой и природным потенциалом почвы для ее восстановления и продуктивно-рационального использования.

Очередной этап развития переживает и почвообрабатывающая техника. В орудиях для обработки уменьшают угол атаки и число рабочих поверхностей, по которым почва передвигается во время обработки. Предпочтение получает чизель вместо плуга. При влажности физической спелости чизель и подобные ему орудия не оказывают на почву грубого воздействия типа смятия или раздавливания, после которого почва длительное время не может восстановить присущие ей природные параметры. Это так называемые почвофильные обрабатывающие орудия, деформационное усилие которых не превышает связности агрегата агрономически полезного размера.

Таким образом, минимализация технологий и технических средств воздействия на почву – современный этап эволюции подходов в обработке почв. Такая

стратегия – ответ на вызовы, возникающие в результате физической (машинной) деградации почв, которая приобрела значительные масштабы.

Известен способ, когда почву в процессе обработки сепарируют на отдельные фракции, при этом фракции агрономически ценного размера аккумулируют в слое, куда заделывают семена вместе с удобрениями, обеспечивая тем самым семенам наилучшие условия для прорастания и развития корневой системы, надземной массы и формирование урожая. Этот способ открывает возможности оптимизировать условия для прорастания семян и формирования корней не только в почвах с высоким потенциалом агрегации, но и в почвах с несколько худшими свойствами.

Концепция рационально-эффективного растениеводства ориентирована не только на высокие, но и на устойчивые урожаи возделываемых культур. В ее основу положено широкое использование севооборотов и условие, чтобы не менее 30 % поверхности почвы были покрыты растительными остатками, по которым высевают следующую культуру. Постоянный растительный покров улучшает микроклимат и условия питания для почвенной фауны. Растениеводство при таких условиях становится не только поставщиком продовольствия, но и исполнителем защитных экологических функций. На полях должны работать машинно-тракторные агрегаты с допустимым уровнем воздействия ходовых систем на почву, рабочие органы почвообрабатывающих машин должны воздействовать на почву так, чтобы не превышать прочностных характеристик ее структурных агрегатов.

В завершение вспоминается предостережение выдающегося агроэколога Юстуса Либиха, высказанное ещё в девятнадцатом веке, который отмечал, что причина возникновения и падения наций лежит в одном и том же: расхищение плодородия почв обуславливает их гибель, а поддержание – их жизнь, богатство и могущество.

РАЦИОНАЛЬНО-ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УДОБРИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Е.В. Присянников

*Удобрение и плохую землю исправит.
Народная мудрость*

Агропочвы подвержены воздействию множества естественных и антропогенных факторов, обуславливающих протекание целого ряда почвенных процессов. Гумусное состояние почв в первую очередь зависит от направленности и интенсивности процессов гумусообразования, гумусонакопления и гумификации. Активность этих процессов возрастает при достаточном количестве исходного органического материала, оптимальной реакции почвенной среды, наличии в почве глинистых минералов и подвижных ионов кальция, а также различных почвенных организмов, среди которых главная роль принадлежит земляным (дождевым) червям. Их название обусловлено тем, что во время дождя норки этих животных заполняются водой и недостаток воздуха вынуждает их выползать на поверхность почвы.

Планетарную роль земляных червей впервые отметил выдающийся натуралист Чарльз Дарвин еще в 1881 г. [42]. Он установил, что эти животные за несколько лет пропускают сквозь себя весь верхний слой почвы. Заглатывая вместе с минеральными частицами полуразложившиеся остатки растений, земляные черви в пищеварительном тракте способствуют формированию из них ежегодно до 5 т/га гуминовых веществ, которые они выбрасывают наружу с экскрементами. Продукты их жизнедеятельности содержат меньше патогенных организмов и отличаются в разы большим количеством доступных форм макро- и микроэлементов корневого питания растений по сравнению с окружающей почвой. Земляные черви создают прочную комковато-зернистую почвенную структуру, которая способствует проникновению вглубь влаги и воздуха, обеспечивая дренаж и вентиляцию почвы [43–45].

Человечество стоит на пороге нового этапа своей аграрной истории, когда оно вынуждено приступить к массовому восстановлению деградированных земель и даже созданию плодородных почв на непочвенных образованиях с помощью биотехнологии. К нам сквозь двухвековую даль обращено пророчество выдающегося мыслителя А.Н. Радищева: «Если кто искусством покажет путь легкий и малоиздержестный к претворению всякой земли в чернозем, то будет... благодетель рода человеческого».

Быстро развивающаяся урбанизация и интенсивное техногенное использование территорий все больше обостряют проблемы экологически эффективной переработки органической составляющей твёрдых бытовых отходов (ТБО) и осадка бытовых сточных вод, а также создания поверхностных почвенных образований или, как их еще называют, почвенных конструкций в конкретных природных условиях с использованием продуктов экологической биотехнологии. В XXI веке экологическая биотехнология становится наукой, разрабатывающей стратегию и тактику реализации экологической составляющей устойчивого развития.

Первым этапом экологической биотехнологии является использование культуры эффективных микроорганизмов, разработанной в 1988 г. японским ученым Торуо Хига. Широкий диапазон действия входящих в его состав микроорганизмов – главная причина исключительной многофункциональности культуры эффективных микроорганизмов. В России в 1998 г. П.А. Шаблин также создал культуру эффективных микроорганизмов, которую назвал Байкал ЭМ-1. Она не уступает японской, а по некоторым показателям даже превосходит ее. Между этими культурами эффективных микроорганизмов много общего, различие только в процентном соотношении различных штаммов и в том, что в японской основную роль играют фотосинтезирующие штаммы, а в российской – молочнокислые.

Вторым этапом экологической биотехнологии является использование вермиккультуры – технологичных и высокопродуктивных популяций земляных (компостных) червей вместе с сопутствующими организмами в конкретном органическом субстрате. Систему организационно-технологических мероприятий по их культивированию в определенных условиях, обработке и применению копролита

(масса экскрементов компостных червей) и биомассы самих червей в сельском хозяйстве называют вермитехнологией. Она является прогрессивным и перспективным направлением экологической биотехнологии, позволяющим успешно решать задачи сохранения почв и восстановления нарушенных земель, повышения продуктивности, экологической устойчивости и саморегулирующей способности агроэкосистем.

Вермитехнология имеет два отрасли: 1) вермикультивирование – размножение компостных червей и получение их биомассы; 2) вермикомпостирование – экологически безопасная переработка в контролируемых условиях различные органических отходов с целью получения гумусированной массы экскрементов компостных червей, называемой копролитом или вермикомпостом, или биогумусом, или вермигумусом. Существует несколько способов вермитехнологии в зависимости от целей и условий использования. Для каждого из них применим определенный вид земляных (компостных) червей, свои биотехнологические нормативы, приемы и средства механизации.

В коллективной монографии «Система биологизации земледелия Нечерноземной зоны России» (том 1, С. 274-381) [46] представлены систематика, строение, физиология, биология и экологическая роль земляных (компостных) червей, описана организация вермихозяйства, вредители и паразиты этих животных, субстраты для вермитехнологии, формирование технологических лож, заселение их червями, условия содержания и методика разделения лож. Изложены основные особенности вермикультивирования и вермикомпостирования, а также вермитехнологии в зимних условиях. Приведены сведения о вермимелиорации почв, использовании биомассы компостных червей и опыте обучения специалистов вермитехнологов, дан словарь-справочник по вермитехнологии.

В условиях Брянской области на открытых площадках в теплый период года целесообразно проводить два полных цикла вермитехнологии, а в отапливаемом помещении – четыре, используя субстраты на основе различных видов навоза и осадка бытовых сточных вод при плотности зачервления технологических лож 30–100 тыс. червей и коконов в одном ложе. На открытой площадке при обычных

способах организации зимовки вермикультуры, целесообразно создавать ее страховой фонд в помещении с положительной температурой. Специализация интенсивных вермихозяйств должна определяться имеющимися компонентами для приготовления субстрата:

- вермикультивирование целесообразно на субстратах из осадка бытовых сточных вод с добавлением измельченной соломы (30–40 %) и размолотого глинистого минерала цеолита 300 г на 1 м² вермиложа;
- вермикомпостирование при сопутствующем выходе биомассы компостных червей с возможной ее реализацией – на субстратах из навоза крупного рогатого скота (КРС) с добавлением цеолита или мергеля 300 г на 1 м².

Копролиты компостных червей, полученные из субстратов на основе различных видов навоза, представляют собой хорошо выраженные обособленные образования, сыпучие в воздушно-сухом состоянии (рис. 9).

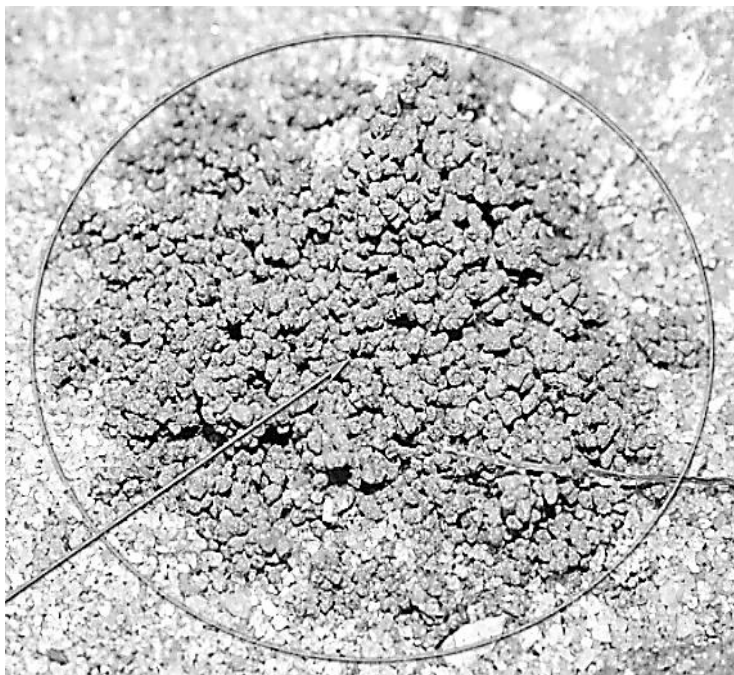


Рисунок 9 – Внешний вид копролитов земляных (дождевых) червей

Масса копролитов, произведенных из субстратов на основе осадка бытовых сточных вод, пастообразная и мажущаяся, при подсыхании слеживается. Реакция копролита, произведенного из субстратов на основе различных видов навоза и осадка бытовых сточных вод, составляет рН 5,9–7,5. При вермикомпостировании осадка бытовых сточных вод рН 5,9–6,3, а субстрата из конского навоза – рН 7,2–7,5.

Наиболее высокое содержание гуминовых веществ в копролите, произведенном из осадка бытовых сточных вод с добавлением соломы и цеолита и из навоза КРС с цеолитом. Оно соответствует требованиям Минсельхоза России. По содержанию общего азота копролит, полученный из субстратов на основе различных видов навоза и осадка бытовых сточных вод, соответствует ТУ 9891–007–11158098–96. По содержанию подвижных соединений фосфора копролит, полученный из субстратов на основе различных видов навоза и осадка бытовых сточных вод, не соответствует этим техническим условиям. По способности обеспечивать копролит подвижными соединениями калия, согласно требованиям ТУ 9891–007–11158098–96, субстраты на основе различных видов навоза и осадка бытовых сточных вод располагаются в следующей убывающей последовательности: конский навоз с добавлением мергеля 300 г на 1 м² → конский навоз с добавлением цеолита 300 г на 1 м² → конский навоз без минеральных добавок → навоз свиней и КРС, как с добавлением, так и без добавления мергеля и цеолита → осадок бытовых сточных вод, как с добавлением, так и без добавления мергеля и цеолита.

По содержанию тяжелых металлов копролит, произведенный из субстратов на основе различных видов навоза и осадка бытовых сточных вод не превышает ПДК, принятых для вермикомпостов. Суммарная биомасса микроорганизмов в копролите, произведенном из субстратов на основе различных видов навоза, изменяется незначительно и незакономерно. Этот показатель значительно ниже в копролите из осадка бытовых сточных вод.

Фитооценка копролита, из субстратов на основе различных видов навоза и осадка бытовых сточных вод показала, что он способен в чистом виде оказывать как фитостимулирующее, так и фитоингибирующее действие. Наиболее это характерно для копролита из навоза КРС без минеральных добавок. Копролит из субстратов на основе навоза свиней и осадка бытовых сточных вод с соломой без минеральных добавок являлся фитостимулятором растений. Копролит, полученный из этих субстратов с добавлением мергеля, проявлял фитоингибирующее действие. При добавлении цеолита к субстратам на основе навоза свиней и

осадка сточных вод, копролит повышал прорастание семян кресс-салата по сравнению с контролем.

Независимо от места вермикомпостирования, копролит, произведённый из субстратов на основе различных видов навоза и осадка сточных вод, содержит жизнеспособные семена сорных растений и по этому критерию не соответствует требованиям ТУ 9891–007–11158098–96. В результате вермитехнологии уменьшается количество видов сорных растений, способных к прорастанию, и снижается всхожесть их семян.

Установлено, что наиболее рентабельно производить копролит из субстрата на основе навоза КРС с добавлением цеолита, а размножать компостных червей и производить их биомассу в субстрате из осадка сточных вод с добавлением соломы и цеолита [46].

Вермикомпостирование представляет практический интерес для агроэкологически безопасного использования навоза в растениеводстве. В условиях Брянской области в каждом килограмме навоза КРС содержится в среднем почти 2000 штук жизнеспособных семян сорных растений. Материало- и энергосберегающие биотехнологические приемы получения субстрата для вермикультуры из навоза КРС позволяют освободить его от них в среднем только на 37 %. На открытой площадке снижение происходит в среднем на 27 %, а в неотапливаемом помещении – на 47 %. Наиболее интенсивно субстрат очищается при укрывании буртов ферментируемого навоза полиэтиленовой плёнкой и поверх ее соломой, соответственно на 42 и 61 % [47–49].

Изучаемые материало- и энергосберегающие технологические приёмы вермикомпостирования на открытой площадке и в неотапливаемом затемнённом помещении субстратов, полученных такими же приёмами из навоза КРС, позволяют снизить вдвое содержание в копролите жизнеспособных семян сорных растений. Вермикомпостирование в отапливаемом темном помещении субстратов, полученных ферментированием навоза КРС на открытой площадке и в неотапливаемом затемнённом помещении с укрыванием буртов пленкой и поверх ее соломой, позволяет получить копролит, не содержащий жизнеспособных семян сорных растений.

Ни один из изучаемых технологических приемов производства субстратов для вермикультуры из навоза КРС, загрязненного яйцами гельминтов, не позволяет избавиться от них. Больше всего яиц гельминтов погибает при производстве субстрата в неотапливаемом затемненном помещении с укрыванием буртов ферментируемого навоза полиэтиленовой пленкой и поверх ее соломой или только соломой.

Вермикомпостирование субстратов, произведенных с помощью различных материало- и энергосберегающие технологических приёмов из навоза КРС, как на открытой площадке и в неотапливаемом помещении с помощью таких же приемов, так и в отапливаемом помещении без их использования, позволяет получить копролит чистый от яиц гельминтов.

Изучаемые материало- и энергосберегающие технологические приемы производства субстратов для вермикультуры из навоза КРС, содержащего гемолитические бактерии, энтерококки, бактерии группы кишечной палочки и сальмонеллы, существенно улучшают его санитарно-бактериологическое состояние, особенно в неотапливаемом помещении. Однако некоторое количество их всё же остаётся.

Вермикомпостирование субстратов, произведенных с помощью различных материало- и энергосберегающие технологических приемов из навоза КРС, как на открытой площадке и в неотапливаемом помещении с помощью таких же приемов, так и в отапливаемом помещении без их использования, не позволяет существенно изменить содержание в копролите энтерококков и бактерий группы кишечной палочки.

В отапливаемом помещении производство копролита из субстратов, полученных из навоза КРС различными материало- и энергосберегающими технологическими приемами на открытой площадке и в неотапливаемом затемнённом помещении, в среднем обеспечивает больший его выход (361 кг/вермиложе), чем на открытой площадке (308 кг/вермиложе) и в неотапливаемом помещении (334 кг/вермиложе).

Производство копролита из навоза КРС в целом высокорентабельно (253–638 %). Средний уровень рентабельности вермикомпостирования различными

материало- и энергосберегающими технологическими приемами на открытой площадке – 386 %, в неотапливаемом помещении – 384 %, а при производстве копролита в отапливаемом помещении из субстратов, полученных такими же технологическими приёмами – 311%.

В условиях Брянской области не один из изучаемых материало- и энерго-сберегающих технологических приемов производства копролита не является оптимальным по всему комплексу эколого-экономических показателей, хотя вермикомпостирование навоза КРС – неперенное условие экологизации растениеводства. Поэтому предпочтение следует отдавать тому из них, который включает материало- и энергосберегающие элементы, наиболее приемлемые для конкретного производителя [47–49].

В условиях Брянской области изучали воздействие копролита из навоза КРС на повышение продуктивности и устойчивости различных агроэкосистем.

При возделывании среднераннего картофеля на дерново-подзолистой суглинистой почве для сокращения антропогенной нагрузки на агроэкосистему, накопления энергии в урожае и уменьшения ее затрат на образование единицы урожая целесообразно вносить копролит локально при посадке клубней в дозе 4 т/га. Существенно повысить урожайность позволяет предпосадочная инокуляция клубней мизорином [46].

При возделывании озимой пшеницы на дерново-подзолистой суглинистой почве урожайность зерна возрастает на 20,0–34,4 % при внесении 2–6 т/га копролита локально при посеве относительно возделывания ее без удобрений, также усиливается устойчивость растений к засухе. Поэтому в сухие годы использование даже 2 т/га копролита локально повышает урожайность зерна по сравнению с 30 т/га навоза или 9 т/га копролита, внесёнными под предпосевную культивацию. Внесение 2–6 т/га копролита локально в рядки при посеве, 9 т/га копролита под предпосевную культивацию и 30 т/га навоза примерно одинаково увеличивает качество зерна относительно контроля. Чем выше доза копролита и чем ближе к корням озимой пшеницы его вносят, тем больше накапливается в зерне протеина и клейковины без изменения класса товарной пшеницы. Внесение 2–6 т/га копролита локально в рядки при посеве повышает энергетические затраты

на производство зерна, но сохраняет положительный баланс энергии в агрофитоценозе. Экономически целесообразно вносить 2 т/га копролита локально при посеве [50].

Для выращивания рассады томата, огурца и сладкого перца целесообразно использовать питательную смесь, состоящую из тепличного грунта или дерновой земли (1 часть) и копролита (2 части), а поливать раствором гуматов (8 г на 10 л воды) из расчета 5 л/м² производственной площади. Это позволяет улучшить качество рассады, сократить продолжительность рассадного периода и увеличить рентабельность производства рассады [51–53].

Для увеличения производства плодов огурца и томата в теплицах при сохранении качества продукции, увеличения энергии в урожае, повышения энергетической и экономической устойчивости тепличной агроэкосистемы, при одновременном сокращении антропогенной нагрузки на нее, целесообразно вносить копролит по 60–120 г в лунку при посадке рассады огурца и по 60–90 г в лунку при посадке рассады томата на фоне принятой технологии возделывания [54, 55].

На значительных площадях пашни эффективнее использовать не копролит, а саму вермитехнологию [56]. Но прежде необходимо совершенствовать структуру посевных площадей, увеличить насыщенность севооборотов многолетними травами и бобовыми культурами, применять пожнивные и поукосные посевы, максимально использовать в качестве материала для гумификации органическое вещество соломы, сидератов, торфа, сапропеля и т. п.

Основой рационально-эффективного применения органических и минеральных удобрений являются систематические мониторинговые наблюдения за балансом в почве тех веществ, которые находятся в дефиците (гумус, кальций, магний, азот, фосфор, калий) и их внесение согласно научным рекомендациям [57].

Баланс гумуса. Знание баланса гумуса позволяет контролировать изменения, происходящие с «душой почвы» при сложившейся структуре посевных площадей и уровне применения удобрений.

Приходные статьи баланса, т/га

1. Гумификация корневых и пожнивных остатков (Q_1) – это количество гумуса, которое образуется из остатков предшествующих растений, их количества и степени гумификации, рассчитывают по следующей формуле:

$$Q_1 = U \times k_p \times k_g,$$

где U – урожайность культуры, т/га; k_p – коэффициент накопления корневых и пожнивных остатков культурой относительно урожайности ее основной продукции; k_g – коэффициент гумификации остатков (табл. 17).

Таблица 17 – Коэффициенты накопления корневых и пожнивных остатков сельскохозяйственными культурами и коэффициенты гумификации остатков в западной части Европейской России [58]

Культура	Урожайность, т/га	k_p	k_g	Культура	Урожайность, т/га	k_p	k_g	Культура	Урожайность, т/га	k_p	k_g
Озимые рожь и пшеница	1	1,8	0,18	Лен (волокно)	0,3	4,4	0,25	Кормовые корнеплоды	10,0	0,12	0,06
	2	1,5							20,0	0,09	
	3	1,3							30,0	0,08	
Яровая пшеница	1	1,6	0,18	Сахарная свекла	10,0	0,13	0,10	Силосные (без кукурузы)	10,0	0,24	0,12
	2	1,4							25,0	0,11	
	3	1,2							40,0	0,08	
Ячмень	1	1,6	0,18	Подсолнечник	1,2	2,4	0,20	Однолетние травы на сено	1,0	2,2	0,12
	2	1,3							2,0	1,7	
	3	1,2									
Зернобобовые	1	1,4	0,18	Кукуруза на силос	10,0	0,27	0,12	Многолетние травы с бобовыми на сено	1,0	2,8	0,25
	2	1,3							20,0	0,21	
	3	1,2							30,0	0,16	
Кукуруза на зерно	1	1,8	0,18	Картофель	10,0	0,17	0,06		10,0	1,9	0,25
	2	1,5							20,0	0,14	
	3	1,3							30,0	0,10	

2. Гумификация органических удобрений (Q_2) позволяет оценить, какое их количество непосредственно участвует в восполнении гумуса. Ее рассчитывают по следующей формуле:

$$Q_2 = D \times C_n \times k_{gn} \times 1 : 100,$$

где D – доза органического удобрения, т/га; C_n – содержание органического вещества в органическом удобрении, %; k_{gn} – коэффициент гумификации навоза; 1 – поправочный коэффициент на содержание сухого вещества в навозе (%) для Центрального региона России.

Коэффициент гумификации стандартного подстилочного навоза КРС для почв среднего и тяжелого гранулометрического состава – 0,25, для почв легкого гранулометрического состава – 0,17. Другие виды органических удобрений пересчитывают в стандартный навоз (табл. 18).

Таблица 18 – Коэффициенты пересчета основных видов органических удобрений в стандартный подстилочный навоз КРС (по содержанию органического вещества) [58]

Виды органических удобрений	Содержание органического вещества, %	Коэффициенты пересчета
Навоз КРС подстилочный	21	1,0
Навоз КРС полужидкий	13	0,6
Навоз КРС жидкий	4	0,2
Навоз свиней подстилочный	24	1,15
Птичий помет подстилочный	54	2,5
Компост торфо-навозный (1:1)	22	1,0
Компост торфо-пометный (1:1)	19	1,0
Сапропель	16	0,8
Осадки сточных вод	17	0,8
Солома злаковых культур	76	3,5
Солома бобовых культур	76	3,5

3. Общий приход гумуса за счет гумификации корневых и пожнивных остатков и вносимых органических удобрений (Q) рассчитывают по формуле:

$$Q = Q_1 + Q_2.$$

Расходные статьи баланса, т/га

1. Минерализация гумуса (V_1) зависит от содержания его в агрогоризонте, устойчивости при данной системе обработки почвы и климатических показателей. Рассчитывают ее по нижеприведенной формуле, используя следующие усредненные показатели (табл. 19):

$$V_1 = G \times H \times D \times k_m \times k_k,$$

где G – содержание гумуса в агрогоризонте, %; H – мощность агрогоризонта, см; D – плотность почвы, г/см³; k_m – коэффициент минерализации гумуса; k_k – относительный индекс биологической продуктивности, равный для Центрального региона России 1,065.

Таблица 19 – Усредненные показатели почв для расчета минерализации гумуса [58]

Почвы	Содержание гумуса в агрогоризонте, %	Мощность агрогоризонта, см	Плотность почвы, г/см ³	Коэффициент минерализации гумуса (k_m) по интенсивности обработки почвы при возделывании культур в севообороте			
				травы многолетние	зерновые	пропашные	чистый пар
Дерново-подзолистые суглинистые и светло-серые лесные	1,5–2,5	20–22	1,3–1,4	0,0067	0,0110	0,0260	0,0310
Серые лесные	2,5–3,5	20–22	1,2–1,3	0,0067	0,0110	0,0260	0,0310
Темно-серые лесные и черноземы оподзоленные	3,5–5,0	25–27	1,1–1,2	0,0037	0,0060	0,0125	0,0162
Черноземы выщелоченные и черноземы типичные	5,0–6,5	30–32	1,0–1,2	0,0032	0,0052	0,0108	0,0140

2. Потери гумуса от эрозии (V_2) рассчитывают по следующей формуле:

$$V_2 = S_e \times k_e : 100,$$

где S_e – площадь эродированной пашни, %; k_e – потеря гумуса с 1 га эродированной пашни, т.

С 1 га пашни при средней степени эродированности (уклон > 3°) смывается слой почвы в 2,5 мм, содержащий гумус.

3. *Общий расход гумуса (V)* рассчитывают по следующей формуле:

$$V = V_1 + V_2.$$

Баланс гумуса определяют по формуле: $V = Q - V$.

Баланс кальция и магния. Знание баланса кальция и магния позволяет контролировать изменения, происходящие со «стражем плодородия» почвы при сложившейся структуре посевных площадей и уровне применения удобрений.

Приходные статьи баланса.

1. *Приход CaCO_3 и MgCO_3 с известковыми материалами¹ (Q_1 , CaCO_3 кг/га)* рассчитывают по следующей формуле:

$$Q_1 = (I \times c_1 + I \times c_2 \times 1,1) \times 1000,$$

где I – доза известкового материала в физическом весе, т/га; c_1 и c_2 – среднее содержание CaCO_3 и MgCO_3 в тоннах в 1 т известкового материала, т; **1,1** – коэффициент для приведения результатов по MgCO_3 в CaCO_3 .

2. *Приход CaCO_3 и MgCO_3 с органическими удобрениями (Q_2 , CaCO_3 кг/га)*

$$Q_2 = O \times c_3 \times k + O \times c_4 \times k \times 1,1,$$

где O – доза органического удобрения в физическом весе, т/га; c_3 и c_4 – среднее содержание CaCO_3 и MgCO_3 в 1 т органического удобрения, кг; k – поправочный коэффициент на содержание вещества в навозе; **1,1** – коэффициент для приведения результатов по MgCO_3 в CaCO_3 .

3. *Приход CaCO_3 с фосфорными удобрениями (Q_3 , CaCO_3 кг/га)*

$$Q_3 = P \times c_5,$$

где P – доза фосфорного удобрения в кг P_2O_5 на 1 га; c_5 – содержание CaCO_3 в 1 кг фосфорных удобрений по нейтрализующей способности (на 1 кг P_2O_5): суперфосфат простой – 2,1 кг; суперфосфат двойной – 0,7 кг; фосфоритная мука – 1,16 кг [58].

4. *Общий приход CaCO_3 за счёт поступления с известковыми материалами, с органическими и фосфорными удобрениями (Q)* рассчитывают по формуле:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3.$$

¹ Известковые материалы, применяемые в западной части Европейской России, содержат CaCO_3 в среднем около 75 %, мергель – 50 %, фосфоритная мука – 22 %, органические удобрения – 0,70 %, сапропель – 30, торф с $\text{pH} > 6$ – 3 % [58].

Расходные статьи баланса обусловлены выносом кальция и магния урожаем и вымыванием инфильтрационными водами. Средний вынос кальция и магния урожаем основных сельскохозяйственных культур западной части Европейской России представлен в таблице 20.

Таблица 20 – **Средний вынос кальция и магния и их суммы урожаем сельскохозяйственных культур, (кг CaCO₃/т) [58]**

Культуры *)	CaCO ₃	MgCO ₃	Сумма карбонатов в пересчете на CaCO ₃ **)
Озимая рожь	8,8	6,0	15,9
Озимая пшеница	6,3	6,5	17,0
Яровая пшеница	5,6	7,8	14,9
Яровой ячмень	7,7	6,3	15,2
Овес	9,7	7,2	18,3
Гречиха	18,0	8,5	28,1
Горох	31,5	10,0	43,4
Зерновые в целом	8,1	6,5	16,6
Лен - долгунец	17,1	16,4	36,6
Сахарная свекла			4,2
Подсолнечник			45,0
Картофель	0,5	1,0	1,7
Кормовые корнеплоды	0,5	1,0	1,7
Кормовой люпин (зеленая масса)	2,9	1,5	5,6
Клевер красный (сено)	42,2	19,0	64,8
Люцерна (сено)	45,5	7,8	54,8
Многолетние травы (сено)	27,0	12,5	41,9
Однолетние травы (сено)	30,0	10,6	42,6
Луговые бобово-злаковые травы (сено)	17,1	10,2	29,2
Капуста	1,2	0,8	2,3
Морковь	2,2	1,6	4,1
Овощи в целом			2,8

*) Зерновые - зерно+солома;

 Корне-клубнеплоды, овощи - сырая масса.

**) На почвах с рН более 5,5 вынос кальция и магния урожаем увеличивать на 20%, на почвах с рН менее 4,5 - уменьшать на 20%.

Величина потерь кальция и магния вследствие вымывания зависит от соотношения осадков и испаряемости, гранулометрического состава и реакции почвы, а также структуры посевных площадей (однолетние культуры сплошного сева, пропашные и пар, многолетние травы).

Наибольшее влияние на величину вымывания оказывает характер увлажнения. В западной части Европейской России годовая сумма осадков составляет 450–600 мм, а годовая испаряемость – 420–500 мм. Соответственно коэффициент увлажнения равен 1,0–1,3, а вымывание CaCO_3 и MgCO_3 – 150–300, кг $\text{CaCO}_3/\text{га}$.

На почвах легкого гранулометрического состава вымывание кальция в среднем на 30 % больше, чем на суглинистых почвах (табл. 21), а магния – примерно одинаково, в связи с низкой обеспеченностью им легких почв.

Таблица 21 – Поправочные коэффициенты к величине вымывания кальция и магния в зависимости от гранулометрического состава почвы в западной части Европейской России [58]

Гранулометрический состав почвы	Содержание физической глины, %	Поправочный коэффициент
Супесчаный	10–20	1,6
Легкосуглинистый	20–30	1,3
Среднесуглинистый	30–40	1,0
Тяжелосуглинистый	40–50	0,7
Глинистый	Более 50	0,7

Вымывание кальция и магния усиливается по мере повышения рН почвы (табл. 22).

Таблица 22 – Поправочные коэффициенты к величине вымывания кальция и магния в зависимости от величины рН [58]

рН _{сол.}	Поправочный коэффициент	рН _{сол.}	Поправочный коэффициент	рН _{сол.}	Поправочный коэффициент
5,0	1,00	5,4	1,20	5,8	1,49
5,1	1,05	5,5	1,25	5,9	1,57
5,2	1,10	5,6	1,33	> 6,0	1,65
5,3	1,15	5,7	1,41		

Под растениями сплошного сева вымывание меньше, чем под пропашными культурами или паром, так как потери происходят, в основном, осенью и весной. Если принять вымывание (k_3) под культурами сплошного сева за единицу, то под пропашными оно составит 1,4, под паром – 1,8, а под многолетними травами – 0,75.

Азотные удобрения при избыточном их внесении увеличивают вымывание кальция на 2,1 кг CaCO_3 на каждый килограмм азота, фосфорные – на 0,3 кг CaCO_3 на каждый килограмм фосфора (P_2O_5).

1. Вынос кальция и магния урожаем сельскохозяйственных культур (V_1 , кг $\text{CaCO}_3/\text{га}$) рассчитывают по следующей формуле:

$$V_1 = W \times w_1 : S,$$

где W – валовой сбор сельскохозяйственной культуры, т; w_1 – норматив выноса CaCO_3 и MgCO_3 1 тонной урожая, кг CaCO_3 ; S – площадь, га.

2. Вымывание CaCO_3 и MgCO_3 из почвы (V_2 , кг $\text{CaCO}_3/\text{га}$) рассчитывают по формуле:

$$V_2 = v_z \times k_1 \times k_2 \times k_3 + k_4,$$

где v_z – зональный норматив вымывания CaCO_3 и MgCO_3 из почвы, равный 150–300 кг $\text{CaCO}_3/\text{га}$ в зависимости от местонахождения территории в западной части Европейской России; k_1 – поправочный коэффициент на зависимость вымывания CaCO_3 и MgCO_3 от структуры посевных площадей (табл. 19); k_2 – поправочный коэффициент на зависимость вымывания CaCO_3 и MgCO_3 от гранулометрического состава почвы (табл. 20); k_3 – поправочный коэффициент на зависимость вымывания CaCO_3 и MgCO_3 от pH (табл. 21); k_4 – дополнительное вымывание кальция в зависимости от дозы азотных удобрений (увеличение дозы азота свыше 30 кг/га обуславливает дополнительное вымывание кальция в количестве 2,1 кг CaCO_3 на каждый килограмм азота; при дозе 30 килограмм азота на 1 га и меньше – вымывание не происходит).

3. Суммарные потери CaCO_3 и MgCO_3 (V , кг $\text{CaCO}_3/\text{га}$).

$$V = V_1 + V_2.$$

Баланс кальция определяют по формуле: $B = Q - V$.

Баланс азота, фосфора и калия. Знание баланса азота, фосфора и калия позволяет контролировать изменения, происходящие в почве с основными макроэлементами питания растений при сложившейся структуре посевных площадей и уровне применения удобрений.

Приходные статьи баланса (кг действующего вещества на 1 га.)

1. Поступление питательных веществ с минеральными удобрениями.

В приходную часть баланса включают все количество питательных веществ $Q_{1(N)}$, $Q_{1(P_2O_5)}$, $Q_{1(K_2O)}$, выраженное в кг N, P_2O_5 , K_2O на 1 гектар и внесенное со всеми видами минеральных удобрений (табл. 23).

Таблица 23 – Содержание основных питательных элементов в простых и сложных минеральных удобрениях [58]

Простые удобрения	Формула	Содержание действующего вещества, %	
<i>Азотные (N)</i>			
Сульфат аммония	$(NH_4)_2SO_4$	20,5	
Аммиачная селитра	NH_4NO_3	34,9	
Мочевина	$CO(NH_2)_2$	46,0	
Аммиак водный	NH_4OH	18,0	
Аммиак безводный	NH_3	82,0	
<i>Фосфорные (P_2O_5)</i>			
Суперфосфат простой гранулированный	$Ca(H_2PO_4)_2 \times H_2O + CaSO_4$	19,5	
Суперфосфат двойной гранулированный	$Ca(H_2PO_4)_2 \times H_2O$	45,8	
Фосфоритная мука	$Ca_3(PO_4)_2 \times CaCO_3$ с примесями	19–22	
<i>Калийные (K_2O)</i>			
Калий хлористый	KCl	60,0	
Калий сернокислый	K_2SO_4	52,0	
Калимагnezия	$K, MgSO_4$	26–28	
Калийная соль	$KCl, NaCl$	40	
Сложные удобрения	Содержание действующего вещества, %		
	N	P_2O_5	K_2O
Нитрофоска, марка В	11–12	11–12	11–12
Нитрофоска, марка Б	12,5–13,5	8,5–9,5	12,5–13,5
Нитрофоска, марка А	16–17	16–17	16–17
Нитроаммофоска	14–18	14–18	14–18
Аммофос	11–13	30–49	-
Нитрофос	20	14,4	-

2. Поступление питательных веществ $Q_{2(N)}$, $Q_{2(P_{2O_5})}$, $Q_{2(K_2O)}$ с органическими удобрениями.

Среднее содержание питательных веществ в навозе составляет: N – 0,5 %, P_2O_5 – 0,25 %, K_2O – 0,6 %. Содержание основных питательных веществ в различных видах органических удобрений и коэффициент пересчета в подстилочный навоз представлено в таблице 24.

Таблица 24 – Содержание основных питательных элементов в органических удобрениях [58]

Виды удобрений	Влажность, %	Содержание питательных веществ, % на сырой вес			Коэффициент пересчета в подстилочный навоз
		N	P_2O_5	K_2O	
Навоз КРС подстилочный	75	0,50	0,25	0,60	1,00
Навоз КРС полужидкий	85	0,30	0,12	0,33	0,60
Навоз КРС жидкий	95	0,10	0,06	0,11	0,20
Компост торфо-навозный (1:1)	70	0,56	0,22	0,47	1,00
Сапропель	60	0,42	0,07	0,00	0,80
Солома злаковых	18	0,50	0,20	0,90	
Солома бобовых	18	1,20	0,25	0,60	
Птичий помет подстилочный	40	2,00	1,81	0,97	3,00
Птичий помет сухой	14	4,10	3,90	2,00	7,00
Компост торфо-пометный (1:1)	70	0,83	0,74	0,41	1,40

Так как влажность вносимых органических удобрений колеблется в очень широком диапазоне, при расчетах поступления N, P_2O_5 и K_2O делают поправку на этот показатель, определяемый непосредственно, а при расчетах баланса на больших площадях (хозяйство, район, и т. п.) используют соответствующие данные зональных НИУ, агрохимических центров и станций.

$$Q_{2(N)} = O \times C_N : 100 \times k_1;$$

$$Q_{2(P_{2O_5})} = O \times C_{P_{2O_5}} : 100 \times k_1;$$

$$Q_{2(K_2O)} = O \times C_{K_2O} : 100 \times k_1,$$

где O – доза органического удобрения в физическом весе, т/га; $C_N, C_{P_{2O_5}}, C_{K_2O}$ – содержание N, P_2O_5 и K_2O в органическом удобрении, %; k_1 – поправочный коэффициент для пересчета органического удобрения в подстилочный навоз.

3. Поступление питательных веществ $Q_{3(N)}, Q_{3(P_{2O_5})}, Q_{3(K_2O)}$ с семенами.

При расчете учитывают нормы высева (табл. 25), содержание азота, фосфора и калия в посевном и посадочном материале [58], а также посевные площади, занятые культурами.

$$Q_{3(N)} = W \times C_N;$$

$$Q_{3(P_{2O_5})} = W \times C_{P_{2O_5}};$$

$$Q_{3(K_2O)} = W \times C_{K_2O},$$

где W – норма высева, кг/га; $C_N, C_{P_{2O_5}}, C_{K_2O}$ – содержание N, P_2O_5 и K_2O в посевном материале, кг/га.

Таблица 25 – Нормы высева семян, ц/га [58]

Культуры	Зона	
	нечерноземная	лесостепная
Озимые зерновые (рожь, пшеница)	2,5	2,0
Яровые зерновые и зернобобовые	2,5	1,8
Кукуруза на зерно	-	0,3
Кукуруза на силос и зеленый корм	1,0	0,8
Лен - долгунец	1,2	-
Конопля	-	1,2
Картофель	35	25
Травы однолетние	2,5	1,8

4. Симбиотическая азотфиксация ($Q_{4(N)}$).

Учитывают все бобовые культуры-азотфиксаторы, а в травосмесях – долю бобового компонента, которая может колебаться в пределах от 10 до 100 %. Азотфиксация – это количество азота, в килограммах, синтезируемое 1 т продукции. Она не одинакова у различных культур. Например, клевер, эспарцет синтезируют сверх компенсации минерализованного азота почвы 10–14, люцерна – 16–20 кг азота на 1 т сена. Размеры азотфиксации различными культурами приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Симбиотическая азотфиксация [58]

Культуры (продукция)	Фиксация азота из воздуха	
	кг/ц основной продукции *)	кг/кг выноса азота с урожаем
Зерновые бобовые	2,5	0,8
Клевер (сено)	1,8	1,4
Бобово-злаковые смеси (сено)	0,9	0,7
Однолетние травы (смеси гороха, вики с овсом и другими культурами) на зеленую массу	0,12	0,5
*) При низких урожаях (до 10 ц/га зернобобовых, до 20 ц/га сена бобово-злаковых и менее 100 ц/га зеленой массы однолетних трав) фиксация азота в 1,5 раза выше.		

Если нет данных по доле бобового компонента в однолетних бобово-злаковых травосмесях, рекомендуют принять условную величину – 6 кг азота на 1 т сена. На 1 т сена однолетних зернобобовых культур аналогичная величина составляет 12,5–13,0 кг азота.

$$Q_{4(N)} = U \times a_N,$$

где U – урожайность культуры, ц/га; a_N – симбиотическая азотфиксация, кг азота на 1 центнер урожая.

5. Несимбиотическая азотфиксация.

Поглощение атмосферного азота и превращение его в органическую форму осуществляется и свободно живущими почвенными микроорганизмами. Благоприятными условиями для несимбиотической азотфиксации является реакция почвенной среды от слабокислой до нейтральной, наличие энергетического материала с широким отношением C : N. Внесение азотных удобрений в повышенных дозах приводит к затуханию процесса несимбиотической азотфиксации. В западной части Европейской России за счет несимбиотической фиксации синтезируется 4,5 кг азота на 1 га [58]. Несимбиотическую азотфиксацию учитывают на полях, на которых не выращивают бобовые культуры и не используют под чистым паром.

$$Q_{5(N)} = n \times a_N,$$

где n – площадь поля, га; a_N – несимбиотическая азотфиксация, кг N на 1 га.

6. Поступление N, P₂O₅ и K₂O с атмосферными осадками

очень изменчиво, так как зависит от наличия поблизости предприятий, выбрасывающих в атмосферу газы, содержащие рассматриваемые химические элементы, а также погодными условиями: розы ветров, особенностей выпадающих осадков и пр. Для азота, кроме того, очень важно, в каких объемах вносят в почву азотные удобрения. В Центральном регионе России с атмосферными осадками на каждый гектар поступает 5,4–6,6 кг азота $Q_{6(N)}$. $Q_{6(P_2O_5)}$, $Q_{6(K_2O)}$ учитывают при наличии данных [58].

7. Суммарное поступление N, P₂O₅ и K₂O рассчитывают по следующим формулам:

$$Q_{(N)} = Q_{1(N)} + Q_{2(N)} + Q_{3(N)} + Q_{4(N)} + Q_{5(N)} + Q_{6(N)};$$

$$Q_{(P_2O_5)} = Q_{1(P_2O_5)} + Q_{2(P_2O_5)} + Q_{3(P_2O_5)} + Q_{6(P_2O_5)};$$

$$Q_{(K_2O)} = Q_{1(K_2O)} + Q_{2(K_2O)} + Q_{3(K_2O)} + Q_{6(K_2O)};$$

Расходные статьи баланса, кг д.в./га

1. Вынос питательных веществ сельскохозяйственными культурами рассчитывают по следующим формулам [59]:

$$V_{1(N)} = U \times w_N; \quad V_{1(P_2O_5)} = U \times w_{P_2O_5}; \quad V_{1(K_2O)} = U \times w_{K_2O},$$

где U – урожайность культуры, ц/га; w_N , $w_{P_2O_5}$, w_{K_2O} – вынос N, P₂O₅, K₂O урожаем, кг/ц урожая.

2. Вынос питательных веществ сорными растениями.

При наличии конкретных данных о количестве биомассы сорняков и содержания в них питательных элементов вынос N, P₂O₅, K₂O рассчитывают по следующим формулам:

$$V_{2(N)} = U \times w_N; \quad V_{2(P_2O_5)} = U \times w_{P_2O_5}; \quad V_{2(K_2O)} = U \times w_{K_2O},$$

где U – биомасса сорняков, ц/га; w_N , $w_{P_2O_5}$, w_{K_2O} – вынос N, P₂O₅, K₂O биомассой сорняков, кг/ц биомассы.

Если такие данные отсутствуют, то массу сорняков в посевах однолетних и многолетних трав, а также силосных культур включают в валовой сбор этих

культур. Массу сорняков в посевах пропашных культур (сахарная свекла, подсолнечник, соя), которая в результате интенсивных междурядных обработок небольшая, не учитывают. В посевах зерновых культур сорняки обязательно учитывают. Сорняки к моменту уборки зерновых осеменяются, так что считают, что за счет оставшейся части сорняков возрастает вынос питательных веществ побочной продукцией соответствующей культуры. Условно принимают, что вынос питательных веществ побочной продукцией озимых следует увеличивать на 50 %, а яровых – на 100 % [58].

3. Потери питательных веществ за счет вымывания

зависят от почвенно-климатических условий и, особенно, от типа водного режима. Например, при избыточном увлажнении, особенно на почвах легкого гранулометрического состава, потери азота значительные (25–30 кг N/га. При непромывном водном режиме потери азота составляют лишь несколько килограммов. Потерь калия в 2–3 раза меньше. Ориентировочные потери питательных веществ при вымывании для почв среднего и тяжелого гранулометрического состава $V_{3(N)}$, $V_{3(P_2O_5)}$, $V_{3(K_2O)}$ представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Потери питательных веществ при вымывании из почв среднего и тяжелого гранулометрического состава, кг/га [58]

Зоны	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Нечерноземная	10–12	0,4–0,5	4,5–5,0
Лесостепная	5–6	0,2–0,3	2–3

4. Потери азота за счет денитрификации ($V_{4(N)}$)

происходят, когда почва переувлажнена, а температура достаточна для микробиологических и химических процессов, приводящих к восстановлению окислов азота до молекулярной формы. Величины потерь азота за счет денитрификации обычно составляют 10–20 % от внесенного с удобрениями азота. При дозах 45–60 кг N/га и меньших они составляют примерно 10 %, при больших – 15 %. Кроме

того, газообразные потери азота могут происходить и за счет азота почвы. Средняя величина этих потерь около 6 кг N/га.

5. Потери питательных веществ за счет эрозии $V_{5(N)}$, $V_{5(P_2O_5)}$, $V_{5(K_2O)}$ приведены в таблице 28.

Таблица 28 – Усредненные потери элементов питания растений на эродированных почвах, кг/га [58]

Элемент	Степень эродированности почв		
	слабая	средняя	сильная
N	18	25	30
P ₂ O ₅	5	7,5	10
K ₂ O	12	20	24

6. Суммарные потери N, P₂O₅, K₂O.

$$V_{(N)} = V_{1(N)} + V_{2(N)} + V_{3(N)} + V_{4(N)} + V_{5(N)};$$

$$V_{(P_2O_5)} = V_{1(P_2O_5)} + V_{2(P_2O_5)} + V_{3(P_2O_5)} + V_{5(P_2O_5)};$$

$$V_{(K_2O)} = V_{1(K_2O)} + V_{2(K_2O)} + V_{3(K_2O)} + V_{5(K_2O)}.$$

Баланс азота, фосфора и калия определяют по следующим формулам:

$$B_{(N)} = Q_{(N)} - V_{(N)};$$

$$B_{(P_2O_5)} = Q_{(P_2O_5)} - V_{(P_2O_5)};$$

$$B_{(K_2O)} = Q_{(K_2O)} - V_{(K_2O)}.$$

РАЦИОНАЛЬНО-ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

*Только растения способны уловить,
преобразить и сохранить про запас то,
без чего нет жизни. И только пользуясь
энергией, накопленной растениями,
могут существовать животные и люди.*

Клиффорд Саймак

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ

О.В. Мельникова, В.Е. Ториков, А.А. Осипов

Увеличить производство зерна пшеницы озимой позволяют интенсивные технологии, которые повышают урожайность на 30–50 %, что соответствует средней урожайности 6,0–6,5 т/га. Научно обоснованное применение минеральных удобрений, в частности азотных, которые обеспечивают наибольшую прибавку урожая зерна и высокую окупаемость каждого килограмма внесенного азота, имеет большое значение при освоении таких технологий [60–62].

Возделываемые в настоящее время сорта зерновых при высокой агротехнике, оптимизации уровня минерального питания на всех этапах вегетации и защите растений от болезней, вредителей и сорняков позволяют ежегодно получать высокие урожаи качественной продукции. Вопросы принятия оптимальных решений по рациональному сочетанию агротехнических приемов и средств химизации, техническое и технологическое обеспечение возделывания сельскохозяйственных культур имеют определяющее значение [63].

В связи с этим, актуальным является изучение влияния различных агротехнологий на урожайность и качество зерна сортов пшеницы озимой, возделываемой на серых лесных почвах западной части Европейской России.

Цель исследований – изучение влияния различных по интенсивности технологий возделывания на урожайность и качество зерна пшеницы озимой Московской 56 и Немчиновская 57, оценка адаптивного потенциала и экономической эффективности возделывания сортов пшеницы озимой отечественной селекции в условиях западной части Европейской России.

Условия и методика проведения исследований. Объектом исследований являлась культура пшеницы мягкой озимой (*Triticum aestivum* L.) сортов Московская 56, Немчиновская 24, Памяти Федина, Галина, Московская 39, Московская 40, Немчиновская 57.

Полевые исследования проведены в 2013–2015 гг. в многолетнем стационарном опыте (номер государственной регистрации 046369) Брянского ГАУ, а также на Стародубском и Дубровском ГСУ Брянской области.

Полевой опыт № 1 «Изучение влияния различных технологий возделывания на урожайность и качество зерна сортов пшеницы озимой» (табл. 29).

Таблица 29 – Схема двухфакторного опыта с пшеницей озимой

Сорт (фактор А)	Агротехнология (фактор В)
Московская 56	1. Высокоинтенсивная
	2. Интенсивная
	3. Традиционная
	4. Биологизированная (экстенсивная) – контроль
Немчиновская 57	1. Высокоинтенсивная
	2. Интенсивная
	3. Традиционная
	4. Биологизированная (экстенсивная) – контроль

Варианты технологий различались уровнем интенсификации – расчетными нормами вносимых минеральных туков и применением пестицидов.

1. **Высокоинтенсивная технология:** расчетные нормы NPK на программируемый уровень урожайности зерна 7 т/га – N₉₀P₆₀K₁₂₀ (с осени) + 1-ая подкормка N₃₀ (возобновление весенней вегетации) + 2-ая подкормка N₃₀ (начало выхода в трубку) + пестициды + последствие органических удобрений в севообороте.

2. *Интенсивная технология*: расчетные нормы НРК на программируемый уровень урожайности зерна 6 т/га – $N_{60}P_{60}K_{120}$ (с осени) + 1-ая подкормка N_{30} (возобновление весенней вегетации) + 2-ая подкормка N_{30} (начало выхода в трубку) + пестициды + последствие органических удобрений в севообороте.

3. *Традиционная технология*: расчетные нормы НРК на программируемый уровень урожайности зерна 5 т/га – $N_{60}P_{60}K_{120}$ (с осени) + подкормка N_{30} (возобновление весенней вегетации) + пестициды + последствие органических удобрений в севообороте.

4. *Биологизированная технология (экстенсивная)*: – без применения минеральных туков ($N_0P_0K_0$), последствие органических удобрений в севообороте (навоз, вносимый под картофель 40 т/га; измельченная солома 7 т/га после уборки ярового ячменя), без использования пестицидов.

В качестве минеральных удобрений использовали осенью азофоску ($N_{16}P_{16}K_{16}$) и хлористый калий КС1 (60 % д. в.) под предпосевную культивацию. Азотную подкормку аммиачной селитрой NH_4NO_3 (34,5 % д. в.) проводили дважды: N_{30} – во время возобновления весенней вегетации и N_{30} – в начале фазы выхода в трубку.

На вариантах 1–3 применяли интегрированную защиту посевов от болезней, вредителей и сорняков: *системный протравитель семян* Табу, ВСК 0,5 л/т; *осенью в фазу кущения* гербицид Бомба Микс, ВДГ 0,28 л/га, *весеннее кущение* – гербицид Ластик Топ, МКЭ 0,5 л/га; фунгицид Аканто Плюс, КС 0,6 л/га совместно с ретардантом Стабилан, ВР 1,5 л/га при расходе рабочей жидкости – 300 л/га.

Высевали семена пшеницы озимой 10 сентября рядовым способом сеялкой СПУ–3. Норма высева 5,0 млн. всхожих семян на 1 га. Уборку урожая осуществляли в фазу полной спелости зерновки поделяночно прямым комбайнированием «Terrion – 2910».

Полевой опыт № 2 «Оценка параметров адаптивности и стабильности сортов пшеницы озимой по показателю Урожайность. Исследования проводили на Стародубском и Дубровском ГСУ Брянской области в 2013–2015 гг. (табл. 30).

Таблица 30 – Схема полевого опыта по изучению продуктивности сортов пшеницы озимой

Государственный сортоиспытательный участок	Сорт
Стародубский	1. Памяти Федина – St
	2. Галина
	3. Московская 39
	4. Московская 40
	5. Московская 56
	6. Немчиновская 57
Дубровский	1. Памяти Федина – St
	2. Галина
	3. Московская 39
	4. Московская 40
	5. Московская 56
	6. Немчиновская 57

Многолетний стационар Брянского ГАУ (полевой опыт № 1) расположен на серой лесной среднесуглинистой почве, сформировавшейся на лессовидном карбонатном суглинке. Почва хорошо окультуренная: содержит гумуса (по Тюрину) 3,66–3,69 %, очень высоко обеспечена подвижным фосфором (P_2O_5 по Кирсанову) 300–302 мг/кг, высоко обеспечена обменным калием (K_2O по Кирсанову) 261–268 мг/кг почвы, реакция почвенной среды слабокислая pH_{KCl} 5,5–5,7.

Дубровский ГСУ (опыт № 2) располагается в д. Пеклино Дубровского района Брянской области на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, содержащей гумуса 2,0–2,1 %, подвижного фосфора 166–251 мг/кг почвы, обменного калия 148–188 мг/кг почвы, pH_{KCl} 5,9–6,0.

Стародубский ГСУ (опыт № 2) расположен на серой лесной среднесуглинистой почве в д. Шкрябино Стародубского района Брянской области, содержащей гумуса 2,8–2,9 %, подвижного фосфора 183–208 мг/кг почвы, обменного калия 142–246 мг/кг почвы, pH_{KCl} 5,8–6,1.

Агроклиматические условия во все годы исследований были благоприятными для роста и развития пшеницы озимой, температура воздуха была выше среднегодовых значений. Продолжительность периодов с температурой выше 0 °С, 5 °С, 10 °С, 15 °С в среднем составляла соответственно 234, 189, 144

и 89 дней. Суммы температур свыше $5\text{ }^{\circ}\text{C} = 2620\text{ }^{\circ}\text{C}$, выше $10\text{ }^{\circ}\text{C} = 2275\text{ }^{\circ}\text{C}$, выше $15\text{ }^{\circ}\text{C} = 1565\text{ }^{\circ}\text{C}$. Сумма эффективных температур за период вегетации колебалась от 2200 до 2420 $^{\circ}\text{C}$.

Годовая сумма осадков составляла 441–708 мм, гидротермический коэффициент (ГТК) варьировал от 1,21 до 1,42. Наиболее благоприятными по ГТК были 2012 и 2015 гг.: достаточное увлажнение в апреле соответственно (ГТК = 1,92 и 1,52) и мае (ГТК = 1,19 и 1,75) позволили растениям хорошо раскуститься и сформировать запрограммированный уровень урожайности.

Полевые исследования проводили по общепринятой методике [64]. Нормы минеральных удобрений, применяемые в технологиях возделывания культур, рассчитывали балансовым методом [37].

Оценку сортов по основным хозяйственно-биологическим свойствам и качеству зерна проводили по методике государственного сортоиспытания. Аналитические испытания выполнены в Центре коллективного пользования приборным и научным оборудованием Брянского ГАУ по общепринятым методикам: рН_{KCl} – ионометрически (ГОСТ 24483-85), гумус – по Тюрину (ГОСТ 26213-74), содержание подвижного фосфора и обменного калия определяли из одной вытяжки по Кирсанову в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-84). Целлюлозолитическую активность почвы определяли по интенсивности разложения льняного полотна почвенными микроорганизмами методом аппликаций [65].

Концентрацию аминокислот в зерне пшеницы озимой определяли методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель 105» с программным обеспечением «Мультихром 1,5» для Windows. Общий азот (Нобщ.) определяли фотометрически индофенольным методом по ГОСТ-13496.4-93, содержание протеина рассчитывали по формуле $\text{Нобщ} \times 5,7$. Наттуру зерна определяли по ГОСТ 10840-6,4, содержание белка – ГОСТ 10846-74, сырую клейковину – ГОСТ 13586.1-68, число падения – на приборе ПЧП-3, показатели посевных качеств семян – по ГОСТу 12038-84.

Продуктивность и адаптивный потенциал сортов зерновых культур оцени-

вали по показателю «Урожайность» [66], а параметры экологической пластичности и стабильности сортов – по методике [67]. Фитосанитарную оценку состояния посевов проводили по общепринятым методикам НИИ защиты растений, засоренность посевов определяли количественно-весовым методом.

Результаты исследований и их обсуждение

В западной части Европейской России увеличение коэффициента использования ФАР посевами пшеницы озимой до 3 % обеспечивает формирование биологической урожайности зерна на уровне 10,8 т/га. Повышение этого показателя на каждые 0,5 % увеличивает урожайность зерна на 1,8 т/га.

Расчет аккумуляции солнечной энергии посевами пшеницы озимой в вариантах опыта № 1 по методике [68] дал следующие результаты (табл. 31).

Таблица 31 – **Аккумуляция солнечной энергии посевами пшеницы озимой при разных технологиях возделывания, среднее за 2013–2015 гг., кДж/га**

Варианты агротехнологий	Московская 56	Немчиновская 57
1. Высокоинтенсивная (N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + N ₃₀ + пестициды)	328,6	337,7
2. Интенсивная (N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + N ₃₀ + пестициды)	302,4	312,5
3. Традиционная (N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + пестициды)	284,3	297,4
4. Биологизированная (N ₀ P ₀ K ₀) – контроль	162,3	185,5

В среднем за 3 года исследований посевы пшеницы озимой сорта Немчиновская 57 аккумулировали больше солнечной энергии, чем посевы сорта Московская 56: вариант 1 – на 2,7 %; вариант 2 – на 3,2 %; вариант 3 – на 4,4 %; вариант 4 – на 12,5 % (табл. 30). Посевы пшеницы озимой обоих сортов наиболее эффективно (K_{ФАР} = 2,6–2,9 %) использовали солнечную энергию в варианте 1.

При возделывании пшеницы озимой по биологизированной технологии без применения минеральных удобрений коэффициент использования ФАР у сорта Московская 56 составил 1,4 %, а Немчиновская 57 – 1,6 % (табл. 32).

Таблица 32 – Коэффициенты использования ФАР посевами пшеницы озимой в зависимости от технологий возделывания

Варианты агротехнологий	Годы			Среднее
	2013	2014	2015	
Московская 56				
1. Высокоинтенсивная (N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + N ₃₀ + пестициды)	2,7	3,0	2,7	2,8
2. Интенсивная (N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + N ₃₀ + пестициды)	2,5	2,8	2,4	2,6
3. Традиционная (N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + пестициды)	2,3	2,6	2,3	2,4
4. Биологизированная (N ₀ P ₀ K ₀) – контроль	1,4	1,5	1,3	1,4
Немчиновская 57				
1. Высокоинтенсивная (N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + N ₃₀ + пестициды)	2,8	3,1	2,7	2,9
2. Интенсивная (N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + N ₃₀ + пестициды)	2,6	2,9	2,5	2,7
3. Традиционная (N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + пестициды)	2,4	2,8	2,4	2,5
4. Биологизированная (N ₀ P ₀ K ₀) – контроль	1,6	1,7	1,4	1,6

Применение минеральных удобрений совместно с пестицидами в интенсивных технологиях возделывания пшеницы озимой способствовало повышению коэффициента использования ФАР посевами до 2,9 %, что на 1,3 % выше, по сравнению с биологизированной технологией (табл. 32).

В среднем за 3 года исследований в вариантах биологизированной технологии содержание нитратного азота в почве составило 15,1 кг/га. Использование традиционной технологии увеличило этот показатель более чем в 4 раза (69,5 кг/га). Дополнительная подкормка N₃₀ позволила увеличить его в 4,6 раз по

сравнению с биологизированной технологией, а внесение большей стартовой дозы азота довело содержание нитратов в почве до 112,5 кг/га.

В фазу выхода в трубку более высокая обеспеченность азотом (14,7–18,5 кг/га) была в варианте 1, где суммарная норма его внесения составила 150 кг/га. В вариантах, где вносили минеральные удобрения, расход азота растениями составил в среднем 83 %, а в биологизированном – 31,9 %.

В фазу колошения содержание азота в почве резко сократилось, что указывает на интенсивное его потребление растениями. В варианте с биологизированной технологией содержание азота по отношению к первоначальному показателю составило 36,9 %, с традиционной технологией – 9,9 %, с интенсивной – 10,8 %, а с высокоинтенсивной – 7,1%.

Целлюлозная активность в варианте с биологизированной технологией через 30 дней помещения в почву ткани составила 7,1 %. При традиционной технологии этот показатель увеличился на 23 %, составив 8,7 % по сравнению к биологизированной технологией. Наибольшее разложение ткани наблюдалось в варианте с высокоинтенсивной технологией – 10,8 %, что на 52 % выше, чем с биологизированной. Таким образом, целлюлозоразлагающие микроорганизмы увеличивают свою активность при поступлении в почву минеральных удобрений (табл. 33).

Таблица 33 – Влияние агротехнологий на целлюлозолитическую активность серой лесной среднесуглинистой почвы в слое 0-10 см, среднее за 3 года

Варианты агротехнологий	Разложение льняной ткани, % к исходной массе	
	через 30 дней	через 60 дней
1. Высокоинтенсивная (N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + N ₃₀ + пестициды)	10,8	37,6
2. Интенсивная (N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + N ₃₀ + пестициды)	9,7	36,7
3. Традиционная (N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + пестициды)	8,7	36,2
4. Биологизированная (N ₀ P ₀ K ₀) – контроль	7,1	35,7

Через 60 дней интенсивность разложение ткани была средней, варианты по этому показателю различались незначительно (табл. 33).

Применение в технологии возделывания пшеницы озимой минеральных удобрений и гербицидов в фазу весеннего кушения обеспечило существенное снижение численности сорняков в среднем на 70 %. Наибольшее число сорных растений на момент первого учета было в варианте с высокоинтенсивной технологией – в среднем 132,3 шт./м².

В годы проведения исследований на посевах пшеницы озимой сорта Московская 39 одной из часто встречаемых болезней являлся септориоз. Эта болезнь поражала 14–17 % посевов при высокоинтенсивной технологии.

Средняя урожайность зерна за годы исследований во всех вариантах технологий у сорта Немчиновская 57 была выше, чем у сорта Московская 56. В вариантах с биологизированной технологией у сорта Немчиновская 57 урожайность была выше на 12,4 % (0,35 т/га), в вариантах с традиционной технологией – на 4,9 % (0,24 т/га), в вариантах с интенсивной технологией разница между сортами составила 3,3 % (0,18 т/га), а в высокоинтенсивной – 1,9 % (0,11 т/га). Наибольшая разница в урожайности зерна между сортами была в вариантах с биологизированной технологией. При высокоинтенсивной технологии этот показатель был практически одинаковый, соответственно 515 и 513 шт/м². Масса зерна в одном колосе у сорта Немчиновская 57 на варианте с биологизированной технологией была выше, чем у сорта Московская 56, на 0,05 г. В остальных вариантах масса была практически одинакова (табл. 34).

Содержание белка в зерне пшеницы озимой в зависимости от применяемых технологий составило: высокоинтенсивная – 14,1 %, интенсивная – 13,8 %, традиционная – 13,3 %, биологизированная – 11,3 %. Содержание сырой клейковины находилось на уровне: высокоинтенсивная – 30,3 %, интенсивная – 29,6 %, традиционная – 28,5 %, биологизированная – 24,1 %.

В среднем за 3 года исследований в варианте с традиционной технологией прибавка протеина и сырой клейковины в зерне изучаемых сортов составила соответственно 17,4 % и 17,0 % по сравнению с биологизированной технологией.

Интенсивная технология обеспечила прибавку этих показателей соответственно 21,7 % и 21,6 % относительно контроля, а по сравнению с традиционной технологией – соответственно 3,7 % и 3,8 % (табл. 35).

Таблица 34 – Урожайность зерна сортов пшеницы озимой, т/га

Варианты агротехнологий (фактор В)	Урожайность				
	фактическая				средняя биологи- ческая
	2013 г.	2014 г.	2015 г.	средняя	
Сорт (фактор А) Московская 56					
1. Высокоинтенсивная (N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + N ₃₀ + + пестициды)	5,75	6,36	5,58	5,90	6,13
2. Интенсивная (N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + N ₃₀ + + пестициды)	5,27	5,83	5,10	5,40	5,62
3. Традиционная (N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + + пестициды)	4,71	5,40	4,64	4,92	5,13
4. Биологизированная (N ₀ P ₀ K ₀) – контроль	2,84	3,01	2,61	2,82	2,99
Немчиновская 57					
1. Высокоинтенсивная (N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + N ₃₀ + + пестициды)	5,89	6,48	5,65	6,01	6,25
2. Интенсивная (N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + N ₃₀ + + пестициды)	5,43	6,06	5,25	5,58	5,81
3. Традиционная (N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + + пестициды)	4,87	5,69	4,92	5,16	5,38
4. Биологизированная (N ₀ P ₀ K ₀) – контроль	3,20	3,35	2,95	3,17	3,35
НСР ₀₅ (фактор А)				0,46	0,34
НСР ₀₅ (факторы В, АВ)				0,33	0,48

Неотъемлемым показателем качества зерна, пригодного для изготовления муки, является число падения. У изучаемых сортов этот показатель находился в пределах от 208 до 219 с, что соответствует товарному зерну 1-го и 2-го класса (табл. 35).

Таблица 35 – Содержание сырой клейковины и число падения зерна

пшеницы озимой

Варианты агротехнологий (фактор В)	Содержание сырой клейковины в зерне, %				Число паде- ния, с
	2013 г.	2014 г.	2015 г.	среднее за 3 года	
Сорт (фактор А) Московская 56					
1. Высокоинтенсивная (N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + N ₃₀ + + пестициды)	28,9	32,9	29,6	30,5	218
2. Интенсивная (N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + N ₃₀ + + пестициды)	28,2	32,5	28,7	29,8	217
3. Традиционная (N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + + пестициды)	28,0	29,9	28,0	28,6	217
4. Биологизированная (N ₀ P ₀ K ₀) – контроль	23,6	25,2	23,7	24,2	208
Немчиновская 57					
1. Высокоинтенсивная (N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + N ₃₀ + + пестициды)	29,0	33,1	29,9	30,7	219
2. Интенсивная (N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + N ₃₀ + + пестициды)	28,4	32,6	29,0	30,0	217
3. Традиционная (N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + + пестициды)	28,2	30,3	28,2	28,9	218
4. Биологизированная (N ₀ P ₀ K ₀) – контроль	24,1	25,8	24,1	24,7	208
НСР ₀₅ (фактор А)				2,14	-
НСР ₀₅ (факторы В, АВ)				1,51	-

В зерне пшеницы озимой сорта Московская 56 в высокоинтенсивной технологии накапливалось анализируемых аминокислот 8,28 г/100 г сухого вещества, в том числе незаменимых – 4,87 г/100 г сухого вещества. В биологизированной технологии эти показатели составили соответственно 8,45 и 4,87 г/100 г сухого вещества. Общая сумма аминокислот в биологизированной технологии на 2 % выше, чем в интенсивной технологии, а количество незаменимых аминокислот на 3 % меньше (табл. 36).

Таблица 36 – Содержание аминокислот в зерне пшеницы озимой сорта Московская 56, г/100 г сухого вещества

Аминокислоты	Варианты агротехнологий			
	высокоинтенсивная	интенсивная	традиционная	биологизированная
Аргинин (Arg)*	0,92	0,93	0,87	0,72
Валин (Val)*	0,56	0,55	0,58	0,59
Гистидин (His)*	0,29	0,22	0,22	0,26
Лейцин (Leu)+ (ile)*	1,49	1,26	1,25	1,55
Лизин (Lys)*	0,32	0,39	0,34	0,32
Метеонин (Met)*	0,06	0,14	0,12	0,12
Треонин (Thr)*	0,56	0,57	0,51	0,54
Фенилаланин (Phe)*	0,67	0,60	0,67	0,62
Аланин (Ala)	0,51	0,51	0,43	0,51
Глицин (Gly)	0,58	0,53	0,56	0,63
Пролин (Pro)	1,35	1,36	1,38	1,61
Серин (Ser)	0,59	0,68	0,61	0,63
Тирозин (Tyr)	0,38	0,33	0,32	0,35
<i>Всего незаменимых*</i>	<i>4,87</i>	<i>4,66</i>	<i>4,56</i>	<i>4,72</i>
<i>Общая сумма:</i>	<i>8,28</i>	<i>8,07</i>	<i>7,86</i>	<i>8,45</i>

В зерне пшеницы озимой больше всего содержалось таких биогенных макроэлементов, как калий (3100–3700 мг/кг), фосфор (3100–3300 мг/кг), сера (1500 мг/кг), магний (840–1000 мг/кг), кальций (400–510 мг/кг). Зерно, полученное по высокоинтенсивной технологии, отличалось наибольшим содержанием всех рассматриваемых макроэлементов (табл. 37).

Таблица 37 – Содержание биогенных макроэлементов в зерне пшеницы озимой, мг/кг

Варианты агротехнологий	Макроэлементы							
	Na	Mg	P	S	K	Ca	Si	Fe
1. Высокоинтенсивная (N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + N ₃₀ + + пестициды)	10,0	1000	3300	1500	3700	490	32	47
2. Интенсивная (N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + N ₃₀ + + пестициды)	9,6	980	3300	1500	3400	460	25	47
3. Традиционная (N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + + пестициды)	9,3	910	3100	1500	3100	510	20	53
4. Биологизированная (N ₀ P ₀ K ₀) – контроль	9,2	840	3100	1500	3100	400	24	43

Наблюдались различия в накоплении отдельных микроэлементов, кроме селена и кобальта, содержание которых количественно слабо улавливалось современными приборами. Отмечен наибольший вынос с урожаем зерна таких микроэлементов, как магний, цинк, барий, титан, никель, медь. Их содержание увеличивалось пропорционально количеству внесенных удобрений (табл. 38).

Таблица 38 – Содержание биогенных микроэлементов в зерне пшеницы озимой, мг/кг

Варианты агротехнологий	Микроэлементы									
	B	Mn	Ti	Co	Ni	Cu	Zn	Se	Mo	Ba
1. Высокоинтенсивная (N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + N ₃₀ + пестициды)	0,8	45	9,8	0,038	5,9	3,7	20	0,1	0,34	11,0
2. Интенсивная (N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + N ₃₀ + пестициды)	0,8	38	9,5	0,027	4,4	3,5	18	0,1	0,29	9,3
3. Традиционная (N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + пестициды)	0,8	35	8,4	0,021	1,9	3,2	18	0,1	0,28	8,9
4. Биологизированная (N ₀ P ₀ K ₀) – контроль	0,8	31	6,3	0,013	0,9	3,1	17	0,1	0,27	6,4

В зерне пшеницы озимой отмечено невысокое содержание таких токсичных химических элементов, как алюминий, стронций, цезий, кадмий, свинец, мышьяк и ртуть. В полевых опытах их содержание увеличивалось с внесением доз удобрений. Наименьшее их количество отмечено на варианте с биологизированной технологией (табл. 39).

Таблица 39 – Содержание токсичных химических элементов в зерне пшеницы озимой, мг/кг

Варианты агротехнологий	Токсичные элементы						
	Al	Cd	As	Hg	Pb	Sr	Cs
1. Высокоинтенсивная (N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + N ₃₀ + пестициды)	11,0	0,044	0,03	0,005	0,03	4,5	0,0026
2. Интенсивная (N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + N ₃₀ + пестициды)	9,2	0,041	0,03	0,005	0,03	3,9	0,0023
3. Традиционная (N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ + пестициды)	8,2	0,039	0,03	0,005	0,03	3,7	0,0022
4. Биологизированная (N ₀ P ₀ K ₀)	6,8	0,036	0,03	0,005	0,03	3,3	0,0021
Максимально допустимый уровень (МДУ)	-	0,100	0,20	0,030	0,50	-	-

Изучение комплекса адаптивных свойств пшеницы озимой показало, что исследуемые сорта различаются по пластичности и стабильности в условиях Стародубского ГСУ и Дубровского ГСУ Брянской области (рис. 10, 11).

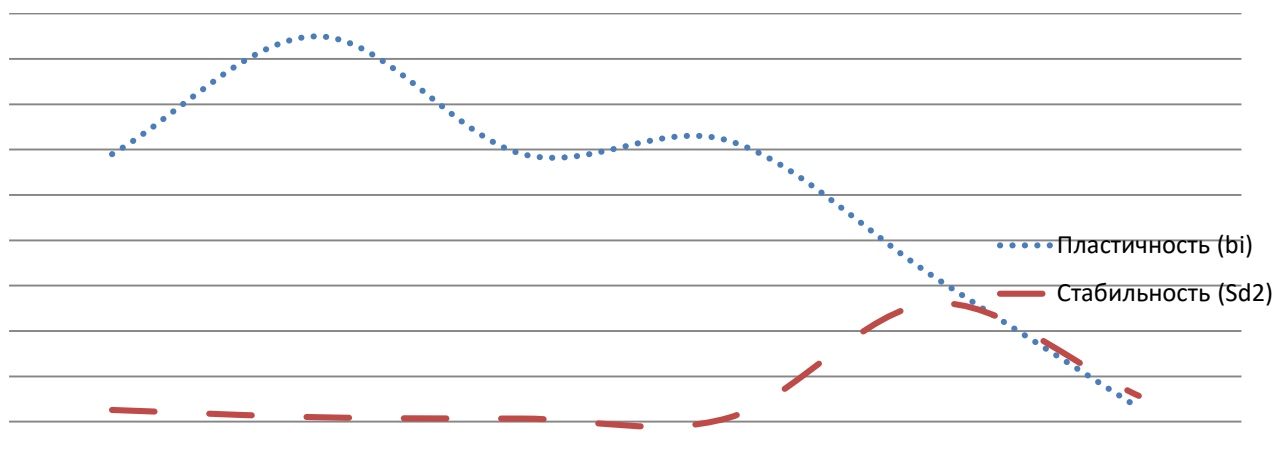


Рисунок 10 – Пластичность и стабильность сортов пшеницы озимой в условиях Стародубского ГСУ

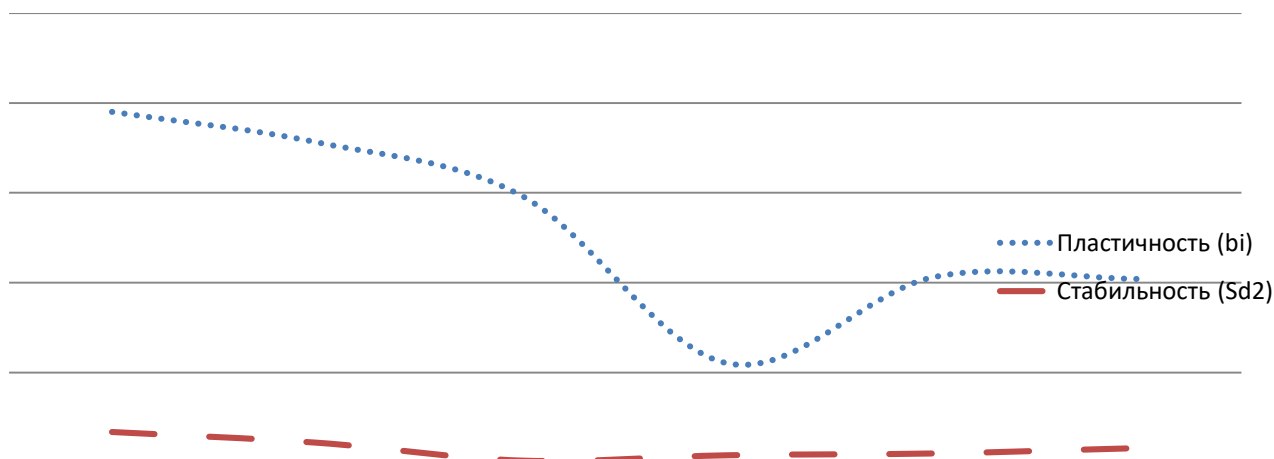


Рисунок 11 – Пластичность и стабильность сортов пшеницы озимой в условиях Дубровского ГСУ

Экономическая оценка технологий возделывания пшеницы озимой показала, что высокорентабельным (134,81 %) является производство зерна по мало-затратной биологизированной технологии, обеспечившей чистый доход – 14,96 тыс. руб./га при цене реализации зерна 8 руб./кг. Традиционная и интенсивная технологии обеспечили уровень рентабельности производства зерна соответственно 74,80–79,08 %, при условно чистом доходе 22,08 и 24,64 тыс. руб./га.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ

Н.С. Шпилев, В.Е. Ториков

По мнению новосибирских ученых [69] в связи с необходимостью анализа фенотипических характеристик в широкомасштабных генетических и селекционных экспериментах у растений бурное развитие получила феномика – область науки на стыке биологии и информатики, которая решает задачи быстрой, точной оценки фенотипа растений.

Еще более полное определение данному термину дано Википедией: «Феномика – функциональное направление генетики, посвященное изучению фенотипа, представляющего набор фенотипических черт индивида в виде норм реакции системы его организма. Феном описывается структурой органов и систем живых организмов, учитывающей направленность их взаимодействия между собой на уровне функциональной активности в процессе адаптации к воздействию внешней среды». Фенотип, как отражение генотипа, определяется по конкретным признакам и свойствам, поэтому чрезвычайно важно не путать эти объективные критерии.

К сожалению, в словаре терминов [70] нет однозначного подхода, который бы не допускал возможности искажения. По их мнению, признак – особенность или черта строения организма, единица морфологической дискретности его. Признак растений определяется путем глазомерной оценки, взвешивания или измерения. К ним относят: высоту растения; толщину стебля; число междоузлий; величину колоса, метелки; крупность зерна; форму клубня, корнеплода, плода; наличие опушения, остей; окраска семян, плодов и т. п. Развитие признака у организмов определяется взаимодействием гена, непосредственно его контролирующего с неаллельными генами и внешней средой. Анализ вышеизложенного не позволяет различать признаки и свойства.

Цель исследований – обеспечить однозначную трактовку понятий признаков и свойств, а также их использования в работе.

Условия и методика проведения исследований. Под признаками понимаем морфологические особенности растений, которые, как правило, контролируются одним геном, а главное, не подвержены ненаследственной изменчивости, как фенотипической, так и модификационной. Под фенотипической изменчивостью мы понимаем изменения, вызванные внешними факторами независимо от происхождения последних и проявляющиеся в год действия фактора. Так, например, сортовые признаки пшеницы включают в себя форму колоса, форму колосковой чешуи, плечо колосковой чешуи, килевой зубец (форма и размер) колосковой чешуи, форму зерновки.

Перечисленные особенности растений не изменяются в зависимости от технологии их возделывания и почвенно-климатических условий, поэтому они служат в качестве критерия определения принадлежности к тому или иному сорту. Поэтому такие признаки используются для определения сортовой чистоты при поведении полевой апробации семеноводческих посевов пшеницы.

У других сельскохозяйственных культур имеются конкретные сортовые признаки, присущие каждой культуре, но обязательно соответствующие единому требованию – не быть подверженными фенотипической и модификационной изменчивости. Под модификационной изменчивостью понимаем реакцию генотипа на условия произрастания, проявляющиеся на второй год после действия фактора [70].

По мнению некоторых авторов [68] свойства растений – это их физиологические, биохимические и технологические особенности: степень засухоустойчивости, морозостойкости и зимостойкости; устойчивость к болезням и вредителям; отзывчивость на применение удобрений и орошение; количественное и качественное содержание различных веществ (белок, крахмал, сахар и др.), различные технологические характеристики.

Свойства растений и признаки – порой трудно разграничиваемые понятия. Поэтому следует подчеркнуть, что свойства растений – это их характеристики более широкого плана, составляемые большей частью по комплексу отдельных параметров.

Если признаки и свойства – это особенности растений, то какие есть основания разделять эти понятия на две принципиально различающиеся группы. Как было отмечено, отсутствие четких критериев, указывающих на принадлежность конкретной особенности растений к признакам и свойствам, приводит к путанице этих понятий в литературе [71] и не позволяет иметь единое мнение о происходящих процессах и способах управления ими.

Самым главным критерием для признака является то, что он не подвержен ненаследственной фенотипической и модификационной изменчивости. Свойства подвержены как фенотипической, так и модификационной изменчивости. При этом фенотипическая изменчивость проявляется в год действия фактора, а модификационная – на следующий год после действия фактора, вызвавшего не наследственные изменения.

Такой подход позволяет использовать индивидуальную фенотипическую изменчивость сорта, как теоретическую основу для разработки сортовых технологий с целью получения товарной продукции, а модификационную изменчивость – для разработки сортовых технологий возделывания зерновых культур с целью использования полученного урожая на семенные цели.

В 2017–2020 гг. полевые исследования проводили на серой лесной почве опытной станции Брянского ГАУ. Предшественником для посева пшеницы мягкой озимой (*Triticum aestivum* L.) служили однолетние травы (вико-овсяная смесь). Азофоску (нитроаммофоску) NPK 16:16:16 вносили под основную обработку почвы в зависимости от вариантов из расчета 20, 40, 60, 80, 100, 120 кг действующего вещества на 1 га. Площадь делянок составляла три метра квадратных, повторность трехкратная. Посевы проводили в оптимальные сроки до 10 сентября, используя семена первой репродукции, первого класса посевного стандарта наиболее распространенных в Брянской области сортов Московская 39 и Московская 56, различающихся по основным биологическим показателям. Для оценки изучаемых сортов проводили учет биологической урожайности по анализу 100 стеблей со средней части делянки для устранения возможного влияния краевого эффекта.

Московская 39 – создана в НИИСХ Центральные районы Нечерноземной зоны в результате индивидуального отбора из гибридной популяции (Обрий × Янтарная 50). Сорт включен в Госреестр по Центральному (3) региону. Разновидность эритроспермум. Куст промежуточный. Соломина полая, средней толщины, опушение верхнего узла слабое, восковой налет на верхнем междоузлии от среднего до слабого. Флаговый лист имеет восковой налет на влагалище и нижней стороне листовой пластинки от среднего до сильного. Антоциановая окраска ушек очень слабая. Колос веретеновидный, белый, средней плотности, восковой налет средний. Ости белые, прямые, длина 5–6 см. Колосковая чешуя овально-яйцевидная, средней длины и ширины, нервация выражена слабо. Зубец заостренный, плечо прямое, средней ширины, киль сильно выражен. Зерно средней крупности, красное, удлинено-яйцевидной формы, основание зерна голое, хохолок короткий, бороздка средняя. Масса 1000 зерен 34–42 г. Средняя урожайность по Центральному региону – 2,86 т/га, на 0,10 т/га ниже среднего стандарта. Максимальная урожайность – 5,94 т/га получена в Тульской области. Среднеспелый. Вегетационный период 305–308 дней, на уровне стандарта. Зимостойкость на уровне стандартного сорта Березина. Высота растений 91–100 см. По устойчивости к полеганию незначительно превышает стандарт. Основное достоинство сорта – высокие хлебопекарные качества. Ценная пшеница. Сорт устойчив к пыльной, твердой головне и септориозу, восприимчив к бурой ржавчине и мучнистой росе. Требуются фунгицидные обработки посевов в период вегетации по рекомендации службы защиты растений.

Московская 56 – создана в НИИСХ Центральные районы Нечерноземной зоны в результате индивидуального отбора из гибридной популяции (Мироновская полуинтенсивная × Инна) × Московская 39. Сорт включен в Госреестр по Центральному (3) региону. Разновидность эритроспермум. Куст полупрямостоячий. Растение среднерослое. Восковой налет на влагалище флагового листа средний, на верхнем междоузлии средний – сильный, на колосе отсутствует или очень слабый. Колос полубулавовидный, рыхлый – средней плотности, белый, короткий – средней длины. Ости на конце колоса средней длины. Опушение верхушечного сегмента оси колоса с выпуклой стороны слабое. Плечо приподнятое,

узкое – средней ширины. Зубец умеренно изогнутый, средней длины. Нижняя колосковая чешуя на внутренней стороне имеет очень слабое опушение. Зерновка окрашенная. Масса 1000 зерен 40–49 г. Средняя урожайность в Центральном регионе – 3,22 т/га. Максимальная урожайность 6,60 т/га получена в Московской области в 2007 г. Среднеспелый. Вегетационный период 294–328 дней. Созревает в сроки, близкие к стандартам Памяти Федина, Инна, Московская 70. Зимостойкость повышенная, на уровне Мироновской 808. Высота растений 74–103 см. По устойчивости к полеганию и засухоустойчивости на уровне сорта Московская 39. Хлебопекарные качества хорошие. Ценная пшеница. Восприимчив к снежной плесени. В полевых условиях септориозом поражается слабо, как и стандарт Памяти Федина, бурой ржавчиной – средне, выше стандарта Инна, мучнистой росой – средне, ниже стандарта Памяти Федина.

Результаты исследований и их обсуждение

Минеральные удобрения в дозе 20 кг действующего вещества азота, фосфора и калия существенно не изменяли внешние показатели растений возделываемых сортов. Внесение $N_{60}P_{60}K_{60}$ и дальнейшее увеличение дозы вызывало реакцию растений, определяемую визуально, она была прямо пропорциональна дозе и начинала проявляться в зависимости от изучаемого показателя.

Увеличение продолжительности вегетационного периода растений обоих сортов наблюдали при $N_{80}P_{80}K_{80}$, на третий-четвертый день этот показатель достигал максимального значения при внесении $N_{120}P_{120}K_{120}$. Увеличение продолжительности общего вегетационного периода происходило в основном за счет фазы колошение-восковая спелость.

Агроклиматические условия периодов вегетации 2018–2020 гг. были благоприятными, поэтому влияние вносимых удобрений на перезимовку растений не наблюдали. Не воздействовали они и на степень проявления основных болезней растений пшеницы. Внесение $N_{40}P_{40}K_{40}$ и больше, оказывало существенное влияние на рост урожайности сортов пшеницы озимой (табл. 40).

Таблица 40 – Влияние удобрений на урожайность пшеницы озимой (т/га)

2018 г.							2019 г.						
N ₀ P ₀ K ₀	N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	N ₀ P ₀ K ₀	N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
Московская 39													
3,88	4,68	5,24	5,89	7,13	8,47	8,59	4,06	4,86	5,42	5,96	7,26	7,72	7,38
Московская 56													
3,72	4,89	5,67	6,46	7,36	8,84	8,96	3,92	4,92	5,79	6,48	7,66	9,12	9,45
Среднее по двум сортам													
3,80	4,78	5,45	6,17	7,24	8,65	8,77	3,99	4,89	5,60	6,22	7,46	8,42	8,41
НСР _{0,05}													
0,31	0,45	0,17	0,24	0,08	0,12	0,18	0,19	0,15	0,17	0,36	0,23	0,26	0,18

По степени роста показателей элементы структуры урожайности располагались в такой последовательности: 1) густота стебля; 2) масса 1000 семян; 3) число колосков в колосе.

Увеличение дозы удобрений способствовало росту урожайности зерна сорта Московская 56. В 2019 г. при N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ урожайности сорта Московская 39 уменьшилась из-за полегаемости в фазе налива зерна (табл. 40).

Семена сорта Московская 56 улучшались от применения возрастающих доз удобрений начиная с N₄₀P₄₀K₄₀. Дозы более N₈₀P₈₀K₈₀ снижали урожайные свойства семян сорта Московская 39 (табл. 41).

Таблица 41 – Урожайные свойства семян сортов пшеницы озимой в зависимости от вносимых удобрений (т/га)

2019 г.							2020 г.						
N ₀ P ₀ K ₀	N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	N ₀ P ₀ K ₀	N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
Московская 39													
4,00	4,03	4,04	4,33	4,49	4,39	4,35	3,97	4,06	4,20	4,45	4,62	4,50	4,47
Московская 56													
3,94	4,08	4,23	4,47	4,78	4,71	4,75	4,03	4,27	4,28	4,64	4,74	4,76	4,78
Среднее по двум сортам													
3,97	4,05	4,13	4,40	4,63	4,55	4,55	4,00	4,16	4,24	4,54	4,68	4,68	4,62
НСР _{0,05}													
0,05	0,30	0,10	0,06	0,15	0,12	0,16	0,19	0,20	0,02	0,14	0,10	0,11	0,14

Итак, проявление фенотипической и модификационной изменчивости в зависимости от используемой технологии возделывания пшеницы озимой имеет не только общую тенденцию изменения, но и сортовую специфику.

Отличительная особенность признаков и свойств заключается в том, что признаки не подвержены фенотипической и модификационной изменчивости.

Степень фенотипической изменчивости сортов пшеницы озимой мягкой необходимо использовать как теоретическую основу для разработки технологии их возделывания с целью получения товарной продукции.

Модификационная изменчивость должна быть использована как теоретическая основа для разработки сортовой технологии с целью получения семян.

Сельскохозяйственным производителям, имеющим возможность возделывать пшеницу озимую по интенсивной технологии, целесообразно использовать интенсивные сорта Московская 39, Московская 56. Следует учитывать, что доза удобрений $N_{120}P_{120}K_{120}$ не повышают урожайные свойства их семян.

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

О.В. Мельникова, В.Е. Ториков

Тритикале (*Triticosecale*) – зерновая культура, обладающая высокими адаптивными свойствами, стабильно формирующая высокие урожаи качественного зерна в разные по погодным условиям годы. Однако до сих пор технология возделывания этой культуры изучена недостаточно. Разработка и уточнение отдельных элементов технологии возделывания, максимальное согласование их с биологическими требованиями культуры и индивидуальный подход к каждому сорту позволяет полностью раскрыть потенциал тритикале. В связи с изменением агроклиматических условий, остро стоит проблема выбора оптимальных сроков посева тритикале озимой и правильного применения удобрений [72].

Цель исследований – изучить влияние основных технологических приемов на урожайность и качество зерна тритикале озимой при возделывании в западной части Европейской России.

Условия и методика проведения исследований. Работу выполняли в стационарном полевом опыте Брянского ГАУ (табл. 42).

Таблица 42 – Схема опыта с тритикале озимой

Сроки посева (фактор А)	Минеральное питание и пестициды (фактор В)
25 августа	1. $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30(\text{весной})} + N_{30(\text{выход в трубку})} + П^*$
	2. $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30(\text{весной})} + П$
	3. $N_{60}P_{60}K_{60} + П$
	4. $N_0P_0K_0$ (контроль)
5 сентября	1. $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30(\text{весной})} + N_{30(\text{выход в трубку})} + П$
	2. $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30(\text{весной})} + П$
	3. $N_{60}P_{60}K_{60} + П$
	4. $N_0P_0K_0$ (контроль)
15 сентября	5. $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30(\text{весной})} + N_{30(\text{выход в трубку})} + П$
	6. $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30(\text{весной})} + П$
	7. $N_{60}P_{60}K_{60} + П$
	8. $N_0P_0K_0$ (контроль)

П* – пестициды в технологии возделывания (Фундазол (0,5 кг/га),
Балерина (0,3 л/га) + Магнум (5 г/га).

Фоны питания растений сочетали со средствами защиты растений. Первый фон предусматривал внесение азофоски (16:16:16) в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ под предпосевную культивацию и проведение двух азотных подкормок аммиачной селитрой (34,5 % д. в.): первая N_{30} – при возобновлении весенней вегетации, вторая N_{30} – в фазу выхода растений в трубку. Вторым фон исключал проведение второй азотной подкормки. Третий фон – только внесение азофоски в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ под предпосевную культивацию без азотных подкормок. Четвертый фон (контроль) – без применения минеральных удобрений и средств химизации. Система защиты растений включала применение пестицидов на первом, втором и третьем фонах питания растений: с осени Фундазол (0,5 кг/га), весной в фазу кущения – смеси гербицидов Балерина (0,3 л/га) + Магнум (5 г/га).

Технология возделывания тритикале озимой была общепринятой для озимых зерновых культур в Брянской области. Предшественник – однолетние бобово-злаковые травы. Основная обработка почвы состояла из лущения ЛДГ-10, через две недели пахали ПЛН- 4-35 на глубину 23–25 см. Перед посевом культивировали комбинированным агрегатом РВК-3,6. Посев тритикале озимой проводили сеялкой СЗ-3,6 на глубину 4-5 см. Норма высева – 6 млн. шт./га всхожих семян. Уход за посевами включал прикатывание, боронование, подкормки, обработку пестицидами против сорняков и болезней. Уборку проводили зерноуборочным комбайном «Сампо-500» в фазу полной спелости зерна.

Погодные условия 2011–2014 гг. были типичными для региона (см. гл. 1) с некоторыми особенностями. Средняя температура воздуха с апреля по август была немного выше среднемноголетних значений. Наиболее жаркими месяцами традиционно являются июнь (среднесуточная температура варьировала от 16,5 до 19,6 °С) и июль (от 19,1 до 22,1 °С). Однако эти показатели не выходили за пределы оптимальных параметров для роста и развития тритикале озимой.

В 2011 г. период посева тритикале озимой (начало эксперимента) был влажным. В 2012 г. по всем месяцам вегетационного периода выпадало достаточное количество осадков (359 мм), гидротермический коэффициент (ГТК = 1,50) характеризует год как влажный. Вегетационный период 2013 г. по сумме атмосферных осадков с апреля по август (304,6 мм) находился на уровне среднемноголетней нормы. Однако в апреле и в августе отмечался некоторый дефицит осадков, который был компенсирован с мая по июль. В целом, 2013 г. характеризовался как слабозасушливый (ГТК = 1,21). Более засушливым был вегетационный период 2014 г. (299 мм с апреля по август). Отмечалось избыточное увлажнение в мае (92,3 мм), далее была июньская засуха, когда выпало 25,1 мм осадков при среднемноголетней норме 65 мм. В целом ГТК = 1,21 характеризует год как слабозасушливый.

Тритикале озимую возделывали на серой лесной среднесуглинистой почве, сформированной на лёссовидном карбонатном суглинке. Содержание органического вещества 3,4–3,6 % (по Тюрину), $pH_{\text{сол}}$ 5,4–5,8, содержание подвижных форм фосфора и обменного калия (по Кирсанову) соответственно 285–296 и 198

–221 мг/кг почвы.

Полевой опыт проводили по общепринятой методике [64].

В почве определяли pH_{KCl} ионометрически (ГОСТ 24483-84), содержание P_2O_5 и K_2O – по Кирсанову (ГОСТ 26207-84), содержание гумуса – по Тюрину (ГОСТ 26212), сумму поглощенных оснований – по Каппену-Гильковицу.

Учет густоты стояния растений в посевах тритикале озимой проводили по методикам государственного сортоиспытания дважды: в фазу полных всходов и перед уборкой урожая, с расчетом показателей структуры посевов.

Основные показатели структуры урожая определяли по методике государственного сортоиспытания: массу 1000 зерен – ГОСТ 12042-80, натурную массу зерна – ГОСТ 10840-64, содержание сырой клейковины – ГОСТ 13586.1-68.

Урожайность тритикале озимой учитывали со всей учетной площади делянки, зерно приводили к стандартной влажности (14 %).

Биохимический анализ зерна проводили в Центре коллективного пользования научным и приборным оборудованием Брянского ГАУ по следующим методикам: общий азот – индофенольным методом (ГОСТ-13496.4-93), сырой протеин – рассчитывали $N_{общ.} \times 5,7$, концентрацию аминокислот – методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель 105» с программным обеспечением «Мультихром 1,5» для Windows.

Методом капиллярного электрофореза в зерне тритикале озимой было определено содержание 14-ти аминокислот, в том числе: незаменимых: аргинина (Arg), валина (Val), гистидина (His), лейцина (Leu)+изолейцина (Ile), лизина (Lys), метеонина (Met), треонина (Thr), фенилаланина (Phe); заменимых: аланина (Ala), глицина (Gly), пролина (Pro), серина (Ser), тирозина (Tyr).

Результаты исследований и их обсуждение

Наиболее высокая урожайность зерна тритикале озимой по фактору А была при посеве 5 сентября, а по фактору В – в $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+N_{30}+П$. Влияние минеральных удобрений и пестицидов на величину урожайности было существенным при всех сроках посева. Тенденция возрастания урожайности напрямую связана

с применением в опыте азотных подкормок. Исключение одной азотной подкормки снижало урожайность на 3,1–9,8 % (табл. 43).

Таблица 43 – Урожайность зерна тритикале озимой (т/га) в зависимости от сроков посева (фактор А), норм минерального питания и пестицидов (фактор В)

Нормы NPK и пестициды	Годы			Среднее
	2012	2013	2014	
Срок посева 25 августа				
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + N_{30} + П$	5,54	4,64	5,85	5,34
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + П$	4,99	3,92	5,67	4,86
$N_{60}P_{60}K_{60} + П$	4,75	3,73	4,69	4,39
$N_0P_0K_0$ – контроль	3,62	2,98	4,37	3,65
Срок посева 5 сентября				
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + N_{30} + П$	5,81	4,07	6,76	5,54
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + П$	5,47	3,59	6,50	5,19
$N_{60}P_{60}K_{60} + П$	5,00	3,15	5,95	4,70
$N_0P_0K_0$ – контроль	3,86	2,65	5,27	3,93
Срок посева 15 сентября				
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + N_{30} + П$	4,47	3,18	5,29	4,31
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + П$	4,62	2,93	5,00	4,18
$N_{60}P_{60}K_{60} + П$	4,14	2,73	4,60	3,82
$N_0P_0K_0$ – контроль	3,29	2,41	4,04	3,25
НСР ₀₅ (фактор А) = 0,29; НСР ₀₅ (фактор В) = 0,34				

При возделывании озимой тритикале производителю следует добиваться не только большого урожая, но и высокого качества зерна. Такие показатели, как масса 1000 зерен, натура зерна, содержание клейковины и ее качество очень значимы для его использования.

Масса 1000 зерен в граммах характеризует величину зерна, его крупность. При равном размере большая масса 1000 зерен свидетельствует о большем запасе в зерне питательных веществ. Зерно и семена с большей массой 1000 зерен имеют лучшие технологические свойства – большой выход готовой продукции.

В полевом опыте установлено, что применение минеральных удобрений в нормах $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + N_{30} + П$ и $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + П$ способствовало достоверному повышению массы 1000 зерен на 3,53–3,94 г при сроках посева 25 августа и

5 сентября. Наибольшую массу 1000 зерен (51, 61 г) обеспечил самый ранний посев тритикале в варианте $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+N_{30}+П$. Значительное снижение этого показателя (на 3,53 г) отмечено на контрольных вариантах (табл. 44).

Таблица 44 – Масса 1000 зерен тритикале озимой (г) в зависимости от сроков посева (фактор А), норм минерального питания и пестицидов (фактор В)

Нормы NPK и пестициды	Годы			Среднее
	2012	2013	2014	
Срок посева 25 августа				
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + N_{30} + П$	48,48	46,55	59,79	51,61
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + П$	46,87	45,76	58,37	50,33
$N_{60}P_{60}K_{60} + П$	46,07	44,11	57,00	49,06
$N_0P_0K_0$ – контроль	43,61	42,50	56,29	47,67
Срок посева 5 сентября				
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + N_{30} + П$	47,53	41,32	60,89	49,91
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + П$	47,70	40,61	58,62	48,97
$N_{60}P_{60}K_{60} + П$	45,73	41,00	57,44	48,05
$N_0P_0K_0$ – контроль	43,10	40,60	55,45	46,38
Срок посева 15 сентября				
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + N_{30} + П$	46,47	41,22	60,32	49,33
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + П$	49,68	39,93	61,03	50,21
$N_{60}P_{60}K_{60} + П$	46,69	39,92	58,68	48,43
$N_0P_0K_0$ – контроль	45,58	38,98	58,10	47,55
НСР ₀₅ (факт. А)				1,46
НСР ₀₅ (факт. В и АВ)				1,69
НСР ₀₅ (част.)				2,92

Натура зерна характеризует его выполненность и крупность. Она тесно связана с выходом муки, который, как правило, выше у крупнозерных сортов. При одинаковом размере семян большая натура характеризует плотность внутренней структуры и определяет запас содержащихся питательных веществ, от чего во многом зависят посевные свойства.

Применение минеральных удобрений и пестицидов положительно влияло на массу зерна тритикале озимой: 686–704 г/л, а в контрольных вариантах этот показатель снижался на 7–15 г/л. При сроке посева 15 сентября масса зерна снижалась на 9,0–15,0 г/л по сравнению с сроком посева 25 августа (табл. 45).

Таблица 45 – **Масса зерна тритикале озимой (г/л) в зависимости от сроков посева (фактор А), норм минерального питания и пестицидов (фактор В)**

Нормы NPK и пестициды	Годы			Среднее
	2012	2013	2014	
Срок посева 25 августа				
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀ +N ₃₀ +П	703	656	752	704
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀ +П	703	652	739	698
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +П	701	654	737	697
N ₀ P ₀ K ₀ – контроль	699	641	730	690
Срок посева 5 сентября				
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀ +N ₃₀ +П	698	653	739	697
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀ +П	703	637	735	692
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +П	695	636	740	690
N ₀ P ₀ K ₀ – контроль	694	626	733	684
Срок посева 15 сентября				
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀ +N ₃₀ +П	695	644	745	695
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀ +П	699	637	727	688
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +П	694	628	736	686
N ₀ P ₀ K ₀ – контроль	689	609	728	675
НСР ₀₅ (факт. А)				5,76
НСР ₀₅ (факт. В и АВ)				6,65
НСР ₀₅ (част.)				11,52

Клейковина представляет собой сложный белковый комплекс, состоящий в основном из двух белков – глиадина и глютеина. От качества клейковины зависят физические свойства теста: эластичность, упругость, растяжимость. Следует иметь в виду, что все эти показатели зависят как от качества, так и от количества клейковины.

В полевом опыте сентябрьские сроки посева имели тенденцию повышения содержания клейковины в зерне тритикале. Этот показатель был наибольшим (16,9–21,2 %) при посеве 5 сентября независимо от фактора В. По всем срокам

посева наибольшее содержанием клейковины в зерне (17,2–21,2 %) было в вариантах с внесением $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+N_{30}+П$, а наименьшее (11,5–15,7 %) – в контрольных вариантах. При двух азотных подкормках $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+N_{30}+П$ содержание клейковины в зерне увеличивался на 3,3–9,4 %, при одной азотной подкормке – на 2,1–7,4 %, а в варианте $N_{60}P_{60}K_{60}$ без азотных подкормок – на 0,6–8,0 % (табл. 46).

Таблица 46 – Количество (%) и качество (ед. пр. ИДК-4) сырой клейковины зерна тритикале озимой в зависимости от сроков посева (фактор А), норм минерального питания и пестицидов (фактор В)

Нормы NPK и пестициды	2012 г.		2013 г.		Среднее	
	%	ед. пр. ИДК-4	%	ед. пр. ИДК-4	%	ед. пр. ИДК-4
Срок посева 25 августа						
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + N_{30} + П$	17,1	80	17,3	81	17,2	80,5
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + П$	14,3	80	12,3	80	13,3	80,0
$N_{60}P_{60}K_{60} + П$	14,7	82	14,4	80	14,5	81,0
$N_0P_0K_0$ – контроль	13,7	80	14,2	83	13,9	81,5
Срок посева 5 сентября						
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + N_{30} + П$	20,2	85	22,2	83	21,2	84,0
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + П$	15,2	84	20,5	84	17,8	84,0
$N_{60}P_{60}K_{60} + П$	16,6	82	17,2	81	16,9	81,5
$N_0P_0K_0$ – контроль	16,7	88	14,8	85	15,7	86,5
Срок посева 15 сентября						
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + N_{30} + П$	19,8	80	22,0	83	20,9	81,5
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + П$	18,1	83	19,8	82	18,9	82,5
$N_{60}P_{60}K_{60} + П$	18,4	87	20,7	85	19,5	86,0
$N_0P_0K_0$ – контроль	11,6	91	11,4	86	11,5	88,5
НСР ₀₅ (факт. А)					1,56	
НСР ₀₅ (факт. В и АВ)					1,80	
НСР ₀₅ (част.)					3,12	

Высоким содержанием клейковины (17,2–21,2 %) в зерне тритикале по всем срокам посева отличались варианты с внесением $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+N_{30}+П$, а наименьшим (11,5–15,7 %) – с контрольных вариантов. Сентябрьские сроки по-

сева имели тенденцию повышения содержания клейковины в зерне. Наибольшими значениями этого показателя (16,9–21,2 %) отличалось зерно второго срока посева – 5 сентября по всем вариантам фактора В.

Следует отметить, что озимые культуры хорошо отзываются на внесение минеральных удобрений – азотных, фосфорных и калийных. Действие любого удобрения выше тогда, когда растение более полно обеспечивается всеми основными питательными веществами, недостаток одного из них может привести к снижению эффективности другого [73].

В Центральном регионе России наибольший эффект выявлен от совместного применения под зерновые культуры азотных, фосфорных и калийных удобрений. Урожайность зерновых культур при внесении минеральных удобрений возрастает на 17–50 %, наибольшие прибавки урожая дают озимые зерновые культуры [74, 75].

Уровень минерального питания злакового растения должен быть достаточно высоким в течение всего периода роста, но особенно во время кущения, дифференциации колоса и образования колосков. Особенно это важно учитывать при раннем или позднем сроке посева культуры, поскольку фенологические фазы смещаются [72].

При разработке системы удобрения под культуру необходимо учитывать оптимальное соотношение азота, фосфора и калия, поскольку недостаточное или избыточное количество одного из них может приводить к нарушению обмена веществ в растениях.

Азотные удобрения, внесенные в высоких нормах, могут обеспечивать повышение общей урожайности зерна, но не всегда способствуют образованию высококачественного зерна.

Фосфорные удобрения положительно влияют на семенную продуктивность, на посевные качества и урожайные свойства зерна, повышают устойчивость растений к неблагоприятным факторам и болезням, ускоряют созревание зерна [76].

Калийные удобрения повышают устойчивость растений к полеганию, способствуют образованию в зерне крахмала и улучшению посевных качеств. При

хорошем питании калием у растений повышаются холодостойкость, засухоустойчивость и устойчивость к заболеваниям. Он улучшает образование и ускоряет созревание семян, способствует лучшему использованию растениями азота, особенно аммиачного, благоприятствует образованию боковых корней.

В среднем за годы исследований на контрольных вариантах содержание общего азота в зерне находилось в пределах 1,60–1,85 %. Сроки посева семян тритикале озимой не влияли на этот показатель, существенное положительное воздействие было отмечено в зерне варианта $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + N_{30} + П$ (табл. 47).

Таблица 47 – Содержание общего азота и сырого протеина в зерне тритикале озимой в зависимости от сроков посева (фактор А), норм минерального питания и пестицидов (фактор В), % на абсолютно-сухую навеску

Нормы NPK и пестициды	Общий азот		Среднее	Сырой протеин		Среднее
	2012 г.	2013 г.		2012 г.	2013 г.	
Срок посева 25 августа						
$N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+N_{30}+П$	2,15	2,87	2,51	12,3	16,3	14,3
$N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30} +П$	2,09	2,68	2,38	11,9	15,3	13,6
$N_{60}P_{60}K_{60}+П$	1,60	2,32	1,96	9,1	13,2	11,1
$N_0P_0K_0$ - контроль	1,17	2,23	1,70	6,7	12,7	9,7
Срок посева 5 сентября						
$N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+N_{30}+П$	2,21	2,76	2,48	12,6	15,7	14,1
$N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30} +П$	2,06	2,51	2,28	11,7	14,3	13,0
$N_{60}P_{60}K_{60}+П$	1,55	2,36	1,95	8,8	13,5	11,1
$N_0P_0K_0$ - контроль	1,52	2,19	1,85	8,7	12,5	10,6
Срок посева 15 сентября						
$N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+N_{30}+П$	2,58	2,62	2,60	14,7	14,9	14,8
$N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30} +П$	2,13	2,55	2,34	12,1	14,5	13,3
$N_{60}P_{60}K_{60}+П$	2,00	2,43	2,20	11,4	13,9	12,6
$N_0P_0K_0$ - контроль	1,01	2,20	1,60	5,8	12,5	9,1
НСР ₀₅ (факт. А)			0,25			1,34
НСР ₀₅ (факт. В и АВ)			0,27			1,55
НСР ₀₅ (част.)			0,47			2,68

Содержание сырого протеина в зерне тритикале озимой на контрольных вариантах было в пределах 9,1–10,6 %. Применение минеральных удобрений и пестицидов в норме $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+N_{30}+П$ существенно увеличивало на 3,9–5,7 % данный показатель в зависимости от срока посева тритикале озимой (табл. 46).

Сроки посева тритикале озимой не оказывали существенного влияния на содержание фосфора в зерне. Наименьшим содержанием фосфора (0,22–0,28 %) отличались варианты $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+N_{30}+П$. Увеличение этого показателя (0,34–0,45 %) отмечено в контрольных вариантах (табл. 48).

Таблица 48 – Содержание фосфора в зерне тритикале озимой в зависимости от сроков посева (фактор А), норм минерального питания и пестицидов (фактор В), % на абсолютно-сухую навеску

Нормы НРК и пестициды	Годы		Среднее
	2012	2013	
Срок посева 25 августа			
$N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+N_{30}+П$	0,20	0,32	0,26
$N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+П$	0,35	0,48	0,42
$N_{60}P_{60}K_{60}+П$	0,30	0,48	0,39
$N_0P_0K_0$ - контроль	0,31	0,37	0,34
Срок посева 5 сентября			
$N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+N_{30}+П$	0,21	0,23	0,22
$N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+П$	0,30	0,50	0,40
$N_{60}P_{60}K_{60}+П$	0,36	0,52	0,44
$N_0P_0K_0$ - контроль	0,31	0,46	0,38
Срок посева 15 сентября			
$N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+N_{30}+П$	0,20	0,36	0,28
$N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+П$	0,31	0,39	0,35
$N_{60}P_{60}K_{60}+П$	0,33	0,53	0,43
$N_0P_0K_0$ - контроль	0,34	0,57	0,44
НСР ₀₅ (факт. А)			0,11
НСР ₀₅ (факт. В и АВ)			0,12
НСР ₀₅ (част.)			0,21

Вероятно, снижение содержания фосфора в зерне при внесении высоких норм НРК, в первую очередь – азота, происходит в соответствии с принципом «ростового разбавления», поскольку наибольшие показатели урожайности зерна в опыте были получены в вариантах с применением НРК, а наименьшие – на контроле.

Содержание калия в зерне тритикале озимой варьировало в пределах 2,04 – 2,35 %. Этот показатель не зависел от изучаемых факторов (табл. 49).

Таблица 49 – Содержание калия в зерне тритикале озимой в зависимости от сроков посева (фактор А), норм минерального питания и пестицидов (фактор В), % на абсолютно-сухую навеску

Нормы NPK и пестициды	Годы		Среднее
	2012	2013	
Срок посева 25 августа			
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀ +N ₃₀ +П	2,84	1,65	2,25
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀ +П	2,84	1,24	2,04
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +П	2,82	1,44	2,13
N ₀ P ₀ K ₀ - контроль	2,08	1,55	2,17
Срок посева 5 сентября			
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀ +N ₃₀ +П	2,86	1,45	2,15
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀ +П	2,86	1,84	2,35
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +П	2,79	1,66	2,22
N ₀ P ₀ K ₀ - контроль	2,85	1,43	2,14
Срок посева 15 сентября			
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀ +N ₃₀ +П	2,85	1,52	2,18
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀ +П	2,80	1,42	2,11
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +П	2,86	1,75	2,30
N ₀ P ₀ K ₀ - контроль	2,86	1,64	2,25
	НСР ₀₅ (факт. А)		0,30
	НСР ₀₅ (факт. В и АВ)		0,35
	НСР ₀₅ (част.)		0,61

Тритикале озимая обладает рядом выдающихся качеств и в будущем станет одной из ведущих зерновых культур. Этот злак является культурой, способной решить проблему производства фуражного зерна в достаточных объемах и нужного качества. По содержанию сырого протеина в зерне тритикале озимая значительно превосходит пшеницу [77].

Показателем качества кормового белка является состав и количество аминокислот, особенно незаменимых. Качество белка злаков определяется, в первую очередь, количеством лизина. В зерне тритикале содержание лизина выше, чем у пшеницы и составляет около 3 % от общего количества белка.

Одной из задач наших исследований являлось изучение общего содержания аминокислот в зерне тритикале озимой, в том числе незаменимых: аргинина

(Arg), валина (Val), гистидина (His), лейцина (Leu)+изолейцина (Ile), лизина (Lys), метеонина (Met), треонина (Thr), фенилаланина (Phe).

В 2012 г. высоким содержанием аминокислот в зерне тритикале озимой (6,25–8,01 г/100 г сухого вещества) было при посеве 5 сентября на разных фонах применения минеральных удобрений и пестицидов. В контрольных вариантах опыта содержание аминокислот в зерне было практически одинаковым (6,25–6,29 г/100 г сухого вещества). Наибольшим содержанием (0,32–0,44 %) лизина в зерне отличались варианты со сроком посева 5 сентября. Независимо от сроков посева в вариантах $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+N_{30}+П$ и $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+П$ зерно накапливало наибольшее количество этой незаменимой аминокислоты (табл. 50).

Таблица 50 – Общее содержание аминокислот (1), в том числе незаменимых (2) в зерне тритикале озимой в зависимости от сроков посева (фактор А), норм минерального питания и пестицидов (фактор В), г/100 г сухого вещества

Нормы NPK и пестициды	2012 год		2013 год		Среднее	
	1	2	1	2	1	2
Срок посева 25 августа						
$N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+N_{30}+П$	8,44	5,33	7,69	4,57	8,06	4,95
$N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+П$	7,72	4,39	7,34	4,24	7,53	4,32
$N_{60}P_{60}K_{60}+П$	7,24	4,16	6,52	3,69	6,88	3,93
$N_0P_0K_0$ – контроль	6,29	3,81	6,13	3,71	6,21	3,76
Срок посева 5 сентября						
$N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+N_{30}+П$	8,01	4,81	7,70	4,13	7,86	4,47
$N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+П$	8,35	4,54	7,17	4,26	7,76	4,40
$N_{60}P_{60}K_{60}+П$	8,03	4,66	6,54	3,85	7,29	4,26
$N_0P_0K_0$ – контроль	6,25	3,65	6,17	3,62	6,21	3,64
Срок посева 15 сентября						
$N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+N_{30}+П$	7,66	4,62	7,84	4,62	7,75	4,62
$N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+П$	8,03	4,60	7,58	4,62	7,81	4,61
$N_{60}P_{60}K_{60}+П$	7,29	4,10	7,38	4,25	7,34	4,18
$N_0P_0K_0$ – контроль	6,99	4,53	6,29	3,56	6,64	4,05
НСР ₀₅ (факт. А)					0,39	0,29
НСР ₀₅ (факт. В и АВ)					0,45	0,34
Sx, %					3,4	0,34

В 2013 г. наибольшее содержание аминокислот в зерне тритикале 6,29–7,84 г/100 г сухого вещества, в том числе незаменимых – 3,56–4,62 г/100 г сухого вещества, было при позднем посеве семян.

В среднем за годы исследований сроки посева тритикале озимой не оказывали существенного воздействия на общее содержание аминокислот в зерне. Применение максимальной нормы минеральных удобрений и пестицидов обеспечило это показатель на уровне 7,75–8,06 г/100 г, в том числе незаменимых – 4,47–4,95 г/100 г сухого вещества. При всех сроках посева семян в зерне с вариантов $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+П$ общее количество аминокислот составляло 7,53–7,81 г/100 г сухого вещества, а в зерне с контрольных вариантов – 6,21– 6,64 г/100 г сухого вещества. Во всех вариантах опыта содержание незаменимых аминокислот в зерне тритикале озимой составляло 57–64 %, лизин от этого количества составлял 4–6 % (табл. 50).

При использовании тритикале озимой на продовольственные и кормовые цели большое значение имеет содержание в зерне тяжелых металлов свинца, цинка, меди и кадмия. Согласно санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам (Сан-ПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов»), содержание в зерне не должно превышать цинка – 25, меди – 5, свинца – 0,5, кадмия – 0,1 мг/кг. В полевом опыте содержание этих элементов в зерне не превышало установленных нормативов.

Сроки посева тритикале озимой не оказывали закономерного воздействия на содержание тяжелых металлов в зерне. Снижение азотного питания растений уменьшало содержание меди и цинка. В зерне с варианта $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+N_{30}+П$ концентрация цинка составляла 14,44–17,95 мг/кг, меди – 4,18–4,92 мг/кг, на контрольном варианте – соответственно 8,32–10,51 и 3,95–4,53 мг/кг. Вероятно, это обусловлено тем, что цинк и медь входят в состав ряда окислительных ферментов, которые участвуют в синтезе аминокислот и хлорофилла. Следовательно, избыточное азотное питание растений может способствовать загрязнению зерна цинком и медью, поэтому вносить азотные удобрения следует точно под планируемую урожайность возделываемой культуры. В вариантах опыта, где вносили

минеральные удобрения и применяли гербициды, концентрация свинца составила 0,11–0,14 мг/кг, а на контрольных вариантах – 0,01–0,06 мг/кг зерна. Содержание кадмия не зависело от сроков посева, применяемых удобрений и пестицидов (табл. 51).

Таблица 51 – Содержание тяжелых металлов в зерне тритикале озимой в зависимости от сроков посева (фактор А), норм минерального питания и пестицидов (фактор В) в среднем за три года, мг/кг

Нормы НРК и пестициды	Zn	Cu	Pb	Cd
Срок посева 25 августа				
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀ +N ₃₀ +П	20,11	4,92	0,11	0,01
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀ +П	16,14	4,58	0,12	0,01
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +П	15,38	4,59	0,14	0,01
N ₀ P ₀ K ₀ – контроль	8,76	4,53	0,03	< 0,01
Срок посева 5 сентября				
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀ +N ₃₀ +П	14,44	4,79	0,07	0,01
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀ +П	11,57	3,48	0,05	0,01
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +П	8,41	3,44	0,09	0,01
N ₀ P ₀ K ₀ – контроль	8,32	3,36	< 0,01	0,01
Срок посева 15 сентября				
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀ +N ₃₀ +П	17,95	4,18	0,13	0,01
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀ +П	18,37	4,27	0,12	0,01
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +П	16,18	3,95	0,14	0,01
N ₀ P ₀ K ₀ – контроль	10,51	3,95	0,06	0,01
<i>ПДК (мг/кг)</i>	<i>25,00</i>	<i>5,00</i>	<i>0,50</i>	<i>0,10</i>

Изучаемые в полевом опыте приемы возделывания тритикале озимой не приводили к загрязнению зерна цинком, медью, свинцом и кадмием.

Итак, в условиях Брянской области оптимальным сроком посева озимой тритикале является 5 сентября, при котором получена наиболее высокая урожайность зерна – 5,54 т/га по фону N₆₀P₆₀K₆₀ + N₃₀ + N₃₀ + П.

При всех сроках посева количество клейковины с повышением фона минерального питания увеличивается от 3,3–9,4 % на вариантах с двумя азотными подкормками N₆₀P₆₀K₆₀ + N₃₀ + N₃₀ + П до 2,1–7,4 % при одной азотной подкормке и до 0,6–8,0 % по фону питания N₆₀P₆₀K₆₀ без подкормок азотом.

На минеральных фонах натура зерна варьирует от 686 до 704 г/л, в то время как на контрольных вариантах – снижается на 7,0–15,0 г/л. При позднем сроке посева 15 сентября наблюдается значимое снижение натуры зерна озимой тритикале на 9,0–15,0 г/л, по сравнению с посевом 25 августа.

Вышеназванные нормы минеральных удобрений существенно увеличивают общего содержания аминокислот в зерне, в то время как достоверное увеличение содержания незаменимых аминокислот происходит только на вариантах $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+N_{30}+П$ и $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}+П$. Сроки посева озимой тритикале не оказывают значимого влияния на содержание аминокислот в зерне.

РАЦИОНАЛЬНО-ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ

В.М. Никифоров

Одним из способов эффективного использования потенциала пшеницы мягкой яровой (*Triticum aestivum* L.) является применение некорневых подкормок хелатными удобрениями, которые, обладая высокой биологической активностью, регулируют биохимические процессы, происходящие в растениях [78– 80]. Эти микроудобрения устойчивы в растворах в широком диапазоне значений рН, хорошо сочетаются с пестицидами, что позволяет применять их в баковых смесях при проведении защиты растений. Кроме того, они подобны естественным формам нахождения микроэлементов в растениях, что способствует их быстрому поглощению и гораздо более эффективному усвоению. К таким веществам природного происхождения, которые выполняют функцию регуляторов роста растений относят препараты на основе органических кислот (янтарной, молочной и др.), обладающие широким спектром действия [78; 81; 82].

Цель исследований – изучить применение хелатов микроэлементов на основе янтарной кислоты, как элемента рационально-эффективной технологии производства зерна пшеницы мягкой яровой.

Время и условия проведения исследований. Исследования проводили в 2015–2019 гг. в стационарном полевом опыте Брянского ГАУ на серой лесной легкосуглинистой почве с сортом пшеницы мягкой яровой Злата. Норма высева – 5,0 миллионов всхожих семян на гектар. Предшественник – картофель. Повторность опыта трехкратная. Размещение делянок в опыте систематическое. Площадь делянки – 50 м², площадь учётной делянки – 25 м².

Схема опыта включала следующие варианты: 1) N₆₀P₆₀K₆₀ (контроль); 2) N₆₀P₆₀K₆₀ + N₃₀; 3) N₆₀P₆₀K₆₀ + две обработки Хелатным комплексом.

Хелатный комплекс – жидкое комплексное удобрение, разработанное в Брянском ГАУ, с учетом анализа данных по аналогичным отечественным и зарубежным препаратам, а также потребности пшеницы мягкой яровой в микроэлементах. В качестве хелатирующего компонента использована янтарная кислота, которая способствует усилению энергетического обмена, активному росту и развитию корневой системы растений. Хелатный комплекс содержит следующие макро- и микроэлементы: N_{общ} – 82, P₂O₅ – 82, K₂O – 82, SO₃ – 30, MgO – 19, Mn – 0,5, Cu – 0,24, Zn – 0,17, B – 0,13, Co – 0,03, Mo – 0,06 г/л. Азот содержится в амидной форме [81, 82].

Во всех вариантах опыта вносили основное удобрение азофоску (16 :16:16) в дозе N₆₀P₆₀K₆₀. Во втором варианте посеvy пшеницы мягкой яровой в фазу кущения подкармливали аммиачной селитрой в дозе N₃₀. В третьем варианте применяли две некорневых обработки посевов Хелатным комплексом в составе баковой смеси пестицидов в фазу кущения и в фазу колошения дозой 3,0 л/га.

Семена перед посевом протравливались фунгицидом Дивиденд Стар, КС (1,0 л/га). В фазу кущения применялась баковая смесь гербицидов Аксилал, КЭ (1,0 л/га) + Линтур, ВДГ (0,135 кг/га), инсектицида Актара, ВДГ (0,08 кг/га) и фунгицида Альто Супер, КЭ (0,5 л/га). В фазу колошения инсектицида Актара, ВДГ (0,08 кг/га) и фунгицида Альто Супер, КЭ (0,5 л/га).

Система обработки почвы, система защиты растений, выбор предшественника и нормы высева семян соответствовали региональным рекомендациям по возделыванию зерновых яровых культур [83].

Урожай убирали в фазу полной спелости зерновки поделяночно прямым комбайнированием. Урожайность приводили к 14 % влажности и 100 % чистоте. Полевые исследования и статистическую обработку результатов проводили по методике полевого опыта [63]. Лабораторно-аналитические исследования проводили по общепринятым методикам в Центре коллективного пользования приборным и научным оборудованием Брянского ГАУ. Экономическую эффективность применения минеральных удобрений рассчитывали по методике [84].

Результаты исследований и их обсуждение

В среднем за 5 лет в опыте продуктивная кустистость пшеницы яровой варьировала от 1,11 до 1,15, масса зерна с колоса – от 0,98 до 1,02 г, масса 1000 семян – от 39,8 до 41,1 г, массы зерна с 1 м² – от 433,5 до 467,3 г (табл. 52).

Таблица 52 – Структура урожая пшеницы мягкой яровой (среднее за 2015– 2019 гг.)

Вариант	Продуктивная кустистость	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 семян, г	Масса зерна с 1 м ² , г
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ (контроль)	1,11	0,98	39,8	433,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	1,13	1,00	40,0	457,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Хелатный комплекс	1,15	1,02	41,1	467,3
НСР ₀₅	0,01	0,01	0,15	0,21

Корневая азотная подкормка (N₃₀) в фазу кущения и двух некорневых подкормок Хелатным комплексом (3,0 л/га) в фазы кущения и колошения увеличили продуктивную кустистость на 1,8–3,6 %, массу зерна с колоса на 2,0– 4,1 %, массу 1000 семян на 0,5–3,3 %, массу зерна с 1 м² на 5,4–7,8 %.

Две некорневые подкормки Хелатным комплексом взамен одной корневой подкормки аммиачной селитрой способствовали увеличению показателей продуктивной кустистости на 1,8 %, массы зерна с колоса на 2,1 %, массы 1000 семян на 2,8 %, массы зерна с 1 м² на 2,4 % (табл. 52).

Урожайность пшеницы яровой за годы исследований была на уровне 4,24 – 4,57 т/га (табл. 53).

Таблица 53 – Урожайность пшеницы мягкой яровой (среднее за 2015 – 2019 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка урожайности к контролю, т/га
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ (контроль)	4,24	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	4,48	0,24
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Хелатный комплекс	4,57	0,33
НСР ₀₅	0,20	

В среднем за 5 лет исследований наименьшая урожайность была в контрольном варианте, а наибольшая – в варианте с двумя обработкой посевов Хелатным комплексом. Относительно контроля подкормка аммиачной селитры в дозе N₃₀ достоверно увеличивала урожайность на 0,24 т/га, а двукратная обработка посевов Хелатным комплексом – на 0,33 т/га (табл. 53).

Пятилетние исследования в полевом опыте свидетельствуют, что на фоне N₆₀P₆₀K₆₀ две некорневые подкормки Хелатным комплексом позволяют получить 0,9 ц/га зерна пшеницы яровой, в сравнении с корневой подкормкой аммиачной селитрой в дозе N₃₀.

Увеличение урожайности от применения одной корневой и двух некорневых подкормок соответственно на 0,24 и 0,33 т/га при цене реализации зерна 8000 руб/т, позволяет получить дополнительно 1920 и 2640 руб/га. По сравнению с контролем дополнительные затраты, обусловленные приобретением удобрений, проведением подкормок, уборкой, транспортировкой и доработкой полученной прибавки урожая составляют 1363,62 руб/га при двукратной некорневой подкормке Хелатного комплекса и 1866,64 руб/га при корневой подкормке аммиачной селитрой. То есть производственные затраты сократились на 503,02 руб/га. Условный чистый доход относительно контроля при корневой подкормке

аммиачной селитрой составил 53,36 руб/га, а на при двух некорневых подкормках Хелатным комплексом – 1276,38 руб/га. Уровень рентабельности соответственно – 2,9 и 93,6 %.

Итак, для рационально-эффективного использования потенциала пшеницы мягкой яровой сорта Злата на серой лесной легкосуглинистой почве западной части Европейской России целесообразно вносить основное минеральное удобрение в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ с последующими обработками посевов Хелатным комплексом в дозе 3,0 л/га в фазу кущения и в фазу колошения.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА РАННЕСПЕЛЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО

С.А. Бельченко

Кукуруза (*Zea mays* L.) является универсальной, широко распространенной и одной из высокомаржинальных поздних яровых зерновых культур. Ее потенциал позволяет решать проблему производства зерна и кормов при рациональном использовании ресурсов западной части Европейской России. Возделывание кукурузы на зерно обеспечивает высокую эффективность использования земельных ресурсов из-за получения высоких и стабильных урожаев.

В начале XXI в. селекционеры создали новое поколение современных раннеспелых гибридов с коротким вегетационным периодом и высокой зерновой продуктивностью (6–8 т/га), пригодных для возделывания в зонах с ограниченными тепловыми ресурсами [85–88]. Поэтому подбор и выделение перспективных раннеспелых гибридов кукурузы с высоким продуктивным потенциалом, обеспечивающим получение высоких валовых сборов зерна, является актуальным и практически значимым [89, 90].

Цель исследований – оценить продуктивный потенциал раннеспелых гибридов кукурузы на зерно в агроклиматических условиях западной части Европейской России (на примере Брянской области).

Время и условия проведения исследований. Исследования проводили в 2016–2019 гг. в стационарном полевом опыте Брянского ГАУ на серой лесной легкосуглинистой среднекультуренной почве, содержащей органического вещества (гумуса) 3,8–4,0 %, высоко обеспеченной подвижным фосфором (в модификации ЦИНАО по Кирсанову 216–226 мг/кг), средне обеспеченной обменным калием (в модификации ЦИНАО по Кирсанову 156–196 мг/кг), насыщенной основаниями (85,6 %), с pH_{KCl} 5,6–5,8 и гидролитической кислотностью 2,63 ммоль(экв)/100 г почвы.

Полевой опыт проводили согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур и Методическим рекомендациям по проведению опытов с кукурузой [91, 92]. Агротехника соответствовала общепринятой для кормовых и силосных культур в данной зоне.

Лабораторные анализы качества зерна были выполнены в Центре коллективного пользования приборным и научным оборудованием Брянского ГАУ с помощью инфракрасного анализатора ИнфраЛюм ФТ 12.

Для характеристики свойств изучаемых гибридов рассчитывали ряд статистических показателей, применяемых для сравнительной оценки продуктивности: индекс условий среды (I_j); стабильность (S_d^2) по Эберхарту и Расселлу (S.A. Eberhart, W.A. Russell) в изложении В.З. Пакудина, Л.М. Лопатиной [93, 94]; стрессоустойчивость гибридов по уравнениям А.А. Rosiette, J.Hamblin в изложении А.А. Гончаренко [95]; размах урожайности (d) по В.А. Зыкину и др., Н.Н. Зезину и др. [96, 97]; коэффициент вариации (V) по Б.А. Доспехову [63]; индекс стабильности ($ИС$), показатель уровня и стабильности сорта или гибрида ($ПУСС$), показатель реализации потенциальной урожайности по Э.Д. Неттевичу [98].

Для анализа продуктивного потенциала раннеспелых гибридов кукурузы использовали понятие «среднесортная урожайность» согласно методике, предложенной Л.А. Животковым с сотрудниками [65]. В данном случае сопоставление урожайности проводилась не со стандартом, а со средней урожайностью зерна изучаемых гибридов по опыту. Ее величина выражала общую норму реакции определенной совокупности гибридов на факторы внешней среды в каждом

конкретном году. При этом цифровое значение данного показателя выражалось в процентах (долевое участие) либо как относительная величина. По величине данного показателя можно говорить о продуктивности гибрида. В неблагоприятных условиях потенциальная продуктивность реализуется слабо.

В 2016-2019 гг. погодные условия в месте исследований различались среднесуточной температурой воздуха и количеством выпавших осадков (табл. 54).

Таблица 54 – Погодные условия вегетационных периодов 2016–2019 гг. (данные агрометеорологической станции Брянского ГАУ)

Показатель	Год	Месяц					За вегетационный период
		V	VI	VII	VIII	IX	
Сумма осадков, мм	2016	26,6	67,8	95,0	20,2	38,4	248,0
	2017	48,9	49,6	137,9	51,6	36,5	324,5
	2018	21,4	73,1	162,7	12,2	4,0	273,4
	2019	103,3	62,4	100,1	34,5	26,0	326,3
	Средняя климатическая норма	55,0	65,0	82,0	64,0	46,0	312,0
Температура воздуха, °С	2016	15,3	18,6	20,7	19,6	12,4	17,3
	2017	12,9	16,4	18,2	20,0	13,5	16,2
	2018	17,4	17,8	21,3	18,3	14,3	17,8
	2019	16,2	21,0	17,3	17,1	12,8	16,9
	Средняя климатическая норма	12,5	16,6	18,4	17,1	11,4	15,2

В 2016 г. за вегетационный период (май-сентябрь) температура воздуха в среднем составила 17,3 °С (+2,1 °С). В августе-сентябре температура воздуха была повышенной, что сказалось на созревании зерна гибридов кукурузы, которое вызрело, достигнув начало полной спелости за 118-126 суток (индекс условий среды составил $I_j = +0,2$).

Метеорологические условия вегетационного периода 2017 г. были благоприятными для возделывания кукурузы на зерно. Они обусловили раннее цветение и созревание зерна в конце сентября. При этом индекс условий среды имел отрицательное значение $I_j = -0,6$.

Вегетационный период 2018 г. отличался от среднемноголетних значений

повышенной температурой воздуха и недостатком осадков расчетный гидротермический коэффициент был равен 1,16, что оценивается по Г.Т. Селянинову, как слабозасушливый. В среднем за вегетационный период выпало осадков меньше на 38,6 мм при климатической норме – 312 мм, а температура воздуха превышала норму (15,2 °С) на 2,6 °С. Индекс условий среды $I_j = +1,2$.

Май и июнь 2019 г. были теплыми и дождливыми. Осадков в первой половине мая выпало 103,3 мм. Сумма осадков в июне составила 62,4 мм. Среднемесячная температура воздуха достигла 21,0 °С, что выше климатической нормы на 2,3 °С. Наибольшее количество осадков выпало в июле – 100,1 мм при средней температуре воздуха 17,3 °С. В целом июль был прохладным и дождливым.

Посевы кукурузы сильно пострадали в первой декаде июня после проливных дождей со шквалистым ветром, грозой и градом. Погодные условия, сложившиеся в июне-июле, оказались экстремальными, растения испытали стресс и в условиях контрастных дневных и ночных температур. Август характеризовался умеренно теплой погодой и незначительным выпадением атмосферных осадков. По завершению вегетационного периода к уборке кукурузы во второй-третьей декадах сентября погода была умеренной для региона, однако зерно практически всех гибридов было повышенной влажности до 36–40 % при индексе условий среды $I_j = -0,8$ (табл. 54).

Результаты исследований и их обсуждение

В среднем за 4 года в полевом опыте высокой урожайностью зерна (свыше 7–8 т/га) отличались агроценозы следующих гибридов кукурузы Ладожский 181 МВ, Ладожский 191 МВ, Краснодарский 194 АМВ, Р 7954, MAS 13.V, MAS 18.L (табл. 55).

Коэффициент вариации характеризовал степень варьирования урожайности зерна по годам и более высокую норму реакции их на условия возделывания. В среднем за годы испытания низкими показателями коэффициента вариации и, следовательно, высокой экологической стабильностью выделились следующие гибриды: Кромвелл (6,5 %), Ладожский 191 МВ (7,9 %), Ладожский 181 МВ (8,0

%), FELDI CS (8,2 %). Наиболее высокие значения коэффициента вариации отмечены у гибридов Воронежский 160 СВ (38,0 %), Каскад 166 АСВ (29,6 %), Р 7535 (23,2 %), Каскад 195 СВ (22,8 %).

Таблица 55 – Сравнительная урожайность зерна раннеспелых гибридов кукурузы (ФАО 100-200) в 2016–2019 гг.

Гибрид	Урожайность зерна в пересчете на 14%-ю влажность, т/га				Среднее за 4 года	Коэффициент вариации V, %
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.		
Воронежский 158 СВ	6,55	6,08	7,58	4,67	6,22	19,43
Воронежский 160 СВ	5,44	5,10	9,83	4,73	6,28	38,05
Каскад 166 АСВ	6,81	6,36	10,26	5,35	7,20	29,64
Каскад 195 СВ	6,56	6,12	9,57	6,32	7,14	22,80
Ладожский 148 СВ	6,81	5,99	7,10	6,01	6,48	8,71
Ладожский 150 СВ	8,05	5,85	7,37	5,94	6,80	15,95
Ладожский 175 МВ	6,58	5,91	9,18	6,35	7,01	21,08
Ладожский 181 МВ	8,75	7,80	9,50	8,71	8,69	8,01
Ладожский 185 МВ	7,50	7,12	8,90	6,08	7,40	15,76
Ладожский 191 МВ	7,21	6,75	7,85	8,04	7,46	7,95
Краснодарский 194 АМВ	7,69	6,26	8,69	6,77	7,35	14,55
Р 7535 (Pioneer, Франция)	7,39	6,11	7,82	4,49	6,45	23,19
Р 7954 (Pioneer, Франция)	8,62	7,20	8,14	7,07	7,76	9,63
Корифей (KWS, Германия)	7,44	6,46	7,95	6,05	6,98	12,52
Кромвелл (KWS, Германия)	6,54	6,21	7,12	6,23	6,53	6,51
Колтер (KWS, Германия)	6,27	5,88	8,39	6,23	6,69	17,11
MAS 12.R (Франция)	7,67	6,10	7,15	5,83	6,69	12,98
MAS 13.V (Франция)	8,69	6,55	7,80	6,02	7,27	16,63
MAS 14.G (Франция)	7,68	7,22	7,71	6,30	7,23	9,10
MAS 18.L (Франция)	8,24	7,31	7,43	6,11	7,27	12,08
LD 2195 (Франция)	5,71	5,20	7,08	6,22	6,05	13,24
FELDI CS (Франция)	5,72	6,08	6,89	5,98	6,17	8,19
Средняя урожайность гибридов в опыте	7,18	6,35	8,15	6,16	6,96	
Индекс среды I_j	0,2	-0,6	1,2	-0,8		

Для более полной характеристики продуктивных свойств изучаемых гибридов кукурузы рассчитывали статистические показатели, применяемых для оценки и сравнения генотипов (табл. 56).

Таблица 56 – Сравнительные параметры раннеспелых гибридов кукурузы в агроэкологическом испытании (2016–2019 гг.)

Гибрид	Параметры адаптивности					
	$Y_{min} - Y_{max}$ (стрессоустойчивость), т/га	$\frac{(Y_{min} + Y_{max})}{2}$ (генетическая гибкость), т/га	d (размах урожайности), %	b_i (коэффициент регрессии)	$ПУСС$	Селекционная ценность (S_c)
Воронежский 158 СВ	-2,9	6,1	38,4	1,22	0,35	3,8
Воронежский 160 СВ (st)	-5,1	7,3	51,9	2,42	1,28	3,0
Каскад 166 АСВ	-4,9	7,8	47,9	2,24	0,61	3,8
Каскад 195 СВ	-3,5	7,8	36,1	1,63	0,68	4,6
Ладожский 148 СВ	-1,1	6,5	15,6	0,60	0,03	5,5
Ладожский 150 СВ	-2,2	7,0	27,3	0,90	0,77	4,9
Ладожский 175 МВ	-3,3	7,5	35,6	1,49	0,52	4,5
Ладожский 181 МВ	-1,7	8,7	17,9	0,61	0,27	7,1
Ладожский 185 МВ	-2,8	7,5	31,7	1,22	0,18	5,1
Ладожский 191 МВ	-1,3	7,4	16,0	0,15	0,50	6,3
Краснодарский 194 АМВ	-2,4	7,5	28,0	1,13	0,14	5,3
Р 7535 (Pioneer, Франция)	-3,3	6,2	42,6	1,46	0,73	3,7
Р 7954 (Pioneer, Франция)	-1,6	7,8	18,0	0,62	0,36	6,4
Корифей (KWS, Германия)	-1,9	7,0	23,9	0,93	0,06	5,3
Кромвелл (KWS, Германия)	-0,9	6,7	12,8	0,46	0,01	5,7
Колтер (KWS, Германия)	-1,8	6,8	24,0	0,73	0,47	4,7
MAS 12.R (Франция)	-2,7	7,4	30,7	0,96	1,05	5,1
MAS 13.V (Франция)	-1,4	7,0	18,3	0,57	0,24	5,0
MAS 14.G (Франция)	-2,1	7,2	25,8	0,53	0,81	5,9
MAS 18.L (Франция)	-1,9	6,1	26,6	0,62	0,49	5,4
LD 2195 (Франция)	-1,2	6,3	17,0	0,39	0,19	4,4

Экспериментальные данные показали высокую отзывчивостью на изменение условий ($b_i > 1$) и наиболее ценные гибриды, которые относят к интенсивным, но менее приспособленным к неблагоприятным условиям, а также низкому агрофону: Воронежский 160 СВ ($b_i = 2,42$), Каскад 166 АСВ ($b_i = 2,24$), Каскад 195 СВ ($b_i = 1,63$), Краснодарский 194 АМВ ($b_i = 1,13$), Колтер ($b_i = 1,13$). В связи со специфической адаптацией данные гибриды максимально реализовали свой генетический потенциал при возделывании только в благоприятных условиях. Генотипы, у которых $b_i < 1$ и близкий к нулю показатель S_d^2 , слабо реагировали на улучшение внешних условий (полуинтенсивные), но в то же время для них характерна достаточно высокая стабильность урожайности (Ладожский 148 СВ, Кромвелл, FELDI CS).

Гибриды с коэффициентом регрессии равным или близким единице относили к пластичным. Изменение их урожайности полностью соответствовало изменению условий возделывания. Такие гибриды способны обеспечить лучший эффект при их возделывании на средних агрофонах, например, Ладожский 150 СВ, Корифей, MAS 13.V и другие.

При различных метеорологических условиях важным показателем оценки гибридов кукурузы является их устойчивость к стрессу (засухе, высокой температуре воздуха, избыточному увлажнению и др.), уровень которого определяется по разности между минимальной и максимальной урожайностью зерна. Показатель стрессоустойчивости ($Y_{min} - Y_{max}$) имеет отрицательное значение, чем меньше разрыв максимальной и минимальной урожайности, тем выше стрессоустойчивость генотипа (сорта, гибрида). Относительно высокие значения данного параметра выявлены у гибридов Кромвелл (-0,9 т/га), Ладожский 148 СВ (-1,1 т/га), FELDI CS (-1,2 т/га) и Ладожский 191 МВ (-1,3 т/га). Эти гибриды в меньшей степени снижали урожайность зерна в экстремальных условиях (табл. 56).

Компенсаторную способность генетической гибкости гибрида отражает показатель ($Y_{min} + Y_{max}$): 2 средней урожайности в контрастных условиях. Чем выше

степень соответствия между гибридом и различными факторами среды (климатические, биотические, эдафические и др.), тем выше данный показатель. Высокую среднюю урожайность зерна в контрастных условиях возделывания сформировали гибриды Ладожский 181 МВ (8,69 т/га), Р 7954 (7,76 т/га), Ладожский 191 МВ (7,46 т/га) и Краснодарский 194 АМВ (7,35 т/га).

Отношение разницы между максимальной и минимальной урожайностью зерна гибрида к максимальной урожайности, выраженной в процентах, отражается в критерии размаха урожая (d). Чем ниже показатель, тем стабильнее урожайность генотипа в конкретных условиях. В опыте минимальное значение размаха урожайности зерна отмечено у следующих гибридов кукурузы Кромвелл (12,8 %), Ладожский 148 СВ (15,6 %), Ладожский 191 МВ (16,0 %) и FELDI CS (17,0 %).

Коэффициент вариации (V) характеризует устойчивость признака в изменяющихся условиях среды, другими словами, способностью поддерживать низкую вариабельность продуктивности. Коэффициент вариации – это стандартное отклонение, выраженное в процентах к средней арифметической данной совокупности. Это относительный показатель количественной изменчивости. В опыте наибольшую стабильность при изменении условий возделывания с наименьшими значениями коэффициента вариации проявили следующие гибриды кукурузы Кромвелл (6,51 %), Ладожский 191 МВ (7,95 %), Ладожский 148 СВ (8,71 %). Промежуточное положение занимали Р 7954 и MAS 14.G.

При расчете индекса стабильности ($ИС$) и показателя уровня стабильности урожайности сорта или гибрида ($ПУСС$) в качестве стандарта был принят гибрид Воронежский 160 СВ, рекомендованный для производственного использования в третьем регионе на территории РФ. Индекс стабильности ($ИС$) – это важная характеристика генотипа (сорта, гибрида, популяции). Генотипы с большим индексом стабильности являются более стабильными, то есть более приспособленными к конкретным условиям. В опыте самый высокий индекс стабильности был у гибридов Ладожский 181 МВ (1,09), Кромвелл (1,00), Ладожский 191 МВ (0,94), Р 7954 (0,81).

Комплексным показателем является *ПУСС*, который позволяет одновременно учитывать уровень и стабильность урожайности сорта (гибрида) и характеризует способность отзываться на улучшение условий возделывания, а при их ухудшении – поддерживать достаточно высокий уровень продуктивности. Чем больше этот показатель, тем генотип (сорт, гибрид) лучше. По величине *ПУСС*, как и по другим показателям, выделились перспективные гибриды раннеспелой группы Ладожский 181 МВ, Ладожский 191 МВ, Кромвелл, Р 7954.

По показателю селекционной ценности (S_c) выделенные раннеспелые гибриды располагались в следующий убывающий ряд: Ладожский 181 МВ, Р 7954, Ладожский 191 МВ, MAS 14.G, Кромвелл (табл. 56).

Итак, в западной части Европейской России наиболее стабильными, селекционно ценными, стрессоустойчивыми и высокопродуктивными оказались следующие гибриды отечественной селекции: Ладожский 181 МВ, Ладожский 191 МВ, Краснодарский 194 АМВ и зарубежной селекции: Р7954 (Pioneer, Франция) и Кромвелл (KWS, Германия).

РОЛЬ ЛЮПИНА В РАЦИОНАЛЬНО-ЭФФЕКТИВНОМ РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Г.Л. Яговенко¹

Интенсивное растениеводство невозможно вне севооборота, который обеспечивает рационально-эффективное использование удобрений, обработку почвы и защиту растений, является основой решения других важных проблем ресурсосбережения и экономики. Для этого необходимо уходить от перенасыщения севооборотов зерновыми и пропашными культурами в сторону насыщения

¹ Большинство данных, представленных в настоящем разделе, были получены непосредственно д.с.-х.н. Людмилой Лазаревной Яговенко (ныне покойной) или под ее руководством.

их зернобобовыми, которые позволят шире использовать биологические факторы в земледелии, сохранять и преумножать плодородие почвы. Одним из представителей таких растений является люпин, который сочетает в себе широкий спектр присущих только ему особых качеств.

В севооборотах люпин возделывают в сидеральных парах на зеленое удобрение, в занятых парах на корм скоту и на зерно, не предъявляя при этом особых требований к почвенному плодородию. Основное требование сводится к тому, чтобы почва была хорошо аэрирована и обеспечивала растения в достатке влагой в период прорастания семян и появления всходов. Не эффективно размещать посеvy люпина на почвах тяжелого гранулометрического состава, плохо дренируемых, глееватых и заплывающих с близко расположенными грунтовыми водами, затрудняющими процессы азотфиксации. На корм и зеленое удобрение люпин используют и в промежуточных и поукосных посевах.

По своему действию на плодородие почвы заплата всей растительной массы люпина равноценна внесению 30–40 т/га подстилочного навоза [99]. Использование люпина в занятых парах с уборкой зеленой массы на корм и последующей заплатакой пожнивно-корневых остатков, по мнению многих исследователей, является наиболее эффективным [100]. Продуктивность севооборотов с занятым люпиновым паром не уступает севооборотам с черным или клеверным паром, а по выходу переваримого протеина с 1 га севооборотной площади даже превосходит их.

В зоне достаточного увлажнения целесообразна и промежуточная культура люпина на сидерацию и зеленый корм, позволяющая получать зеленое удобрение без уменьшения посевов основных культур. Весомым аргументом в пользу уплотняющих посевов является их экологическое значение: уменьшается количество пустующих по 2–2,5 месяца площадей, подвергающихся эрозии и дефляции, теряющих гумус и растворимые питательные вещества. Установлено почвозащитное действие промежуточных посевов люпина.

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве произошел рез-

кий перекос в сторону применения минеральных удобрений в ущерб применению органических. Бесспорно, они необходимы в системе биологического земледелия и кормопроизводства как один из главных способов интенсификации севооборотной площади, но их экологически безопасное применение возможно только при рациональном сочетании с биологическими удобрениями, которые способны поддерживать и активизировать естественные процессы в природе, поэтому остается актуальным вопрос внедрения органо-минеральных систем удобрений при производстве кормов в полевых условиях. Значительная часть хозяйств зернового направления не имеют животных или птицы, следовательно, не имеют навоза или помета как органического удобрения. Поэтому актуально внедрение в севообороты этих хозяйств сидеральных культур, которые обеспечивают севооборотную площадь самым доступным и самовосстанавливающимся биологическим удобрением [101].

Люпин – непревзойденное однолетнее растение для обеспечения севооборотов зеленым органическим удобрением. Как ни одна другая зернобобовая культура, люпин не нуждается во внесении азотных удобрений, обогащая почву биологическим азотом, при этом не требователен к условиям произрастания и дает хорошие урожаи даже на малокультуренных кислых песчаных почвах. Урожай биомассы люпина может варьировать от 30 до 60 т/га или 2–8 т/га сухого вещества. Одновременно с зеленой массой и корневыми остатками люпина в почву на 1 га поступает 100–250 кг азота, 30–90 кг P_2O_5 и 35–250 кг K_2O [102]. Его стержневая глубоко проникающая корневая система способна усваивать фосфор из труднорастворимых почвенных соединений.

Важнейшая роль люпина – восстановление нормального цикла органического вещества и азота в почве, поскольку его органическая масса минерализуется быстрее других растительных остатков и в большей степени гумифицируется с образованием «лабильных» гумусовых веществ, которые являются показателем эффективного плодородия почвы. Наивысшую продуктивность сидеральной

массы можно получить при выращивании в сидеральном паровом поле севооборота в весеннем посеве (2-я декада мая) сортов люпина узколистного Сидерат 38, Брянский сидерат, Сидерат 46, которые дают урожай биомассы 40–55 т/га.

Многолетними опытами ВНИИ люпина установлено, что в пятипольном севообороте с сидеральным паром и запашкой соломы в конце ротации содержание гумуса в почве поддерживалось на исходном уровне 3,29–3,24 %. В аналогичном севообороте, но без люпинового пара, с внесением в пропашном поле соломы и минеральных удобрений, содержание гумуса снизилось за шесть лет на 0,2 %. Одна и та же доза навоза в севообороте с люпиновым паром привела к повышению содержания гумуса с 3,12 до 3,36 %, в то время как в севообороте без сидерации позволила лишь поддерживать количество гумуса на исходном уровне 3,39–3,33 % [103].

Люпин в севооборотах для сидерального использования может не занимать самостоятельного поля, а возделываться в качестве промежуточной культуры поукосно или пожнивно. Поукосные посевы люпина можно включать в структуру посевных площадей практически на всей территории Нечерноземной зоны России. Посеянные, начиная с первой декады августа, и произрастающие до конца вегетационного периода, при средних условиях увлажнения растения люпина накапливают до 20–30 т/га зеленой массы, а при более благоприятных метеорологических условиях и до 50 т/га. Запашка всей биомассы пожнивных культур превосходит действие полного минерального удобрения, что в опытах ВНИИ люпина приводило к увеличению урожайности ячменя: прибавка от $N_{60}P_{60}K_{60}$ составляла 5,7 ц/га, а от люпина – 9,3 ц/га [104].

Правильное включение люпина в севооборот имеет существенное значение для получения высоких и стабильных урожаев. Это касается предельно допустимой доли люпина в севообороте, выдерживания необходимой паузы и расстояний до посевов других бобовых культур, а также выбор предшественника. Чтобы исключить перенос болезней и вредителей на посевы люпина, его не выращивают в непосредственном соседстве с многолетними бобовыми травами и другими зернобобовыми культурами.

Бессменные посевы люпина неприемлемы, так как любая монокультура анти-экологична по своей сути и ведет к разрушению почв. Однако то обстоятельство, что на связных окультуренных почвах люпин меньше страдает от почвоутомления, позволяет возвращать его на то же поле через 1–2 года, а не через 4–5 лет, как считалось ранее. Опытами ВНИИ люпина, проведенными на серой лесной легкосуглинистой почве, установлена возможность выращивания люпина в двухпольных и трехпольных полевых севооборотах при разной степени химизации (табл. 57).

Таблица 57 – Продуктивность, кормовая ценность и энергозатраты при производстве зерна узколистного люпина (Снежесть) в короткоротационных севооборотах, 2006–2011 гг.

Технологии*	Урожайность зерна, ц/га	Выход переваримого протеина, кг/га	Энергетическая себестоимость 1-го центнера, МДж
Яровой рапс – люпин			
Альтернативная	17,8	486,2	840,7
Умеренная	18,8	512,5	846,6
Интенсивная	19,2	523,4	877,2
Яровой рапс – люпин – ячмень			
Альтернативная	17,6	482,2	841,0
Умеренная	18,3	499,9	848,1
Интенсивная	19,5	534,1	879,1

***Альтернативная технология** – полное отсутствие внесения минеральных удобрений, первичная защита растений; протравливание, агротехнические способы борьбы с сорняками (довсходовое и послеваходовое боронование поперек посева). **Умеренная технология** – система удобрений на 1 га д. в., люпин – К₃₀, система защиты; протравливание семян перед посевом, внесение почвенного гербицида, агротехнические способы борьбы с сорняками (послевсходовое боронование поперек посева), внесение фунгицидов и инсектицидов. **Интенсивная технология** – система удобрений на 1 га д. в.; люпин – К₆₀, система защиты – применение полного спектра защитных мероприятий от болезней, вредителей, сорняков.

Урожайность больше зависела от технологии возделывания, нежели от срока возврата люпина в севообороте. Он отзывался незначительными достоверными прибавками при увеличении степени химизации во все годы исследований. При альтернативной технологии возделывания он также показывал высокую продуктивность. Урожайность в среднем за 6 лет составила 17,8 ц/га в двухпольном севообороте и 17,6 ц/га – трехпольном. Четко прослеживалась закономерность наиболее эффективного использования энергии при умеренно-интенсивной технологии возделывания. Альтернативной технологии возделывания люпина также соответствуют высокие показатели использования энергии, поскольку люпин узколиственный обеспечивает высокие показатели урожая даже при более низкой энергетической себестоимости, чем при умеренной и интенсивной технологиях (840,7 и 846,6 МДж/ц) [105].

Обязательным компонентом экологически безопасных, ресурсосберегающих технологий должны быть 8–10-польные севообороты с двумя полями многолетних бобовых или бобово-злаковых трав и одного самостоятельного поля под люпином [106]. В многолетнем стационарном опыте ВНИИ люпина на серой лесной легкосуглинистой почве были проведены исследования разноротационных севооборотов с люпином при чередовании со злаковыми и капустными культурами. Установлен рост продуктивности гектара севооборотной площади при увеличении времени ротации севооборота. Наибольшую разницу наблюдали в умеренной системе химизации при переходе от двухпольных севооборотов к трехпольным (0,8–0,6 т. зерна, 730,8–232,4 энергетических кормовых единиц – ЭКЕ). По обеспеченности переваримым протеином одной энергетической кормовой единицы двухпольные севообороты с люпином превосходили трехпольные и шестипольные. Наибольшая разница приходилась на умеренную технологию возделывания культур и составила 48,4–46,0 г (табл. 58).

С точки зрения потока энергии в агроэкосистеме наиболее выгодной оказалась умеренно-интенсивная технология возделывания. Выход полезной энергии с 1 га пашни здесь был наибольший 19,6–24,8–28,1 ГДж/га, что подтверждает и КПД севооборота [106].

Таблица 58 – Агроэнергетическая эффективность разноротационных севооборотов с люпином узколистным (Снежесть), 2006–2011 гг.

Технологии	Выход с 1 га севооборотной площади			Переваримый протеин/ЭКЕ, г	Энергоемкость 1 т зерна, ГДж	Коэффициент полезного действия (КПД) севооборота
	зерна, т	ЭКЕ, г	нетто энергии, ГДж			
Яровой рапс – люпин						
Альтернативная	1,4	1758,1	14,2	172,6	7,9	2,3
Умеренная	1,7	2230,0	19,6	174,7	7,6	2,5
Интенсивная	1,8	2297,0	14,6	170,7	10,5	1,8
Яровой рапс – люпин – ячмень						
Альтернативная	1,8	2208,9	15,2	133,8	7,1	2,4
Умеренная	2,5	2960,8	24,8	126,3	6,3	2,6
Интенсивная	2,6	3000,3	21,3	125,4	8,5	2,0
Яровой рапс – люпин – ячмень – озимый рапс – люпин – яровая пшеница						
Альтернативная	1,9	2301,5	19,8	128,8	7,5	2,4
Умеренная	2,5	2941,6	28,1	128,7	7,1	2,6
Интенсивная	2,8	3170,1	25,7	127,9	7,2	2,3

За две ротации трехпольного севообороте с люпином изменились агрохимических показателей почвы. При интенсивной технологии возделывания культур возросло количество поглощенных почвой ионов водорода, что объясняется большой химической нагрузкой на 1 га пашни. Содержание гумуса оставалось примерно на одном уровне даже при альтернативной технологии возделывания: севооборот с 33 %-ной долей люпина до закладки опыта – 3,20 %, через 6 лет – 3,11%. При альтернативной агротехнологии наметилась тенденция к увеличению содержания P_2O_5 с 219 до 235 мг/кг почвы, а при интенсивной – оно осталось на исходном уровне. Вероятно, это было обусловлено тем, что в севообороте присутствуют яровой рапс и люпин, мощные корневые системы которых способны извлекать фосфор из его труднорастворимых соединений (табл. 59).

Люпин, обеспечивающий себя азотом за счет его фиксации из воздуха и имеющий высокую фосфороусвояющую способность, не предъявляет особых требований к предшественнику. Все полевые не бобовые культуры могут быть

предшественниками для люпина. Однако возможности новых сортов давать максимальные урожаи лучше реализуются при размещении после культур, хорошо очищающих почву от сорных растений.

Таблица 59 – Агрохимические свойства слоя почвы 0-20 см в севообороте яровой рапс–люпин–ячмень до закладки опыта/в конце второй ротации (2006 и 2012 гг.)

Показатель	Технологии возделывания		
	альтернативная	умеренная	интенсивная
Гумус, %	3,20/3,11	3,14/3,23	3,34/3,44
$pH_{\text{сол.}}$	5,36/5,50	5,54/5,62	5,56/5,39
H, ммоль(экв)/100 г	3,58/3,06	3,20/2,95	3,03/3,12
S, ммоль(экв)/100 г	14,03/14,6	13,15/14,80	13,80/14,75
P_2O_5 , мг/кг	219/235	225/245	245/243
K_2O , мг/кг	202/145	185/164	190/204

Важным условием является внесение азотных удобрений под предшествующие культуры в дозах не более 60–90 кг действующего вещества на 1 га, так как более высокие дозы азотных удобрений, внесенные под предшествующую культуру, в результате своего последействия снижают активный симбиотический потенциал люпина. Чем больше доза азота, тем сильнее задерживается образование клубеньков, снижается их масса, ингибирует азотфиксация и задерживается рост люпина в начальных фазах развития.

Нельзя высевать люпин после зерновых культур, которые обрабатывали гербицидами из группы сульфуронов. Их остаточное последействие сильно угнетает рост и развитие люпина в начале вегетации и может привести к снижению урожайности зерна и зеленой массы до 30 % и более.

Итак, использование люпина в севооборотах является неременным условием эффективно-рационального растениеводства.

ОСОБЕННОСТИ ИНТЕНСИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЮПИНОВ

А.С. Кононов

Бобовые растения рода *Lupinus* издавна известны человеку. Еще Плиний Старший в начале нашей эры говорил о люпине: «Нет ни одного растения, которое по природе своей более удивительно чувствовало солнце и землю...».

Из 850 тыс. дикорастущих видов используются в сельском хозяйстве только 4 вида (*L.luteus* L.) – люпин желтый, (*L.angustifolius* L.) – люпин узколистный, (*L.albus* L.) – люпин белый, (*L.polyphyllus* L.) – люпин многолетний [107].

Увеличить производство зерна и зеленой массы этой ценной многоплановой культуры позволяют интенсивные технологии, которые повышают урожайность на 25–40 %, что соответствует средней урожайности 3,0–4,0 т/га зерна в одновидовых и 4,0–5,0 т/га в смешанных посевах и получать 60,0–70,0 т/га высокобелковой зеленой массы. При этом вовлекается в биологический круговорот до 30 т/га микробной биомассы, оставляется в почве после уборки от 80 до 150 кг/га симбиотического азота, повышая почвенное плодородие [108–110].

На сегодняшний день признана необходимость всемерной биологизации технологий сельскохозяйственного производства и восстановления плодородия почвы с помощью возобновляемых ресурсов. Стабилизирующим звеном в биологизации земледелия являются бобовые культуры, в частности – люпины. Каждые 100 га гетерогенного люпина-мятликового посева экономят сельскохозяйственному предприятию 30–40 т аммиачной селитры, при этом мятликовый компонент на 25 % удовлетворяет свои потребности в азоте за счет люпина, в нем повышается содержание белка, не ухудшаются при этом собственные показатели качества [111].

Широко распространяется переход к комплексному использованию минеральных удобрений с биопрепаратами [112]. Коэффициент использования азота

из минеральных удобрений (по отношению к фону) при инокуляции семян биопрепаратами в севообороте с бобовыми возрастает 1,5–2 раза, в бобово-мятликовых посевах – в 1,1–1,5 раза, в севообороте с полным насыщением злаковыми культурами – в 1,3–1,8 раза [113].

Цель исследований – обосновать экспериментальные схемы технологического конструирования интенсивных гетерогенных люпина-мятликовых посевов, изучить влияние технологий на урожайность зерносмеси и экономическую эффективность таких посевов в условиях западной части Европейской России.

Условия и методика проведения исследований.

Объектами исследований были: пшеница яровая (*Triticum aestivum* L.) сорта Ленинградка, Приокская, Лада; ячмень (*Hordeum vulgare* L.) сорт Зазерский 85; овес (*Avena sativa* L.) сорт Козырь; люпин желтый (*Lupinus luteus* L.) сорт Дружный 165; люпин узколистый (*Lupinus angustifolius* L.) сорта Белозерный 110, Кристалл. Соотношения посевных норм высева семян изучали по схеме, представленной в таблице 56. В день посева семена обрабатывали штаммами клубеньковых и ассоциативных бактерий. Минеральные азотные удобрения – аммиачную селитру вносили в почву перед посевом в дозе N₆₀. Фосфорные – двойной суперфосфат в дозе P₄₀, калийные – хлористый калий в дозе K₉₀. В смешанных посевах изучали различные дозы NPK: N₄₀P₁₀₄K₁₀₄; N₃₀P₇₈K₇₈; N₂₀P₅₂K₅₂; N₀P₀K₀.

Биопрепараты, изготовленные на основе ризосферных микроорганизмов, были получены из ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии. Ассоциативные штаммы № 30 и № 7 флавобактерин (*Flavobacterin* sp.) и мизарин (*Arthrobakter mysorens*) соответственно, использовали для инокуляции смеси семян люпина с ячменем или яровой пшеницей, а также ризоторфин – бактериальный препарат клубеньковых бактерий (*Rhizobium lupine*) штамм № 363а, для предпосевной обработки семян люпина желтого и узколистого. Перед посевом смесь семян люпина и мятликовых культур инокулировали смесью клубеньковых бактерий и штаммом № 363а из расчета 300 г/га и ассоциативных бактерий штаммы № 30 или № 7 из расчета 400 г/га [114].

Полевые исследования проведены в различные периоды 1991–2015 гг. на серой лесной среднесуглинистой хорошо окультуренной почве, сформировавшейся на лёссовидном карбонатном суглинке. Почва содержит гумуса (по Тюрину) 3,66–3,69 %, очень высоко обеспечена подвижным фосфором (P_2O_5 по Кирсанову 300–302 мг/кг), высоко обеспечена обменным калием (K_2O по Кирсанову 261–268 мг/кг почвы), реакция почвенной среды слабокислая pH_{KCl} 5,5–5,7.

Агроклиматические условия во все годы исследований были различными, но в основном благоприятными для роста и развития люпинов, яровой пшеницы, ячменя и овса. Сумма эффективных температур за период вегетации колебалась от 2200 до 2420 °С. Годовая сумма осадков составляла 441–708 мм, гидротермический коэффициент (ГТК) варьировал от 1,21 до 1,42, что позволило растениям сформировать запрограммированный уровень урожайности.

Полевые исследования проводили по общепринятой методике [64]. Экспериментальная работа выполнялась путем постановки полевых опытов. Размер делянок: общая площадь 11,2–27,0 м², учётная – 10,0–25,0 м², повторность вариантов опыта четырех-пятикратная, расположение делянок по методу систематических повторений.

Способ посева – рядовой с междурядьями 15 см. Для расчета взаимодействия растений-компонентов в смешанных посевах использовали уравнение, которое позволяет рассчитать уровень конкурентных отношений компонентов смеси по величине прибавки урожая E_0 . Для двух компонентов смеси E_0 рассчитывали по формулам:

$$E_1 = (A : 2) - A_1,$$

где A – урожайность в одновидовом посеве первого компонента;

A_1 – урожайность первого компонента в смешанном посеве.

$$E_2 = (B : 2) - B_1,$$

где B – урожайность в одновидовом посеве второго компонента;

B_1 – урожайность второго компонента в смешанном посеве.

$$E_3 = E_1 + E_2,$$

где E_1 – прибавка или снижение урожайности первого компонента;

E_2 – прибавка или снижение урожайности второго компонента.

$$E_4 = (C_1 \times C_2) : 100,$$

где $C_1 \times C_2$ – произведение урожайности первого и второго компонентов смешанного посева.

$$E_0 = E_3 - E_4,$$

где, если $E_0 \geq 0$ – рассчитанная сумма прибавок урожайности равна или больше 0, то взаимодействие компонентов благоприятное, а конкурентные отношения минимально низкие;

если $E_0 < 0$ – рассчитанная сумма прибавок урожайности меньше 0, то взаимодействие компонентов не благоприятное, а конкурентные отношения между видами растений максимально высокие.

Исследование освещенности посевов проводили с помощью люксметра Ю-117 в фазу бутонизации люпина. Урожайность учитывали со всей учетной площади делянки по общепринятой методике [64].

Результаты исследований и их обсуждение

Интенсификация технологий возделывания люпина во многом определяется конструированием оптимальной плотности агроценоза, что существенно влияет на урожайность. Общеизвестна важнейшая роль конкурентных взаимоотношений растений в формировании урожая агрофитоценоза. Правильный подбор биологически отдаленных видов, для конструирования гетерогенных агроценозов, способен изменять их взаимоотношения от конкуренции к взаимодополнению [115].

Изучение посевных соотношений яровой пшеницы, ярового ячменя в смеси с люпином узколистным или желтым показало, что наиболее оптимальными являются посевные смеси, включающие высев 0,8–1,0 млн. всхожих семян люпина с 1,6–2,0 млн. всхожих семян яровой пшеницы или ярового ячменя при которых формируются взаимоотношения взаимодополнения (табл. 60).

Таблица 60 – Влияние посевных соотношений на урожайность зерно-смесей люпина узколистного сорт Брянский 123 и яровой пшеницы сорт Ленинградка, среднее за 1991–1993 гг., т/га

№ п/п	Варианты	Норма высева, миллионов всхожих семян на 1 га		Урожайность, т/га		Выход сырого протеина, т/га	E_0 – взаимодействие компонентов, т/га
		яровая пшеница	узколистный люпин	всего	в т. ч. яровая пшеница		
1	Яровая пшеница	5,0	-	3,91	3,91	0,47	-
2	Люпин узколистный	-	1,0	2,35	-	0,79	-
3	Яровая пшеница + люпин узколистный	1,2	0,6	3,07	2,18	0,63	$E_0 \geq 0 = 0,25$
4	Яровая пшеница + люпин узколистный	1,2	0,8	3,20	1,99	0,74	$E_0 \geq 0 = 0,17$
5	Яровая пшеница + люпин узколистный	1,2	1,0	3,28	1,87	0,77	$E_0 \geq 0 = 0,11$
6	Яровая пшеница + люпин узколистный	1,6	0,6	3,37	2,56	0,66	$E_0 < 0 = -0,02$
7	Яровая пшеница + люпин узколистный	1,6	0,8	3,35	2,28	0,72	$E_0 \geq 0 = 0,06$
8	Яровая пшеница + люпин узколистный	1,6	1,0	3,30	2,06	0,75	$E_0 \geq 0 = 0,20$
9	Яровая пшеница + люпин узколистный	2,0	0,6	3,77	2,92	0,72	$E_0 < 0 = -0,39$
10	Яровая пшеница + люпин узколистный	2,0	0,8	3,61	2,63	0,73	$E_0 < 0 = -0,25$
11	Яровая пшеница + люпин узколистный	2,0	1,0	3,71	2,64	0,77	$E_0 < 0 = -0,3$
	НСР ₀₅	-	-	0,33	-	-	-

Выход зерна наиболее ценной части зерносмеси – люпина был наибольшим (1,07–1,26 т/га), при этом урожайность зерносмеси статистически достоверно не отличалась на вариантах опыта. Среди изучаемых посевных соотношений семян выделялось соотношение 1,0 млн всхожих семян люпина узколистного и 1,2 млн всхожих семян яровой пшеницы, обеспечившие наиболее высокий выход зерна люпина узколистного 1,41 т/га и благоприятное взаимодействие $E_0 = 0,11$. При этом не установлено статистически достоверных различий по урожайности зерносмеси в опыте.

Увеличение доли яровой пшеницы, как более агрессивного компонента усиливало напряженность взаимодействия между видами до $E_0 < 0 = -0,3$ т/га. Исследования показали, что посевное соотношение семян 1,0 млн семян люпина узколистного и 1,6 млн всхожих семян яровой пшеницы было наиболее оптимальным и обеспечило максимально низкую конкуренцию между видами $E_0 \geq 0 = 0,20$ и высокую 3,30 т/га урожайность зерносмеси и выход сырого протеина 0,75 т/га. Дальнейшее увеличение доли семян яровой пшеницы в посевной смеси до 2,0 млн всхожих семян при изучаемых нормах 0,6–0,8–1,0 млн всхожих семян люпина узколистного, усиливало степень напряженности конкурентных отношений видов в посеве от $E_0 < 0 = -0,3$ до $E_0 < 0 = -0,39$. Наблюдали увеличение на 10,7–11,9 % урожайности зерносмеси, но не удалось установить статистически достоверных отличий от оптимального варианта. При этом прибавки урожайности не компенсировали увеличения затрат 15,3–36,2 % на семена (табл. 60).

Из истории растениеводства известно, что в годы снижения уровня агротехники всегда возникают «научные» рекомендации, предлагающие завышать нормы высева семян, для того чтобы сохранить уровень урожайности культур. Установлено, что при завышении плотности посева сверх оптимальных норм в 2,0–2,2 раза урожайность может вырасти всего на 10–12 %, при этом усиливается конкуренция за основные факторы жизни из-за ограниченности этих факторов или ресурсов (свет, вода, питательные элементы, пространство, CO_2 и др.) возникает острое соперничество за первоочередное и полное их использование.

В смешанных посевах у желтого и узколистного люпина, а также мятликовой культуры-компонента наблюдали ряд биологических и физиологических изменений, в том числе в структуре ветвления. В верхней части растений люпина формировались 3–5 симподиальных боковых побегов с 2–8 бобами и не образовывались боковые побеги нижнего яруса, а у мятликовой культуры-компонента увеличивалось число (5–9) продуктивных побегов на растение.

Люпин в смешанных посевах созревал на 5–7 дней раньше одновидовых посевов, что особенно важно в районах его неустойчивого вызревания. У злаковых

культур семенная продуктивность определялась числом колосьев (5–9 и более) на растении. В смешанном посеве на формирование урожайности благоприятно влияло повышение массы 1000 семян [115].

При оптимальных соотношениях культур в посеве суммарная площадь листьев узколистного люпина и яровой пшеницы на 12,5–20,0 % превышала среднюю сумму площади листьев одновидовых посевов этих культур (табл. 61).

Таблица 61 – Влияние соотношения компонентов люпина узколистного сорт Брянский 123 и яровой пшеницы сорт Ленинградка в гетерогенном посеве на площадь листьев, среднее за 1996–2003 гг., м²/м²

Варианты	Норма высева, миллионов всхожих семян на 1 га	Площадь листьев, м ² /м ²		Всего, м ² /м ²
		люпин узколистный	яровая пшеница	
Люпин узколистный	1,0	3,88	-	3,88
Яровая пшеница	5,0	-	3,12	3,12
Люпин узколистный + яровая пшеница	0,6+1,2	1,57	1,35	2,92
Люпин узколистный + яровая пшеница	0,8+1,2	2,02	1,48	3,50
Люпин узколистный + яровая пшеница	1,0+1,2	2,12	1,86	3,98
Люпин узколистный + яровая пшеница	0,6+1,6	1,56	1,92	3,48
Люпин узколистный + яровая пшеница	0,8+1,6	2,09	1,43	3,52
Люпин узколистный + яровая пшеница	1,0+1,6	2,22	1,72	3,94
Люпин узколистный + яровая пшеница	0,6+2,0	1,42	2,39	3,81
Люпин узколистный + яровая пшеница	0,8+2,0	1,56	2,43	3,99
Люпин узколистный + яровая пшеница	1,0+2,0	1,50	2,70	4,20
НСР ₀₅	-	0,26	0,21	0,36

Суммарный индекс листовой поверхности в люпина-пшеничном посеве составил 3,94–4,20 м²/м². Аккумуляция солнечной энергии посевами зависит от индекса листовой поверхности посевов, а при увеличении использования ФАР посевами повышается урожайность. В посевах сельскохозяйственных культур западной части Европейской России, КПД ФАР может быть увеличен до 2–5 %, а в технологии возделывания люпина-мятликовых посевов продуктивность зерносмеси может возрасти в 2–2,5 раза и достигнуть 7,0–9,0 т/га.

Листовой индекс в люпина-ячменном агроценозе был на 42 % больше, чем средняя сумма площади листьев одновидовых посевов, а в технологиях с внесением N_{60} на 62 % (табл. 62).

Таблица 62 – Влияние минерального азота на показатели фотосинтетической деятельности растений ячменя сорт Зазерский 85 и люпина узколистного сорт Белозерный 110, среднее за 2013–2015 гг.

Варианты	Без удобрений			Аммиачная селитра N_{60}			
	Площадь листьев, тыс. м ² /га	ФП, млн м ² /га в сут.	ЧПФ, г/м ² в сут.	Площадь листьев, тыс. м ² /га	ФП, млн м ² /га в сут.	ЧПФ, г/м ² в сут.	
Ячмень	14,9	1,32	2,3	22,1	1,52	3,0	
Люпин	18,9	1,35	3,2	25,4	1,71	4,5	
Ячмень + люпин	ячмень	12,8	1,25	3,0	16,6	1,41	3,5
	люпин	16,1	1,33	3,4	21,7	1,58	4,2
Сумма в смешанном посеве	28,9	2,58	6,4	38,3	2,99	7,7	
Смешанный посев, % к средней сумме одновидовых посевов	+42,0	+51,8	+43,0	+62,0	+53,8	+48,7	

В гетерогенном посеве (люпин + ячмень) увеличивается интенсивность фотосинтеза. На 30–35 % возрастает поглощение CO_2 по сравнению со средней суммой в одновидовых посевах, однако у люпина поглощение CO_2 снижалось на 8 %, а у ячменя повышалось на 57,8 %, ячмень как бы «поглощал» углекислоту люпина. Урожайность зерна люпина снижалась в смешанном посеве на 8–10 % [116]. При этом общий фотосинтетический потенциал увеличивался на 51,8 %, а при внесении аммиачной селитры – на 53,8 % по сравнению со средней суммой одновидовых посевов, что указывает на благоприятное взаимодействие листьев изучаемых культур в посеве. Чистая продуктивность фотосинтеза увеличилась с 43,0 % до 48,7 % и выросла с 6,4 до 7,7 г/м² в сутки на фоне внесения азота, что указывает на необходимость дополнительного внесения минерального азота в

интенсивных технологиях возделывания смешанных посевов для увеличения урожайности зерна (табл. 62).

Несмотря на увеличение листового индекса в гетерогенных посевах люпин к фазе бутонизации испытывают дефицит солнечной энергии, так как оказываются затененными верхним ярусом листьев более высокорослого и быстро растущего на этот период ячменя (табл. 63).

Таблица 63 – Освещенность ячменя сорт Зазерский 85 и люпина узколистного сорт Белозерный 110, в фазу бутонизации люпина в гетерогенных посевах, среднее за 2010–2013 гг., тыс. люкс/м²

Варианты	На поверхности почвы посева	Средний ярус посева	Верхний ярус посева
Люпин – контроль	9	25	45
Ячмень – контроль	8	22	44
Люпин + ячмень – контроль	7	19	41
Люпин + ризоторфин штамм 363а	7	18	38
Ячмень + флавобактерин штамм 30	6	18	38
Люпин + ячмень + ризоторфин штамм 363а	6	18	39
Люпин + ячмень + флавобактерин штамм 30	5	17	38
Люпин + ячмень + ризоторфин штамм 363а + флавобактерин штамм 30	4	17	37

В одновидовых посевах на поверхности почвы освещенность была в 2,7–2,8 раза ниже, чем в среднем ярусе посева и в 5–5,5 раз меньше, чем в верхнем ярусе. При оптимальных соотношениях компонентов увеличение площади листьев в смешанных посевах не вызывало затенения посева, но в конкуренции за свет выигрывали растения ячменя (табл. 63).

Установлено, что между урожайностью зерна смешанного посева и площадью листьев существует прямая тесная корреляция ($r = 0,76$). При конструировании люпина-мятликовых посевов важно учитывать этот показатель, так как урожайность зерносмеси повышается за счет увеличения чистой продуктивности

фотосинтеза на 26,8 %, по сравнению со средней суммой урожайности одновидовых посевов, а урожайность сухого вещества зеленой массы на 22,6 %, что ценно для производства зерносенажа (табл. 64).

Таблица 64 – Урожайность зерна и выход сухого вещества зеленой массы растений люпина узколистного сорт Брянский 123 и пшеницы яровой сорт Ленинградка в отчуждаемой части биомассы одновидовых и гетерогенных посевов, среднее за 1996–2003 гг., т/га

Варианты	Норма высева, млн всхожих семян на 1 га	Урожайность, т/га			
		зерно		сухое вещество зеленой массы	
		люпин	пшеница	люпин	пшеница
Люпин узколистный	1,0	2,41	-	7,02	-
Пшеница яровая	5,0	-	3,34	-	11,55
Люпин узколистный + пшеница яровая	1,0 + 2,0	1,25	2,68	2,30	9,70
К средней сумме одновидовых посевов, %	-	26,8		22,6	

В смешанном посеве в урожае зерна и сухого вещества зеленой массы азота накапливалось на 29–33 %, фосфора на 38–45 %, калия на 44–59 % больше, чем в средней сумме урожаев зерна и вегетативной массы, одновидовых посевов люпина узколистного и пшеницы яровой. Такая же тенденция была характерна и для люпина-ячменных посевов. При этом урожайность зерносмеси даже без внесения в почву минерального NPK была больше на 26–30 %, а выход белка – на 45–55 % к средней сумме урожаев зерна компонентов.

В интенсивных технологиях для повышения урожайности необходимо вносить оптимальные дозы минеральных удобрений. В среднем за годы опытов наибольшую урожайность семян – 4,63–4,43 т/га формировали совместные посевы люпина с овсом и люпина с ячменем при внесении удобрений в дозах N₄₀P₁₀₄K₁₀₄. По мере уменьшения вносимых доз минеральных удобрений снижалась урожайность зерносмеси до 39,8–35,9 ц/га. Наибольшим выходом семян люпина – 52,5–51,7 % отличался агрофитоценоз из смеси люпина узколистного с

пшеницей яровой и люпина узколистного с ячменем без внесения удобрений $N_0P_0K_0$ (табл. 65).

Таблица 65 – Влияние минеральных удобрений на урожайность зерносмесей и выход семян люпина в гетерогенных посевах люпина узколистного (Кристалл) с пшеницей яровой (Лада), овсом (Козырь), ячменем яровым (Эльф), среднее за 2003–2005 гг.

Дозы удобрений	Урожайность зерносмесей, ц/га	Выход семян люпина в смеси, %
Люпин узколистный + пшеница яровая		
$N_{40}P_{104}K_{104}$	31,1	48,3
$N_{30}P_{78}K_{78}$	27,7	49,3
$N_{20}P_{52}K_{52}$	25,1	52,2
$N_0P_0K_0$	21,1	52,5
Люпин узколистный + овес		
$N_{40}P_{104}K_{104}$	46,3	45,5
$N_{30}P_{78}K_{78}$	42,6	46,4
$N_{20}P_{52}K_{52}$	39,3	47,4
$N_0P_0K_0$	27,4	48,9
Люпин узколистный + ячмень яровой		
$N_{40}P_{104}K_{104}$	44,3	47,5
$N_{30}P_{78}K_{78}$	39,8	48,4
$N_{20}P_{52}K_{52}$	35,9	50,3
$N_0P_0K_0$	27,8	51,7

Установлено, что в смешанных люпина-ячменных посевах в результате экзосмоса корней люпина узколистного выделялись азотистые вещества, которые поглощались растениями ячменя. Симбиотический азот люпина, как показали химические анализы растений, составил более 25 % от всего объема азота, потребленного ячменем в процессе формирования урожая (табл. 66).

Важным достоинством технологий выращивания люпина в смешанных посевах являлось то, что в их биомассе вынос азота из почвы был меньше, чем в средней сумме выноса азота в одновидовых посевах культур-компонентов.

Выход зерна пшеницы яровой в зерносмеси достигал 60 % и выше, а в рас-

чете на 1 ц затраченных на посев семян он в 2,2 раза был выше выхода в одновидовых посевах. При этом у пшеницы яровой на 3,0–3,4 % увеличилось содержание белка в зерне и выход сырой клейковины на 6–8 % и более по сравнению с одновидовым посевом (табл. 66).

Таблица 66 – Поглощение азота культурами в одновидам и смешанном посевах люпина узколистного (Брянский 123) и ячменя (Зазерский 85), среднее за 2010–2013 гг., г/м²

Культура и вид посева	Количество растений, шт/м ²	Поглощено азота биомассой растений, г/м ²			Поглощено, в том числе симбиотического азота, биомассой ячменя, %
		молекулярного из воздуха	минерального из почвы	всего	
Люпин в одновидовом посеве	75	20,02	6,51	32,53	80,0
Ячмень в одновидовом посеве	264	Нет	24,37	24,37	Нет
Люпин в смешанном посеве	70	7,59	5,81	13,40	56,6
Ячмень в смешанном посеве	130	6,06	17,94	24,00	25,3

Хлебопекарные свойства муки из зерна яровой мягкой пшеницы по классности достигали показателей средней хлебопекарной силы, и она была пригодна для выпечки хлеба без добавки улучшителя – муки пшеницы твердой, при этом не требовалось внесение минеральных азотных удобрений (табл. 67).

Выращивание пшеницы яровой в гетерогенном посеве с люпином изменяло у нее процессы синтеза белка и крахмала. Содержание белка в зерне яровой мягкой пшеницы повышалось с 12,5–13,9 % на контроле в одновидовом посеве до 15,5–16,3 % и клейковины до 25–28 % в смешанном посеве без внесения минерального азота на дерново-подзолистой почве западной части РФ.

Результаты химических анализов свидетельствуют, что в гетерогенном люпина-ячменном посеве у ячменя возникает та же закономерность, что и у яровой

пшеницы – повышается содержание белка в зерне с 8–12 % на контроле до 13–16 % в смешанном посеве и снижается содержание крахмала с 49 до 42 %.

Таблица 67 – Влияние нормы высева семян на качество зерна пшеницы яровой мягкой (Приокская) в одновидовом и гетерогенном посеве с люпином узколистным (Брянский 123), среднее за 1994–1996 гг.

Вид посева	Норма высева, млн всхожих семян/га	Урожайность, т/га		Состав зерна пшеницы яровой, %			Хлебопекарная сила муки	Качество (класс)
		всего	в том числе пшеницы яровой	белок	крахмал	клейковина		
Пшеница яровая	5,0	3,17	3,17	12,9	48,1	22,0	Слабая	IV
Пшеница яровая + люпин	1,2+0,8	3,61	1,92	13,8	47,2	25,4	Слабая	III
Пшеница яровая + люпин	2,0+1,0	3,72	2,12	14,9	45,8	27,2	Средняя	II
Пшеница яровая + люпин	1,2+1,0	3,53	2,02	16,3	43,6	28,0	Средняя	II

Важным достоинством технологий выращивания смешанных посевов с люпином является их высокая стабильность урожайности зерна. Например, коэффициент вариабельности урожайности зерносмеси в 1995–1997 гг. составил 4,6 %, в то время как в одновидовом посеве люпина он превысил четверть урожайности и был равен 26 %, а у ячменя достигал 8 %.

В зеленой массе смешанного люпина-ячменного посева улучшается качество зеленой массы, что крайне ценно для кормопроизводства. Увеличивается выход белка в урожае зерна на 67,0 %, а в вегетативной массе на 69,8 % по сравнению со средней суммой выхода белка в одновидовых посевах (табл. 68).

Одной из серьезных проблем снижающих урожайность смешанных посевов является засоренность полей. Борьба с сорной растительностью на полях, которые планируются под смешанные посевы, должна начинаться в летне-осенний период. Технология полупаровой обработки почв с применением гербицидов

позволяет на 85–95 % очистить поле, в том числе и от трудноискоренимых сорняков. Кроме того, существуют рекомендации по применению гербицидов в люпина-мятликовых посевах. Для борьбы сорной растительность в люпина-мятликовых гетерогенных посевах рекомендуют использовать гербициды: рейсер, стомп, гезагард, прометрекс. Норма внесения препаратов гезагард и прометрекс должна быть уменьшена до 1,0–1,5 кг/га [118].

Таблица 68 – Качество зерна и вегетативной массы культур в одновидовых и смешанных посевах люпина узколистного (Брянский 123) и ячменя (Зазерский 85), среднее за 2013–2015 гг.

Вид посева	Количество растений к уборке, шт/м ²	Содержание в зерне, %		Выход белка, т/га			Выход белка к средней сумме выхода белка одновидовых посевов	
		белка	крахмала	в зерне	в вегетативной массе	всего в биомассе	всего в среднем, т/га	%
Люпин в одновидовом посеве	75	37,0	-	0,81	1,32	2,44	1,81	100
Ячмень в одновидовом посеве	264	12,2	48,9	0,37	1,11	1,48		
Люпин в смешанном посеве	70	36,5	-	0,46	0,63	1,09	2,64	47,6
Ячмень в смешанном посеве	130	15,7	42,1	0,42	1,11	1,53		

Опубликованы результаты опытов по применению гезагарда КС в смешанных посевах ячменя с люпином узколистным в норме 1,5–3,0 л/га и более эффективное совместное применение 1,5 л/га гезагарда КС и 0,3 кг/га зенкора ВДГ. При посеве с нормой 3,5 млн всхожих семян ячменя и 1,5 млн всхожих семян люпина узколистного в 2004–2006 гг. засоренность посевов была высокая 126 шт/м² сорняков. При этом автор не отмечает подавления сорняков на контроле за счет высокой нормы высева компонентов. Он указывает, что общая засоренность при внесении гербицидов снизилась на 94 %, а сохраненный урожай составил 1,41 т/га зерна [119].

Современные селекционные сорта полевых растений, как правило, состоят из генетически идентичных особей и характеризуются слабой фенотипической вариацией. Выровненная популяция новых сортов неустойчива, так как мало пластична: все ее особи занимают одну и ту же нишу, одинаково реагируют на улучшение и ухудшение условий среды. Конкуренция внутри такой популяции максимальная. Все особи такой популяции при неблагоприятных условиях одновременно погибают.

Установлено, что в смешанном посеве у мятликовой культуры увеличивается на 36–42 % ширина листовых пластинок. Это повышает парусность агроценоза, создает механическую преграду движению спор инфекции. За счет физиологических изменений, повышенного накопления лигнина у люпина в цветоносе на 52,1 %, а в створках бобов на 88,8 % в смешанном посеве повышается его полевой фитоиммунитет к болезням по сравнению с одновидовым посевом [120].

Распространение болезней люпина сокращалось в 2–8 раз (табл. 69).

Таблица 69 – Распространение болезней люпина в одновидовом и гетерогенном посевах, среднее за 1995–1997 гг., %

Способ посева	Антракноз	Серая гниль и другие болезни
Люпин в одновидовом посеве	40–46	13–14
Люпин в смешанном посеве с ячменем	5–18	2–3

Экономическая оценка технологий возделывания люпина-пшеничных и люпина-ячменных посевов показала, что высокорентабельным (143,3 %) является производство зерносмеси и зеленой массы по малозатратной биологизированной технологии, обеспечившей чистый доход – 14,72 тыс. руб./га при цене реализации зерна 9,5 руб./кг. Гетерогенные люпина-мятликовые посевы – эффективный путь биологизации растениеводства, повышения урожайности зерна и зеленой массы, сбережения и повышения плодородием почв в условиях западной части Европейской России.

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП СПЕЛОСТИ

В.Е. Ториков, М.В. Котиков, П.А. Величко

Картофель традиционно относится к числу важнейших сельскохозяйственных культур разностороннего использования. Ключевым фактором развития картофелеводства является использование высококачественного семенного материала, что является серьезной проблемой для западной части Европейской России. Применение любых других способов интенсификации отрасли (удобрения, пестициды, техника) не дает должной отдачи, если используется обезличенный, пораженный болезнями семенной фонд.

Повысились требования к сортам картофеля по качеству. Растущее производство различного рода полуфабрикатов – картофельных хлопьев, крупки, крекеров, чипсов, жареного картофеля и других – требует высококачественного сырья. Сорта картофеля для переработки должны содержать сухих веществ не менее 20–22 %; редуцирующих сахаров не более 0,25–0,30 % (допускается до 0,40 %). Форма клубней для производства хрустящего картофеля – от круглой до округло-овальной, размером от 35–40 до 60–65 мм по наибольшему поперечному диаметру; для соломки, гарнирного картофеля – овально-продолговатая; для пюре – любая. Глазки на клубнях должны быть поверхностными, поскольку при глубоких требуется доочистка вручную. Важный показатель сорта – цвет мякоти, для переработки предпочтительнее сорта с желтой мякотью [121–123].

Сорта нового поколения должны обладать следующими свойствами: 1) высокая урожайность; 2) привлекательный внешний вид; 3) устойчивость к механическим повреждениям, а также распространенным вредителям и болезням; 4) длительный период покоя; 5) отзывчивость к минеральному питанию; 6) клубни с поверхностными глазками; 7) высокая экологическая пластичность к неблагоприятным погодным условиям (засуха, переувлажнение, высокая температура);

8) универсальное назначение – пригодность как для промышленной переработки, так и для столовых целей.

Цель исследований – изучить и рекомендовать производству высокоурожайные комплексно устойчивые к неблагоприятным факторам среды сорта картофеля, адаптированные к условиям западной части Европейской России.

Объекты, условия и методика проведения исследований. Изучали следующие сорта картофеля (*Solanum tuberosum* L.) разных групп спелости отечественной и зарубежной селекции: **ранние** – Удача, Импала, Пароли, Коломбо, Першацвет, Реал, Кармен, Гулливер, Крепыш; **среднеранние** – Эволюшен, Аризона, Королева Анна, Гала, Индиго, Бельмонда, Ред Леди, Лилли, Лабелла, Тайфун, Калинка, Манифест; **среднеспелые** – Колобок, Айл Оф Джура, Фаворит, Сильвана, Вега; **среднепоздние** – Журавинка, Челленджер, Арсенал, Вектар, Краса Мещеры; **поздние** – Мондео, Церата, Пикассо.

Исследования проводили в 2018–2020 гг. на стационарном опытном поле Брянского ГАУ. Почва – серая лесная среднесуглинистая хорошо окультуренная на лёссовидном карбонатном суглинке; среднегумусирована (гумуса 3,66–3,69 % по Тюрину), очень высоко обеспечена подвижными соединениями фосфора (300–302 мг P_2O_5 /кг почвы по Кирсанову) и обменным калием (261–268 мг K_2O /кг почвы по Кирсанову), реакция почвенной среды близкая к нейтральной (pH_{KCl} 5,8–6,0). Структура агрогоризонта почвы – комковато-зернистая, переходящая в верхней части в комковато-пылеватую, способную заплывать и слипаться после дождей, уплотняться и образовывать трещины в сухую погоду.

Полевой опыт однофакторный со схемой посадки клубней 70×25 см. Осенью после уборки озимой пшеницы (предшественник), вносили навоз из расчета 40 т/га и хлористый калий из расчета по 1,5 ц/га, весной при посадке и в период вегетации картофеля применяли сложные минеральные удобрения. Фон минеральных удобрений: $N_{150}P_{90}K_{150}$. Полевой опыт и обработку его результатов проводили по методике ГСУ, соответствующим рекомендациям и указаниям [64, 124, 96].

Погодные условия в период проведения полевых исследований представлены и проанализированы в главе 1 настоящей монографии.

Результаты исследований и их обсуждение

Среди ранних сортов в среднем за годы исследований наивысшую урожайность (63,4–65,3 т/га) обеспечил сорт Першацвет селекции Республики Беларусь. В качестве стандарта был взят сорт Удача, селекции ВНИИКХ имени А.Г. Лорха, который сформировал в среднем по 54,2 т/га. По отношению к стандарту все изучаемые сорта в среднем за годы опытов по уровню урожайности были практически одинаковы (табл. 70).

Таблица 70 – Урожайность (У, т/га) и коэффициент адаптивности (КА) сортов картофеля ранней группы спелости

Сорт	2018 г.		2019 г.		2020 г.		В среднем за 3 года	
	У	КА	У	КА	У	КА	У	КА
Удача (st)	46,3	0,90	57,6	1,05	58,7	1,05	54,2	0,99
Импала	49,4	0,95	55,4	1,02	56,7	1,01	53,8	0,99
Пароли	54,6	1,05	60,3	1,11	60,4	1,08	58,4	1,08
Коломбо	50,2	0,97	50,3	0,92	65,4	1,20	55,3	1,02
Першацвет	63,4	1,22	64,6	1,19	65,3	1,17	64,4	1,19
Реал	54,7	1,05	52,1	0,96	54,6	0,98	53,8	0,99
Кармен	55,6	1,07	55,4	1,02	48,6	0,87	53,2	0,98
Гулливер	45,7	0,88	45,5	0,83	45,6	0,81	45,6	0,84
Крепыш	47,3	0,91	49,5	0,91	48,6	0,87	48,5	0,90
Средняя У по группе	52,0		54,5		56,0		54,1	
НСР ₀₅ для У	6,93							

В среднем за 3 года высокой урожайностью (58,4 т/га) отличался сорт Пароли. Сорта Коломбо, Удача, Импала, Реал и Кармен характеризовались наиболее стабильной урожайностью – от 53,2 до 55,3 т/га.

Среди ранних сортов наиболее адаптивными оказались Першацвет (1,19), Пароли (1,08) и Коломбо (1,02). В среднем коэффициент адаптивности у ранних сортов за годы проведения исследований находился в пределах от 0,84 до 1,19.

Сорта Удача, Импала и Реал отличались невысокой устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды (КА 0,99). У сорта Гулливер коэффициент адаптивности был наименьшим.

Среди среднеранних сортов картофеля за годы исследований самой высокой урожайностью отличился сорт Ред Леди (68,4 т/га). По годам его урожайность варьировала от 62,5 до 72,5 т/га, что свидетельствует о высоком продукционном потенциале. Урожайность несколько снижалась у сорта Бельмонда (61,0 т/га) и у сорта Эволюшен (59,4 т/га). По отношению к стандарту (Эволюшен) все изучаемые сорта в среднем за годы исследований по урожайности клубней были ниже на 3,9 т/га (табл. 71).

Таблица 71 – Урожайность (У, т/га) и коэффициент адаптивности (КА) сортов картофеля среднеранней группы спелости

Сорт	2018 г.		2019 г.		2020 г.		Средние за 3 года	
	У	КА	У	КА	У	КА	У	КА
Эволюшен (st)	58,7	1,06	60,4	1,07	59,0	1,08	59,4	1,07
Аризона	45,5	0,8	60,5	1,07	54,3	0,99	53,4	0,96
Королева Анна	55,4	1,0	54,2	0,96	62,3	1,14	57,3	1,03
Гала	50,8	0,92	48,4	0,86	46,3	0,85	48,5	0,80
Индиго	50,6	0,91	40,5	0,72	41,3	0,76	44,1	0,80
Бельмонда	57,3	1,03	63,5	1,13	62,4	1,14	61,0	1,10
Ред Леди	72,5	1,3	70,3	1,24	62,5	1,14	68,4	1,23
Лилли	58,7	1,06	58,6	1,04	55,6	1,02	57,6	1,01
Лабелла	62,5	1,13	55,7	0,99	57,6	1,05	58,5	1,06
Тайфун	51,2	0,92	62,7	1,11	48,5	0,89	54,1	0,97
Калинка	50,3	0,91	52,3	0,93	52,1	0,95	51,7	0,93
Манифест	52,4	0,94	48,6	0,86	54,3	0,99	51,8	0,93
Средняя У по группе	55,5		56,3		54,7		55,5	
НСР ₀₅ для У	7,74							

У среднеранних сортов средний коэффициент адаптивности находился в пределах от 0,8 до 1,23. Наибольшую адаптивность проявили сорта Ред Леди

(1,23) и Бельмонда (1,1). У сортов Гала и Индиго коэффициент адаптивности составил 0,8.

Среди среднеспелых сортов картофеля в среднем за годы исследований наибольшая урожайность была у сорта Вега (56,7 т/га). Наивысшая урожайность (58,6 т/га) была получена в 2019 г. Сорта Сильвана и Фаворит уступали сорту Вега лишь на 2,3 % и 5,2 %, соответственно (табл. 72).

Таблица 72 – Урожайность (У, т/га) и коэффициент адаптивности (КА) сортов картофеля среднеспелой группы

Сорт	2018 г.		2019 г.		2020 г.		В среднем за 3 года	
	У	КА	У	КА	У	КА	У	КА
Колобок (st)	48,5	0,93	48,4	0,97	49,2	0,91	48,7	0,94
Айл Оф Джура	50,3	0,97	49,3	0,99	51,8	0,96	50,5	0,97
Фаворит	53,7	1,03	52,3	1,05	55,4	1,02	53,8	1,03
Сильвана	55,4	1,07	50,5	1,01	60,3	1,11	55,4	1,06
Вега	56,4	1,08	58,6	1,17	55,4	1,02	56,7	1,09
Средняя У по группе	52,0		50		54,2		52,1	
НСР ₀₅ для У	4,42							

Отечественный сорт Колобок являлся стандартом. По отношению к нему все изучаемые сорта обеспечили увеличение урожайности клубней от 1,8 до 8,0 т/га. В среднем за годы исследований они обеспечили прибавку урожайности в количестве 3,4 т/га. Наибольшими коэффициентами адаптивности обладали среднеспелые сорта Вега и Сильвана (табл. 72).

Среди среднепоздних сортов наивысшую урожайность (60,2 т/га) за 3 года исследований обеспечил белорусский сорт Журавинка, взятый за стандарт. Среди других урожайных сортов выделились Вектар и Челленджер со средней урожайностью 56,4 и 54,1 т/га соответственно. Высокие коэффициенты адаптивности были у сортов Журавинка и Вектор (табл. 73).

Таблица 73 – Урожайность (У, т/га) и коэффициент адаптивности (КА) сортов картофеля среднепоздней и поздней групп спелости

Сорт	2018 г.		2019 г.		2020 г.		В среднем за 3 года	
	У	КА	У	КА	У	КА	У	КА
Группа среднепоздних сортов								
Журавинка (st)	60,5	1,11	59,6	0,91	60,4	0,90	60,2	0,98
Челленджер	63,4	0,85	48,4	0,95	50,4	0,95	54,1	0,92
Арсенал	48,4	1,06	50,2	1,01	53,6	1,07	50,7	1,09
Вектар	55,4	0,97	53,6	1,01	60,3	1,07	56,4	1,02
Краса Мещеры	46,7	0,80	47,6	0,90	49,3	0,88	47,9	0,87
Средняя У по группе	56,9		52,9		56,2		55,3	
НСР ₀₅ для У	7,98							
Группа поздних сортов								
Мондео (st)	58,3	1,01	49,5	1,00	55,3	0,99	54,4	1,00
Церата	59,4	1,03	50,7	1,03	58,5	1,04	56,2	1,03
Пикассо	55,3	0,96	47,5	0,97	54,5	0,97	52,4	0,97
Средняя У по группе	57,7		49,2		56,1		54,3	
НСР ₀₅ для У	1,57							

В группе поздних сортов наивысшая урожайность (56,2 т/га) в среднем за 3 года исследований была у сорта Церата. Этот сорт и сорт Мондео отличались наиболее высокими коэффициентами адаптивности (табл. 73).

Итак, трехлетние полевые исследования, проведенные на серой лесной среднесуглинистой хорошо окультуренной почве, сформировавшейся на лёссовидном карбонатном суглинке, позволяют рекомендовать для широкого возделывания в западной части Европейской России следующие перспективные сорта картофеля: раннего – Першацвет, Пароли и Удача; среднераннего – Ред Леди, Бельмонда и Эволюшен; среднеспелого – Вега, Сильвана и Фаворит; среднепозднего – Журавинка и Вектор; позднего – Церата и Мондео.

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА СЕМЕНА В ИНТЕНСИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

В.Е. Ториков, С.Н. Ковтунов

Агроклиматические и почвенные условия западной части Европейской России по мере их иссушения и потепления [5] все больше соответствуют биологическим требованиям подсолнечника культурного посевного (*Helianthus cultus sativus Wenzl.*), площади которого продолжают расширяться, а урожайность семян современных гибридов достигает 4,5 т/га, что соответствует величине максимальной урожайности в зависимости от прихода ФАР.

Программирование урожайности семян подсолнечника в Брянской области [125] дало следующие результаты. Приход ФАР на посеvy за период вегетации ($T_v = 143$ дня) составляет 146,9 кДж/см² (ΣQ). На каждый килограмм семян накапливается 23279 кДж (q) энергии. При этом $K_m = 0,25$ (1:1,4 части), а при влажности 10 % $K_m = 0,278$ (0,25:90 % сухого вещества $\times 100$ %). Подставив эти значения в формулу, определяли урожайность семян при коэффициенте полезного использования (КПИ) ФАР 2 %:

$$U_{\text{пy}} = 10 \times 2 \% \times 0,278 \times 146,9 \text{ кДж/см}^2 : 23279 \text{ кДж/кг} = 3,51 \text{ т/га.}$$

При КПИ ФАР 2,5 % урожайности семян составила 4,39 т/га (табл. 74).

Таблица 74 – Урожайность семян подсолнечника по БКП и ФАР при КПИ ФАР 2 % и 2,5 %

T_v , дни	Σt° , °С	БКП, баллы	β , ц семян на 1 балл	У семян, т/га	ΣQ , кДж/см ²
КПИ ФАР 2 %					
143	1250	2,45	14,33	3,51	146,9
КПИ ФАР 2,5 %					
143	1250	3,06	17,91	4,39	220,4

Преимущество подсолнечника по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами – засухоустойчивость. Он способен извлекать воду из глубо-

ких слоев почвы. Хорошая опушенность стеблей и листьев, а также приспособленность устьиц к неослабевающей транспирации обеспечивают ему большую устойчивость к жаре и засухе до начала цветения. Больше всего влаги (60 %) подсолнечник потребляет в период от образования корзинки до конца цветения. Недостаток ее в почве в это время – одна из причин пустозерности в центре корзинок. В этой связи большое значение для подсолнечника имеют осенне-зимние запасы влаги в почве.

Оптимальный срок посева подсолнечника в Брянской области – 8–9 мая. Потребность его в тепле зависит от продолжительности вегетации возделываемого гибрида. Для скороспелых гибридов сумма активных температур составляет 1850 °С, раннеспелых – 2000, среднеспелых – 2150 °С. Из этого количества тепла примерно 2/3 приходится на период от всходов до цветения и 1/3 – от цветения до созревания. Период вегетации с температурой воздуха выше +10 °С составляет 122 дня.

Подсолнечник – растение короткого дня. При выращивании среднеспелых гибридов по сравнению со скороспелыми гибридами вегетационный период удлиняется. Он нуждается в солнечном свете, при затенении и пасмурной погоде его рост и развитие угнетаются.

Подсолнечник очень требователен к наличию в почве элементов минерального питания. В зависимости от продуктивности его гибридов на образования 1 т семян необходимо в килограммах N 40–60; P₂O₅ 20–50; K₂O 80–120; MgO 17; SO₄ 30. Особенно много питательных веществ требуется в период от образования корзинки до цветения, когда растение энергично накапливает органическую массу. Ко времени цветения подсолнечник поглощает азота 60 %, фосфора 80 % и калия 90 % от их общего выноса из почвы за весь период вегетации. На ранних фазах вегетации, когда закладываются генеративные органы, растения особенно требуют обеспеченности фосфором. Интервал реакции почвенной среды, благоприятный для роста подсолнечника, составляет рН_{KCl} 6,0–6,8 [126].

Для защиты посевного материала и проростков подсолнечника от инфекций, передающихся с семенами, и от болезней, возбудители которых находятся в почве, применяют следующие протравители: смачивающиеся порошки ТМТД

из расчета 2–3 кг/т, или сумилекс – 4 кг/т, или бенлат – 3 кг/т; от белой и серой гнили и фомопсиса используют препарат ровралфло 8 кг/т или смачивающийся порошок роврал – 4 кг/т. Кроме различных гнилей подсолнечник поражают ложная мучнистая роса, ржавчина, фомоз и другие болезни. От их комплекса эффективен препарат Титул Дуо, ККР из расчета 0,5 л/га.

Сорную растительность на посевах подсолнечника уничтожают почвенными гербицидами Ацетал Про КЭ – 3 л/га или Гезагард – 1 л/га в допосевной или довсходовый периоды в сочетании с механическими обработками. Для повышения действия гербицидов сорняки должны находиться в фазе активного роста. Наиболее эффективно их опрыскивать в фазе 2–4 листьев подсолнечника препаратами Фюзилад-Форте – 1 л/га, Миура – 1 л/га [126].

Условия и методика проведения исследований

Агрометеорологические условия 2016–2018 гг. отличались от среднегодовых температурными колебаниями и неравномерностью выпадения атмосферных осадков (см. главу 1). Величины ГТК в мае–июле 2016 г. были на уровне среднегодовых значений, за исключением августа. Весенне-летние месяцы 2017 г. были нетипичным для региона – ГТК в июле был почти в 2 раза выше среднегодовых значений, а в августе составлял 0,52. В 2018 г. все показатели ГТК были ниже по сравнению со среднегодовыми значениями. В целом за годы исследований ГТК в период вегетации подсолнечника находился в пределах 1,15–1,23 при среднегодовом значении – 1,3.

Эффективность производства семян гибридов подсолнечника зарубежной селекции изучали в 2016–2018 гг. в многолетнем полевом опыте Брянского ГАУ на серой лесной среднесуглинистой почве, сформированной на лёссовидном карбонатном суглинке, содержащей гумуса 3,6 %, P_2O_5 – 285–302 и K_2O – 178–194 мг/кг почвы, с реакцией почвенной среды pH_{KCl} 5,6.

Площадь опытных участков была по 50 м², на площади их размещали систематически в четырехкратной повторности. В севообороте предшественником подсолнечника была викоовсяная смесь.

Посев производили при прогреве почвы на глубине 5 см до 8 °С. Сумма эффективных температур от посева до появления всходов составляла 70–80 °С. Для

посева использовали элитные, очищенные, откалиброванные и протравленные семена различных селекционных компаний с массой 1000 семян более 50 г и всхожестью не ниже 95 %. Их высевали 6–7 мая пунктирным способом пневматической сеялкой СПЧ-6 МФ с боронами и шлейфами на глубину 5 см с междурядьями 70 см. Норму посева рассчитывали на конечную густоту растений 60 тыс./га.

Весовую норму посева семян определяли исходя из оптимальной густоты растений к моменту уборки урожая. Поправку к норме посева устанавливали с учетом полевой всхожести семян, которая на 10–15 % ниже лабораторной, гибели растений при бороновании посевов по всходам (8–10 %) и естественного отхода растений (до 5 %). Весовая норма посева семян при 80 % полевой всхожести, густоте стояния 60 тыс. растений на 1 га и массе 1000 семян 60 г составляла 4,5 кг/га [127].

Под планируемую урожайность семян 3,5 т/га с осени вносили хлористый калий из расчета K_2O 92 кг/га, а весной под предпосевную культивацию – азотосуду из расчета НРК по 88 кг/га сеялкой СЗТ-3,6. В фазу 3–4 листьев проводили подкормку аммиачной селитрой из расчета N 34,5 кг/га.

Против однолетних злаковых и двудольных сорняков до всходов подсолнечника использовали гербицид Камелот при норме расхода 3 л/га, а в фазе 2–4 листьев – Миура 1 л/га. При появлении долгоносика была проведена одна инсектицидная обработка препаратом Шарпей 0,2 л/га.

Убирают подсолнечник зерноуборочными комбайнами при побурении 85–90 % корзинок (влажность семян 12–14 %). Послеуборочная обработка семян подсолнечника включает очистку их от примесей и сушку. Температура сушки семенного материала не должна превышать 43 °С, а товарных маслосемян – около 70 °С. Очищенные семена с влажностью 8–9 % хранят при влажности воздуха 60 % и температуре ниже 25 °С. Влажные семена быстро согреваются, прогорают и теряют всхожесть.

В опыте хозяйственную урожайность учитывали сплошным поделяночным способом селекционным зерноуборочным комбайном SR2010 TERRION. Оценку товарных качеств семян проводили в соответствии с действующими ГОСТами. Определение сорной примесей проведено по ГОСТ 10854-2015, массы

1000 зерен – по ГОСТу 10842-89, лузжистость семян – по ГОСТу 10855-64 путем обрушивания семян ручным способом.

Планировали опыт и обрабатывали экспериментальные данные математически по методикам Государственного сортоиспытания и Б.А. Доспехову [64].

Результаты исследований и их обсуждение

В 2016 г. изучали гибриды подсолнечника иностранных селекционных учреждений. Большая часть их была представлена от селекционных учреждений Франции (MAS 80IR, MAS 82A, MAS 83P, MAS 84Ф, MAS 89M, Мега Сан, Мугли, Кливер, Беллукс, Велокс), компании Лимагрейн (LG 5377, LG 5542 CL, LG 5635), компании Пионер (ПР 64 Ф 50, П 63 ЛЛ 06, П 64 ЛЕ 20).

Растения при высоте более 2,3–2,4 м были слабоустойчивы к полеганию, в то время как гибриды с высотой до 2 м отличались высокой устойчивостью. Средний диаметр корзинки у большинства гибридов составлял 12,0–13,5 см, у гибрида MAS 84 Ф он достигал – 15,1 см. У гибридов MAS 82 А, MAS 84 Ф, ЛГ-5377 и ЛГ-5635 в среднем масса семян с одной корзинки колебалась от 61,1 до 64,4 г, тогда как у гибридов Кливер и Мугли соответственно – 71,4–76 г. Наибольшее число семян в корзинке сформировал гибрид Кливер. Свыше 1100 семян в корзинке было у гибридов П 64 ЛЕ 20, MAS 80 ИР, ЛГ-5377 и MAS 84 Ф (табл. 75).

Таблица 75 – Устойчивость к полеганию и структура урожая гибридов подсолнечника в 2016 г.

Гибриды подсолнечника	Средняя высота растений, м	* Устойчивость к полеганию, балл	Средний диаметр корзинки, см	Масса семян в корзинке, г	Количество семян в корзинке, шт.
Беллукс	2,04	10	14,5	58,0	1098
Кливер	2,18	7	13,8	76,0	1487
Мугли	2,42	4	14,3	71,4	1039
Велокс	2,19	7	13,3	56,2	989
MAS 80 ИР	2,36	4	10,5	51,8	1109
MAS 82 А	2,20	7	12,1	64,4	1068
MAS 83P	2,18	7	12,2	48,8	1104
MAS 84 Ф	2,37	4	15,1	63,8	1106

Таблица 75 (окончание)

Гибриды подсолнечника	Средняя высота растений, м	* Устойчивость к полеганию, балл	Средний диаметр корзинки, см	Масса семян в корзинке, г	Количество семян в корзинке, шт.
МАС 89 М	2,46	4	12,0	55,0	1078
ЛГ-5377	2,07	10	12,0	64,4	1107
ЛГ-5543 КЛ	1,89	10	12,6	54,2	1009
ЛГ-5635	2,21	7	13,0	61,2	946
ПР 64 Ф 50	2,31	4	13,5	57,0	1067
П 63 ЛЛ 06	1,81	10	11,2	48,8	1002
П 64 ЛЕ 20	2,44	4	12,7	57,0	1192

*Примечание: высокая устойчивость к полеганию – 10 баллов; средняя устойчивость – 7 баллов; низкая устойчивость – 4 балла.

Урожайность семян в опыте варьировала от 3,11 до 4,56 т/га. Самая высокая урожайность была у гибридов Кливер и Муггли (табл. 76).

Таблица 76 – Урожайность семян, масса 1000 семян и лужистость гибридов подсолнечника в 2016 г.

Гибриды подсолнечника	Урожайность семян, т/га	Масса 1000 семян, г	Лужистость семян, %
Беллукс	3,48	52,8	31,8
Кливер	4,56	51,1	23,3
Муггли	4,28	65,7	24,6
Велокс	3,37	56,8	23,2
МАС 80 ИР	3,11	46,7	28,6
МАС 82 А	3,86	60,3	27,3
МАС 83Р	3,82	48,6	37,0
МАС 84 Ф	3,83	57,7	30,3
МАС 89 М	3,30	51,0	35,0
ЛГ-5377	3,86	58,2	31,6
ЛГ-5543 КЛ	3,31	54,6	31,6
ЛГ-5635	3,67	64,7	37,4
ПР 64 Ф 50	3,42	53,4	27,2
П 63 ЛЛ 06	3,28	54,7	30,1
П 64 ЛЕ 20	3,42	47,8	28,0
НСР ₀₅	0,23		

Наиболее крупные и выполненные семена сформировали гибриды Муглли, ЛГ 5635 и МАС 82А Лузжистость семян изучаемых гибридов составляла 23,3–37,4 %.

В 2017–2018 гг. изучали гибриды подсолнечника: Беллукс, Кливер, Мугли, Велокс, MAS 80 IR, MAS 82 А, MAS 85, MEGASUN, LG 5377, LG 5542 CL, LG 5635, Белорусский ранний, Поиск, Крок, Исток, Агат. В среднем за этот период урожайность семян в опыте варьировала от 3,17 до 4,85 т/га. Наибольшая урожайность семян (4,85–4,02 т/га) была у гибридов Кливер, Мугли, MAS 82 А, MAS 80 IR, MAS 85, LG 5635 и LG 5377 (табл. 77).

Таблица 77 – Урожайность семян и структура урожая гибридов подсолнечника в среднем за 2017–2018 гг.

Гибриды подсолнечника	Урожайность семян, т/га	Количество семян в корзинке, шт.	Масса 1000 семян, г
Беллукс	3,53	1108	53,1
Кливер	4,85	1438	56,2
Мугли	4,64	1110	69,7
Велокс	3,59	1106	54,2
MAS 80 IR	4,15	1211	57,1
MAS 82 А	4,35	1163	62,3
MAS 85 Е	4,15	1206	57,3
MEGASUN	3,38	1032	54,6
LG 5377	4,02	1129	59,3
LG 5543 CL	3,69	1108	55,5
LG 5635	4,15	1058	65,4
Белорусский ранний	3,67	946	62,7
Поиск	3,17	982	53,5
Крок	3,37	989	56,8
Исток	3,28	939	58,7
Агат	3,32	1011	59,2
НСР ₀₅	0,31		

Итак, в среднем за два года исследований самая стабильная урожайности семян (3,67–3,17 т/га) была у гибридов Белорусский ранний, Крок, Агат, Исток и Поиск.

ПОВЫШЕНИЕ АДАПТИВНОСТИ, УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА КОРМОВОЙ МАССЫ СОВРЕМЕННЫХ СОРТОВ СОРГО САХАРНОГО

А.В. Дронов

Сорго сахарное (*Sorghum saccharatum*) в западной части Европейской России получает все большее распространение в посевах кормовых культур, так как является источником сухого вещества и сахара – основы углеводного питания сельскохозяйственных животных. Велика ценность его зеленой массы, которую используют в свежем виде, для приготовления силоса, травяной муки и гранул, кормовой пасты для зимнего кормления крупного рогатого скота. Эту культуру широко практикуют в системах зеленого и сырьевого конвейеров. Практическая заинтересованность обуславливает внедрение в производство современных сортовых агротехнологий возделывания сорго сахарного [128].

В России и странах СНГ за последние годы создан ценный исходный селекционный материал, выведены высокопродуктивные гибриды сахарного сорго, которые в соответствии с морфо-биологическими признаками (толщина и высота стебля) и хозяйственно-технологическими характеристиками (высокий процент содержания сахаров в соке стебля, приспособленность к механизированному возделыванию и уборке урожая, являются аналогами сахарного тростника. С каждого гектара посевов сахарного сорго получают около 100 т зеленой массы, содержащей 10–30 т сладкого сока (14–16 % сахаров) и до 35–50 т сухой массы [129].

Таким образом, усовершенствование существующих и разработка современных сортовых технологий возделывания сорго сахарного в западной части Европейской России актуальны, а методология их проведения является алгоритмом изучения адаптивных свойств и продуктивного потенциала современных сортов сорго сахарного в новой зоне возделывания этой культуры.

Условия и методика проведения исследований. Работу выполняли в 2017–2019 гг. в стационарном полевом опыте Брянского ГАУ на серой лесной среднеоккультуренной легкосуглинистой почве, содержащей гумуса 3,5–3,6 %, высоко обеспеченной подвижным фосфором (216–226 мг/кг сухой почвы), средне

обеспеченной обменным калием (156–196 мг/кг сухой почвы), слабо обеспеченной доступными формами молибдена, цинка, кобальта, с реакцией почвенной среды pH_{KCl} 5,6–5,8, гидролитической кислотностью 2,63 ммоль/экв. на 100 г почвы и насыщенной основаниями на 85,6 %.

Исследовали сорта сорго сахарного Зерноградский янтарь, Дебют, Лиственит, Сажень, Север. Предшественниками были озимые зерновые культуры и однолетние травы. Агротехнику использовали, принятую в регионе для силосных и кормовых культур. Исследования проводили согласно Широкому унифицированному классификатору СЭВ и международному классификатору СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum Moench* [130] и Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [131].

Полевой двухфакторный опыт по изучению реакции сортов сорго сахарного заложен в 4-х кратной повторности при различной густоте стояния растений: 300, 400 и 500 тыс. шт. всхожих семян на 1 га, размещение вариантов было систематическое. Площадь посевной делянки составляла 100 м². Посев проводился сеялкой точного высева СПЧ-6 с шириной междурядий 70 см.

Перед посевом вносили нитрофоску в дозе азота, фосфора и калия по 160 кг действующего вещества на запланированную урожайность надземной массы – 70 т/га. Система защиты включала обработку посевов гербицидом фирмы «Август» – Балерина, сэ – 0,3 л/га; Адю, ж – 0,2 л/га в фазу 3–5 листьев.

В течение вегетационного периода изучаемых генотипов сорго сахарного проводили фенологический мониторинг роста и развития растений, определяли морфологические параметры их габитуса по общепринятым методикам. Урожайность надземной массы учитывали в фазу молочно-восковой спелости зерна (сенажно-силосный вариант использования), которую пересчитывали на сухое вещество, питательность устанавливали по методам зоотехнического анализа в научно-испытательской лаборатории кормов, молока и тканей Брянского ГАУ.

Энергетическая оценка эффективности возделывания новых и перспективных сортов сорго сахарного проведена в соответствии с Методическими указаниями по проведению полевых опытов с кормовыми культурами [132].

Для математической обработки экспериментальных данных использовали методы вариационной статистики [64].

Результаты исследований и их обсуждение

Агроклиматические условия вегетационных периодов в годы проведения исследований существенно варьировали (см. главу 1), но были благоприятным для раннего цветения сорго и формирования семян, достигших фазы восковой спелости, в конце сентября. Индекс условий среды I_j в 2017–2019 гг. равнялся соответственно: -0,6; +1,2; -0,8. Отрицательные значения индекса среды повлияли на формировании среднегодовой урожайности надземной массы, которая была ниже по сравнению со среднегодовыми показателями в результате низкого адаптивного потенциала исследуемых генотипов сорго сахарного.

Для анализа продуктивного и адаптивного потенциала современного сорта сорго сахарного использовали понятие «среднесортовая урожайность» [66]. Сравнительную оценку урожайности проводилась не со стандартом, а со средней урожайностью кормовой массы изучаемых сортов в опыте.

В среднем за годы исследований наиболее высокая урожайность надземной зеленой массы была у сортов Север (69,6 т/га) и Лиственит (60,5 т/га) при среднесортовой урожайности в опыте 59,0 т/га. Коэффициент вариации характеризует степень изменчивости урожайности кормовой массы по годам и реакцию сортов на условия возделывания. В среднем за 3 года исследований низкие показатели этого коэффициента, следовательно, высокая экологическая стабильность были у сортов Лиственит, Дебют и Север (табл. 78).

Коэффициент адаптивности позволяет оценить реакцию сорта на условия произрастания. В среднем за годы исследований он был больше единицы у сортов Лиственит и Сажень, что свидетельствует об их высокой адаптивности. Наименьшим этот коэффициент был у сорта Зерноградский янтарь, который слабо реагировал на условия произрастания и поэтому отличился самой низкой средней урожайностью, значительно ниже среднесортовой.

Таблица 78 – Параметры урожайности надземной массы сортов сорго сахарного в 2017–2019 гг.

Сорт	Урожайность надземной массы, т/га				Коэффициент вариации V, %	Коэффициент адаптивности
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	средняя		
Зерноградский янтарь	48,7	58,9	46,1	51,2	19,43	0,89
Дебют	54,8	61,8	51,2	55,9	8,71	0,96
Лиственит	56,1	65,8	59,5	60,5	6,51	1,04
Сажень	58,4	62,2	52,9	57,8	22,80	1,02
Север	66,5	74,4	68,0	69,6	15,95	0,92
Урожайность среднесортная	56,9	64,6	55,5	59,0		
НСР ₀₅ , т/га	3,5	4,0	4,6			
Ошибка опыта, т/га	1,1	1,3	1,5			
Точность опыта, %	2,2	2,5	2,6			
Индекс среды I_j	-0,6	+1,2	-0,8			

По селекционной ценности (S_c) изучаемые сорта расположились в следующий убывающий ряд: Север, Лиственит, Сажень, Дебют, Зерноградский янтарь.

Для выяснения воздействия загущенности посевов изучаемых сортов сорго их всхожие семена высевали по 300 (контроль), 400 и 500 тыс. на 1 га. Этот фактор возделывания влиял на биометрические показатели посева: полевую всхожесть; полноту всходов; выживаемость растений и их сохранность перед уборкой; устойчивость к полеганию, болезням и пр.

В среднем за 3 года исследований высокие показатели структуры посева были при норме высева всхожих семян 500 тыс./га: полевая всхожесть составила 75–80 %, полнота всходов – 90,2–94,1 %, сохранность растений перед уборкой – 82,5–91,7 %. Самым урожайным при этой норме высева семян был сорт Лиственит (табл. 79).

Для определения эффективности затрат совокупной энергии рассчитывали ее расход по следующим статьям: затраты энергии на трудовые ресурсы, горюче-смазочные материалы, минеральные удобрения и пестициды, семена, а также

производство тракторов, сельхозмашин и автотранспорта. Пересчет осуществляли по соответствующим энергетическим эквивалентам. Накопленную энергию в урожае определяли произведением количества энергии в 1 кг корма, рассчитанного по результатам зоотехнического анализа.

Таблица 79 – Урожайность зеленой массы сортов сорго сахарного (фактор А) в зависимости от нормы высева семян (фактор В) в 2017–2019 гг.

Варианты опыта		Урожайность зеленой массы, т/га			
сорт	норма высева всхожих семян, тыс./га	2017 г.	2018 г.	2019 г.	средняя
Зерноград- ский янтарь	300 (контроль)	46,3	52,8	44,8	47,9
	400	48,6	53,3	46,6	49,3
	500	51,4	59,7	49,1	53,4
Дебют	300 (контроль)	42,4	45,6	44,4	44,0
	400	46,8	49,1	48,0	47,9
	500	51,4	54,5	53,2	53,0
Лиственит	300 (контроль)	59,8	61,6	61,0	60,7
	400	63,2	65,4	64,5	64,3
	500	65,0	70,5	68,0	67,8
Сажень	300 (контроль)	59,4	62,3	61,1	60,9
	400	61,4	67,4	64,5	64,4
	500	64,5	69,3	67,0	66,9
Север	300 (контроль)	52,3	57,6	55,2	55,0
	400	55,2	59,3	57,5	57,3
	500	63,0	61,7	62,5	62,4
НСР ₀₅ (фактор А и В) по годам в пределах 3,2–4,5					
НСР ₀₅ (для частных различий) 2,1–3,3					

При уборке сортов сорго сахарного в конце вегетации за один укос в фазу молочно-восковой спелости зерна наиболее высокий выход валовой энергии с

урожаем обеспечил сорт Лиственит (54,8 ГДж/га), а несколько меньший – сорта Сажень и Север (табл. 80).

Таблица 80 – Энергетическая оценка возделывания перспективных сортов сорго сахарного

Сорт	Выход с 1 га, ГДж		Затраты совокупной энергии, ГДж/га	Энергетический коэффициент	Коэффициент энергетической эффективности
	валовая энергия	обменная энергия			
Лиственит	54,8	26,9	12,6	4,3	2,1
Сажень	50,1	24,9	12,4	4,0	2,0
Север	50,7	27,5	12,2	4,5	2,4

У перспективных сортов сорго сладкого высоким был выход и обменной энергии. Затраты совокупной энергии на их возделывание различались незначительно. Высокие показатели энергетического коэффициента и коэффициента энергетической эффективности были у сортов Лиственит и Север (табл. 80).

Содержание питательных веществ в кормовой массе сорго сахарного сильно варьировало по фазам вегетации. При переходе растений в фазу молочной спелости зерна содержание сырого протеина снижалось (6,1–6,5 %), заметно повышалось количество клетчатки (до 33 %) и безазотистых экстрактивных веществ (54–55 %), содержание жира изменялось значительно в пределах (1,5–2,8 %). Сорт Лиственит положительно выделялся в фазу выметывания по количеству сырого протеина (11,4 %) и золы (8,9 %). Из-за высокой облиственности побегов у него содержание сырой клетчатки составило около 30 %.

Итак, усовершенствование существующих и разработка современных сортовых технологий возделывания сорго сахарного в западной части Европейской России актуальны. Методология таких исследований является алгоритмом выявления адаптивных свойств и продуктивно-энергетического потенциала перспективных сортов этой культуры в северной зоне возделывания.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СУДАНСКОЙ ТРАВЫ И СОРГО-СУДАНКОВЫХ ГИБРИДОВ

В.В. Дьяченко

Для успешного развития животноводства первостепенное значение приобретает производство и обеспеченность сельскохозяйственных животных и птицы высококачественными кормами. Только при полноценном питании животных полностью реализуется генетический потенциал их продуктивности. Поэтому определяющим направлением в современном кормопроизводстве является повышение энергетической и протеиновой полноценности корма, сбалансированного по содержанию энергии, питательным и биологически активным веществам, их переваримости и усвояемости. Большую роль при этом играют однолетние кормовые культуры, среди которых следует выделить группу травянистого сорго (суданская трава и сорго-суданковые гибриды – ССТ).

Суданская трава – суданка или суданское сорго [*Sorghum sudanense* (Riper) Stapf] и межвидовые сорго-суданковые гибриды первого поколения [*Sorghum xdrummondii* (Steud.) Millsp. & Chase] представляются перспективными универсальными культурами с высокой продуктивностью и питательной ценностью в производстве объёмистых высококачественных кормов (зеленая масса, сено, сенаж, силос). Эти растения обеспечивают животноводство сочными кормами во второй половине лета до поздней осени, отлично поедаются всеми травоядными животными, являются хорошим молокогонным кормом [133]. Среди просовидных культур травянистое сорго по способности к вегетативному возобновлению (отрастанию) не имеет себе равных [134].

В целом, преимущества и отличительные особенности данной группы сорго заключаются в следующем: универсальность использования, высокая экологическая пластичность и кормовая продуктивность; сбалансированность сахаропротеинового отношения и высокая энергопротеиновая ценность корма; хорошая интенсивность начального роста, побегообразования и послеукосного отрастания

(формирования отавы), возможность получения 2-3 укосов или циклов стравливания (однолетнее культурное пастбище); целесообразность возделывания в смешанных посевах с зернобобовыми и капустными культурами для повышения протеиновой продуктивности агроценозов; организация зеленого и сырьевого конвейеров в производстве кормов во второй половине лета и до первых заморозков; высокая технологичность возделывания в полевых и кормовых севооборотах, в том числе промежуточных посевах и поликультуре.

Расширению ареала распространения и использования травянистого сорго в западной части Европейской России способствуют новые достижения селекции в создании термо- и фотонейтральных генотипов, отличающихся быстрым начальным ростом, холодостойкостью, способностью формировать высокие и стабильные урожаи кормовой массы. Поэтому изучение особенностей продукционного процесса агроценозов суданской травы и сорго-суданковых гибридов в зависимости от условий оптимизации агротехнических приемов возделывания в регионе актуальны.

Цель исследований – оценить эффективность влияния минеральных удобрений и регулятора роста растений на урожайность, структуру урожая, качество кормовой массы современного сортимента травянистого сорго, возделываемого в западной части Европейской России.

Условия, объекты и методика проведения исследований.

Полевые исследования проводили в 2015–2019 гг. на стационарном опытном поле Брянского ГАУ, почвенный покров которого представлен серой лесной легкосуглинистой средне окультуренной почвой, сформировавшейся на карбонатном лёссовидном суглинке. Мощность гумусового горизонта 20–50 см, содержание гумуса 3,5–3,6 % (по Тюрину). Реакция почвенной среды рН 5,6–5,8; гидролитическая кислотность (Нг) – 2,63 ммоль(экв) на 100 г почвы. Почва высоко обеспечена подвижным фосфором и невысоко – обменным калием (по Кирсанову). Структура почвы комковато-зернистая, переходящая в верхнем слое в комковато-пылеватую, заплывающую после дождя.

Метеорологические условия вегетационных периодов в годы проведения полевых опытов существенно варьировали, при этом значительно отличаясь от среднесуточных показателей, как по температурному режиму, так и по количеству осадков (см. главу 1). В целом, агроклиматические условия были благоприятными для роста и развития травянистого сорго.

Объектами исследований являлись 3 сорта суданской травы: Кинельская 100; Александрина; Анастасия и 3 перспективных сорго-суданковых гибрида селекции ВНИИ сорго и сои «Славянское поле»: Славянское поле 15; Славянское поле 18; Приусадебный, а также 2 гибрида селекции ООО «Агроплазма»: Сабантуй и Солярис.

В экспериментальной работе использовали опубликованные рекомендации [135, 136].

Предшественниками по годам проведения опытов были однолетние травы, озимая тритикале, соя культурная. Агротехника в опытах общепринятая в регионе для кормовых культур. Под предпосевную обработку почвы комбинированным агрегатом РВК-3,0, вносили минеральные удобрения (азофоска (фон 1) – $N_{60}P_{60}K_{60}$; борофоска (фон 2) – $P_{60}K_{60}$; азотные подкормки (аммиачная селитра) в фазу начала кущения – N_{30} , N_{60} , N_{90}).

В технологическом опыте каждый генотип (сорго-суданковый гибрид) высевали сеялкой СН-16 по 4 ряда с шириной междурядий 60 см, длина делянки 70 м, повторность – четырёхкратная, площадь учетной делянки – $10m^2$, размещение вариантов систематическое. Посев сортов суданской травы в демонстрационных опытах проводили сеялкой точного высева СПЧ-6 с шириной междурядий 70 см, норма высева 308 тыс. всхожих семян на 1 га. Расположение опытных делянок – систематическое.

Система защиты посевов: в фазу 3–5 листьев опрыскивание гербицидом - Балерина, сэ – 0,3 л/га, Адыо, ж – 0,2; Гумистим 2 л/га. В 2016-2017 гг. на производственных посевах суданской травы сорт Кинельское 100 на площади 26 га проведено применение биопрепарата Гумистим (предпосевная обработка семян, 15 л/т + некорневая подкормка в фазу кущения-выхода в трубку, 6 л/га).

В период роста и развития сортифта травянистого сорго проводили фенологические наблюдения, определяли полевую всхожесть, густоту стояния, побегообразование, высоту растений, параметры листьев и соцветий. Урожай надземной массы учитывали в фазу молочно-восковой спелости зерна (сенажный, силосный вариант, одноукосное направление использования) в конце вегетации растений. Выход сухого вещества определяли высушиванием пробных снопов зеленой массы по 1 кг. Расчет питательной и энергетической ценности сухого вещества зеленой массы травянистого сорго проводили [137] на основании данных биохимического анализа, выполненного в Центре коллективного пользования приборным и научным оборудованием Брянского ГАУ.

Валовую энергию в МДж на 1 кг сухого вещества определяли, используя соответствующие коэффициенты, по сумме энергии сырого протеина (СП), сырой клетчатки (СК), сырого жира (СЖ) и безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) по формуле: $ВЭ = 23,95СП + 39,75СЖ + 20,05СК + 17,46БЭВ$ [138].

Концентрацию обменной энергии (ОЭ) в сухом веществе определяли по уравнению Аксельсона с учетом понижающего действия сырой клетчатки: $ОЭ = 0,73 \times ВЭ (1 - (СК \times 1,05))$.

Для статистической оценки результатов полевых опытов использовали дисперсионный анализ [64].

Результаты исследований и их обсуждение

Из изучаемой группы изучаемых сортов выделялся сухостебельный сорт Александрина со стабильной урожайностью 43–45 т/га зелёной массы или в среднем за 3 года свыше 11,0 т сухого вещества с 1 га (табл. 81).

Таблица 81 – Урожайность надземной массы суданской травы в 2015-2017 гг., т/га

Сорт	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Масса в среднем за 3 года	
				зеленая	сухая
Кинельская 100 (st.)	34,4	35,1	33,4	34,3	8,6
Александрина	41,3	45,0	43,6	43,3	11,2
Анастасия	36,1	37,2	35,4	36,2	9,1
НСР ₀₅	2,5	3,0	2,8		

В 2016, 2017 гг. на производственных посевах суданской травы сорт Кинельская 100 в учхозе Брянского ГАУ на площади 26 га был применен биопрепарат Гумистим. Норма Гумистима для предпосевной обработки семян составила 15 л/т семян и некорневой подкормки в фазу кущения – 6 л/га на 300 л воды. Результаты испытания подтвердили эффективность препарата в варианте «Предпосевная обработка семян, 15 л/т + некорневая подкормка в фазу кущения-выхода в трубку, 6 л/га». Прибавка надземной биомассы данного варианта по сравнению с контролем составила 2,7 и 3,6 т/га соответственно (табл. 82).

Таблица 82 – Результаты производственного испытания воздействия Гумистима на урожайность зеленой массы суданской травы Кинельская 100, т/га

Вариант	2016 г.		2017 г.	
	урожайность	прибавка	урожайность	прибавка
Без Гумистима (контроль)	19,6	–	21,8	–
Предпосевная обработка семян, 15 л/т	21,5	+1,9	25,0	+3,2
Некорневая подкормка в фазу кущения-выхода в трубку (6л/га +300 л воды)	20,8	+1,2	24,7	+2,9
Предпосевная обработка семян, 15 л/т + некорневая подкормка в фазу кущения-выхода в трубку, 6 л/га	22,3	+2,7	25,4	+3,6
НСР ₀₅ для частных различий – 0,78 НСР ₀₅ для Гумистима – 0,39 НСР ₀₅ для сорта – 0,55 S _x , % (точность опыта) – 3,1				

Результаты полевого двухфакторного опыта по оптимизации минерального питания сорго-суданковых гибридов показали, что внесение минеральных удобрений способствовало повышению высоты растений и интенсивности побегообразования изучаемых генотипов. Удобрённые посевы характеризовались более

высокорослыми побегами и интенсивным кущением. На неудобренных вариантах почти не формировались полноценные боковые побеги кущения. Высота растений на контрольных делянках была практически одинаковой 140–165 см. На удобренных посевах прирост побегов в высоту был значительным, особенно в фазу трубкования-выметывания. Высота растений достигала свыше 200 см, увеличивалась энергия кущения (2,4–2,9) и отмечалось частичное ветвление верхних узлов на главных побегах, что отразилось на невыровненности стеблестоя по высоте и затягивании вегетации.

Анализируя структуру урожая надземной массы ССГ, следует подчеркнуть вариабельность этого показателя, что связано с особенностями побегообразования и ветвления. Было замечено, что растения сорго-суданковых гибридов отличались определенными различиями в характере образования стеблевых узлов удлинённых фитомеров апогеотропных побегов (вегетативно удлинённых и генеративных). Для ССГ также было характерно образование интравагинальных боковых побегов (в префлоральной зоне удлинённого побега). Вегетативно удлинённые и скрытогенеративные побеги ветвятся после закладки соцветия или удаления апекса, и появляются боковые надземные структуры акропетально, после дифференциации апикальной почки, не имея «своей» корневой системы. В связи с этим следует отметить, что рассеянное ветвление апогеотропных побегов гибридов сорго в кормовом отношении является положительным свойством.

В травостоях преобладали генеративные, вегетативно удлинённые и боковые надземные побеги с законченным и незаконченным циклом развития. Образование большого количества боковых надземных побегов (при ветвлении) и укороченных побегов отмечено у растений на удобренных делянках, особенно с азотными подкормками. Большое значение имеет определение в урожае доли листьев и стеблей, соотношение различных органов, что указывает на особенности использования и качество корма. Соотношение листьев и стеблей в урожае варьировало незначительно, в структуре урожая на долю листьев приходилось 42,1–50,2 %, стеблей 42,4–50,0 %, метелок 6,4–7,9 %. На соотношение различных ти-

пов побегов и их составляющих структур большое влияние оказали условия применяемой агротехники (внесение минеральных удобрений, загущенность посевов, время уборки, высота среза и др.).

Установлена различная отзывчивость сорго-суданковых гибридов на уровни внесения полного минерального удобрения и азотных подкормок (табл. 83).

Таблица 83 – Урожайность сухой массы сорго-суданковых гибридов в зависимости от фона минерального питания (среднее за 2017–2019 гг.), т/га

Фон минерального питания (фактор А)	Генотип, гибрид (фактор В)				
	Славянское поле 15 F ₁	Славянское поле 18 F ₁	Приусадебный F ₁	Сабантуй F ₁	Солярис
Контроль (без удобрений)	8,2	7,9	9,4	9,6	9,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон 1 – азофоска	9,7	8,8	10,1	10,7	9,9
Фон 1 + N ₃₀	11,4	10,7	11,0	12,9	11,2
Фон 1 + N ₆₀	12,5	11,8	12,6	14,1	13,0
Фон 1 + N ₉₀	13,1	12,6	13,7	15,8	14,8
P ₆₀ K ₆₀ - фон 2 – борофоска	10,3	10,8	10,2	11,9	10,1
фон 2 + N ₃₀	11,7	11,1	11,6	13,7	11,4
фон 2 + N ₆₀	11,9	11,5	12,4	14,6	13,8
фон 2 + N ₉₀	12,2	11,9	13,0	15,2	14,3
НСР ₀₅ для фактора А – 0,33–0,57					
НСР ₀₅ для фактор В – 0,29–0,34					
НСР ₀₅ для частных различий – 0,90–1,42 по годам исследований					

В опытах урожайность кормовой массы в вариантах с внесением азотных питания (N₆₀P₆₀K₆₀) + азотные подкормки (N₆₀₋₉₀) по сравнению с контрольным

вариантом (без удобрений) повышал урожайность всех генотипов в подкормок варьировала довольно широко. В среднем за 3 года исследований фон 1 минерального 1,4–1,7 раза.

Наибольшую урожайность 14,8–15,8 т сухой или 65–71 зеленой массы с гектара сформировали посевы сорго-суданкового гибрида селекции ООО «Агроплазма» (Краснодарский край) Сабантуй F₁ и сортолинейного гибрида Солярис в варианте с подкормкой N₉₀ на основном фоне 1 – азофоска N₆₀P₆₀K₆₀. По данному показателю менее урожайными были сорго-суданковые гибриды селекции НИИ сорго и сои «Славянское поле» (Ростовская область) Славянское поле 15 F₁ и Приусадебный F₁ соответственно 13,1 и 13,7 т/га сухой массы.

На фоне 2 с внесением борофоски и азотных подкормок урожайными оказались посевы сорго-суданковых гибридов Приусадебный F₁ свыше 13,0 т/га, Солярис – 14,3 т/га и Сабантуй F₁ – 15,2 т сухой массы с 1 га. Результаты статистической обработки экспериментальных данных показали, что наибольшая существенная разница в опытах отмечена между удобренными и неудобренными вариантами (табл. 83).

Изучаемые сорго-суданковые гибриды характеризовались не только различиями в побеговой структуре урожая, но и содержанием сахаров в соке стеблей и в целом химического состава кормовой массы. Установлено, что внесение минеральных удобрений, особенно азотных, способствовало повышению содержания сырого протеина и незначительно влияло на долю в корме зольных элементов, клетчатки и БЭВ.

При внесении азотных удобрений отмечено снижение концентрации водорастворимых сахаров, фосфора и калия. По результатам определения растворимых сахаров следует, что внесение минеральных удобрений заметно сказалось на концентрации сока стеблей изучаемых гибридов сорго. Так, на варианте применения борофоски отмечалось высокое содержание сахаров, особенно у сочностебельных растений сорго-суданковых гибридов Сабантуй и Солярис (10,9 и 9,8 % соответственно). При азотных подкормках проявилась общая тенденция снижения концентрации сахаров в соке стеблей гибридов сорго.

Результаты изучения химического состава зелёной массы (в пересчете на сухое вещество) показали, что содержание питательных веществ изменялось по фазам роста и развития и в зависимости от уровня минерального питания. В фазу стеблевания-выхода в трубку кормовая масса характеризовалась высоким содержанием сырого протеина (14,4 %), более низким – сырой клетчатки и БЭВ, особенно на вариантах, удобренных азотом. В фазу молочно-восковой спелости зерна, как на контроле, так и с применением минеральных удобрений, содержание протеина в корме снижалось до 10,2–10,9 %, а клетчатки – повышалось до 30 %. Содержание сырого жира на фоне 1 и 2 варьировало от 1,5 до 1,9 %, на контроле составило 1,4 %. Расчётно-экспериментальные данные показали, что в сухом веществе надземной массы сорго-суданковых гибридов содержание валовой энергии высокое и составило 17,1–18,6 МДж/кг. Содержание обменной энергии (ОЭ) в зависимости от варианта опыта находилось в пределах 8,0–9,7 МДж/кг.

Итак, на серой лесной почве западной части Европейской России в полевых опытах установлена высокая адаптационная способность и достаточно высокий уровень продуктивного потенциала травянистого сорго. Сорты суданской травы: Кинельская 100; Александрина; Анастасия и сорго-суданковые гибриды: Славянское поле 15; Славянское поле 18; Приусадебный, Сабантуй и Солярис относятся к среднеспелой группе (125–135 сут.). Азофоска, борофоска, аммиачная селитра и биопрепарат Гумистим оказывают существенное различное воздействие на рост, развитие, урожайность, качество, биохимический состав, энергоёмкость кормовой массы травянистого сорго и сорго-суданковых гибридов. Урожайность сухого вещества находится в пределах 7,9–15,8 т/га, зелёная масса сорго относится к группе хорошего качества по содержанию общей энергии (8,0–9,7 МДж/1 кг СВ). Целесообразно проводить предпосевную обработку семян 15 л/т + некорневую подкормку Гумистимом (6 л/га, 300 л рабочего раствора) в период кущения-выхода в трубку суданской травы. При возделывании сорго-суданковых гибридов эффективным приемом повышения их урожайности и питательности является применение азофоски ($N_{60}P_{60}K_{60}$) + азотные подкормки (N_{60-90}).

РАЦИОНАЛЬНО-ЭФФЕКТИВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ И СЕНА ЛЮЦЕРНО-МЯТЛИКОВЫХ ТРАВосмЕСЕЙ

С.А. Бельченко, О.В. Дьяченко

Самой затратной статьёй полевого кормопроизводства являются корма, на долю которых в структуре затрат производства животноводческой продукции приходится 50–60 %. На основе интенсификации адаптивных региональных агротехнологий полевого кормопроизводства, при постоянном расширении посевных площадей, обновления видового состава, внедрения новых высокопродуктивных кормовых культур, совершенствование применяемых ресурсосберегающих технологий их возделывания при рациональном использовании произведенных кормов открывает возможности по увеличению производства кормов на пашне практически более чем в два раза. При возделывании многолетних бобовых трав в одновидовых и смешанных посевах в значительной степени решается проблема производства высокобелковых энергонасыщенных кормов при значительной экономии азотных удобрений. Известно, что смешанные посевы многолетних бобовых и мятликовых трав по продуктивности имеют явное преимущество над одновидовыми агрофитоценозами за счет того, что они намного эффективнее используют питательные вещества из почвы, удобрения, влагу, солнечную инсоляцию за счет различного строения куста и корневой системы. Смешанные агрофитоценозы в отличие от одновидовых по своим биологическим особенностям в большей степени приближены к естественным фитоценозам. Это позволяет целенаправленно оптимизировать их видовой состав и условия минерального питания применительно к почвенно-климатическим условиям зоны возделывания. Проведение научных исследований по совершенствованию элементов агротехнологии возделывания многолетних бобово-мятликовых травостоев, обеспечивающих высокий уровень продуктивности и качества кормов, является одной из основных и актуальных задач современного полевого кормопроизводства [139, 140].

Цель исследований – агроэкологическая оценка формирования урожайности и изменения качественных показателей люцерны изменчивой и многолетних мятликовых трав в одновидовых и смешанных посевах на зеленый корм и сено, возделываемых на серой лесной почве в западной части Европейской России (на примере Брянской области).

Условия и методика проведения исследований

В 2014, 2015 гг. исследования проводили в полевом стационаре Брянского ГАУ в двухфакторном опыте, расположенном в смешанных посевах многолетних трав третьего и четвертого годов использования. Посевная площадь делянки 30 м², повторность четырехкратная, размещение делянок систематическое.

Почва серая лесная легкосуглинистая среднекультуренная, содержащая органического вещества (гумус по Тюрину) 3,8–4,0 %, высоко обеспеченная подвижным фосфором 216–226 мг/кг и средне обеспеченная обменным калием 156–196 мг/кг (по Кирсанову в модификации ЦИНАО), насыщенная основаниями – 85,6 %, рН солевой вытяжки – 5,6–5,8, гидролитическая кислотность (Нг) – 2,63 ммоль (экв)/100 г почвы.

Фактор А – внесение борофоски (P₂O₅ 10–12, K₂O 13–16, CaO 20–25, MgO 2 и бор 0,28 процентов) и аммиачной селитры (N₃₀). 1) контроль (N₃₀ без борофоски); 2) P₃₀K₃₅ + N₃₀; 3) P₆₀K₇₀ + N₃₀; 4) P₁₀₅K₁₂₀ + N₃₀. Борофоску внесли один раз рано весной перед началом отрастания трав 3-его года использования в дозах: 272 кг/га – P₃₀K₃₅; 545 кг/га – P₆₀K₇₀; 920 кг/га – P₁₀₅K₁₂₀. Аммиачную селитру вносили ежегодно в дозе 89 кг/га – N₃₀.

Фактор В – состав травосмесей в следующих пропорциях: 35–45 % бобовый компонент и 55–65 % – мятликовый. В качестве покровной культуры использовали райграс однолетний вествольдский (*Lolium westerwoldicum* Wittm.) диплоидный сорт Изорский, применение которого в альтернативу традиционным овсу,

ячменю, яровой пшенице, позволяет уже в первый год получать несколько полноценных укосов кормовой массы. В качестве бобового компонента использовали люцерну изменчивую (*Medicago Vayia Mart.*) сорт Луговая-67. Мятликовый компонент: тимофеевка луговая (*Phleum pratense L.*) сорт ВИК-9, овсяница луговая (*Festuca pratensis Huds*) сорт Краснопоймская 92, ежа сборная (*Dactylis glomerata*) сорт ВИК-61, кострец безостый (*Bromopsis inermis*) сорт СИБНИСХ 03-99. Травосмеси высевали в третьей декаде апреля сеялкой СН-16. Норма высева 15–16 кг/га. Возделывали многолетние травы по общепринятой агротехнике для зоны.

Урожайность зеленой массы травосмесей учитывали сплошным методом на площадках 5 м² в фазу бутонизации – начала цветения бобового компонента. Урожайность отавы учитывали через 30–40 дней после первого укоса. Выход сухого вещества определяли, высушивая навески травосмесей в сушильном шкафу при температуре 60–65 °С. Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа [64].

Результаты исследований и их обсуждение

Первый укос люцерно-мятликовых травосмесей 3-го года использования показал, что внесение борофоски и аммиачной селитры способствует существенному повышению урожайности зеленой массы в сравнении с внесением только азотного удобрения. Применение борофоски в дозе P₃₀K₃₅ с N₃₀ обеспечило в большинстве случаев достоверное повышение урожайности зеленой массы. Значительная прибавка урожайности получена при дозах борофоски P₆₀K₇₀ и P₁₀₅K₁₂₀ с N₃₀ (табл. 84).

Среди всех травосмесей урожайность зеленой массы люцерны изменчивой с тимофеевкой луговой была наивысшей, но прибавка от применения борофоски с N₃₀ находилась в пределах ошибки опыта. Отзывчивость остальных травосмесей на внесение борофоски была существенной. Влияние ее высоких доз (P₆₀K₇₀, P₁₀₅K₁₂₀) особенно сильно проявилось на травосмеси люцерны изменчивой с ко-

стрецом безостым (прибавка к контролю – 36-52 %). Травосмеси люцерны изменчивой с овсяницей луговой и люцерны изменчивой с ежой сборной реагировали на применение борофоски значительно меньше.

Таблица 84 – Урожайность зеленой массы люцерно-мятликовых травосмесей 3-го года использования, т/га; укусы: первый/второй/третий

Травосмеси (фактор В)	Минеральные удобрения (фактор А)			
	контроль (N ₃₀ без борофоски)	борофоска (P ₃₀ K ₃₅) + N ₃₀	борофоска (P ₆₀ K ₇₀) + N ₃₀	борофоска (P ₁₀₅ K ₁₂₀) + N ₃₀
Люцерна изменчивая + тимофеевка луговая	23,80/11,87/ 5,90	25,31/14,30/ 7,30	25,43/16,68/ 8,12	24,20/15,32/ 9,03
Люцерна изменчивая + овсяница луговая	19,21/14,11/ 5,41	21,90/18,01/ 6,29	23,29/19,07/ 7,03	22,82/16,32/ 8,04
Люцерна изменчивая + ежа сборная	16,49/12,04/ 5,78	19,38/12,81/ 7,28	19,47/13,00/ 7,19	18,58/14,66/ 7,52
Люцерна изменчивая + кострец безостый	12,53/12,59/ 5,61	14,51/13,18/ 6,92	17,12/13,72/ 7,74	19,10/15,41/ 7,50
НСР ₀₅ для фактора А – 1,62/0,37/0,38				
НСР ₀₅ для фактора В – 1,62/0,37/0,38				
НСР ₀₅ для частных различий – 3,23/0,74/0,82				
Точность опыта, % – 3,10/2,10/2,84				

Второй укос люцерно-мятликовых травосмесей 3-го года использования, который осуществляли в конце июля, подтвердил положительное влияние борофоски на урожайность зеленой массы даже при дозе P₃₀K₃₅, но она была существенно ниже, чем в первом укосе. Аммиачная селитра воздействовала на урожайность незначительно, прирост урожайности обусловило внесение борофоски. Все ее дозы обеспечили высокую прибавку урожайности зеленой массы отавы травосмеси люцерны изменчивой с овсяницей луговой.

Третий укос люцерно-мятликовых травосмесей 3-го года использования еще раз подтвердил положительное пролонгированное влияние внесения борофоски с N₃₀ на урожайность зеленой массы (табл. 84).

Изучаемые травосмеси 3-го года использования обеспечили высокий суммарный выход кормовой массы за три укуса (табл. 85).

В сумме за 3 укоса урожайность зеленой массы составила 31–58 т/га. Применение борофоски с N₃₀ обеспечило повышение урожайности зеленой массы люцерно-мятликовых травосмесей. Небольшая доза борофоски (P₃₀K₃₅) с N₃₀ повышала урожайность некоторых травосмесей с 3,88 до 7,50 т/га. Внесение борофоски в дозах P₆₀K₇₀ и P₁₀₅K₁₂₀ с N₃₀ позволило получить за 3 укоса прибавку зеленой массы 8–11 т/га (табл. 85).

Таблица 85 – Урожайность зеленой массы люцерно-мятликовых травосмесей 3-го года использования в сумме за три укоса в 2014 г., т/га

Травосмеси (фактор В)	Минеральные удобрения (фактор А)			
	контроль (N ₃₀ без борофоски)	борофоска (P ₃₀ K ₃₅)+N ₃₀	борофоска (P ₆₀ K ₇₀)+N ₃₀	борофоска (P ₁₀₅ K ₁₂₀)+N ₃₀
Люцерна изменчивая + тимофеевка луговая	41,57	46,91	50,23	48,55
Люцерна изменчивая + овсяница луговая	38,73	46,20	49,39	47,18
Люцерна изменчивая + ежа сборная	34,31	39,47	39,66	40,76
Люцерна изменчивая + кострец безостый	30,73	34,61	38,58	42,01
НСР ₀₅ для фактора А – 2,04				
НСР ₀₅ для фактора В – 2,04				
НСР ₀₅ для частных различий – 4,69				
Точность опыта – 2,91 %				

При возделывании травосмесей люцерны изменчивой с тимофеевкой луговой и люцерны изменчивой с овсяницей луговой применение борофоски с N₃₀ повышало выход сухого вещества до 10 т/га и более, а люцерны изменчивой с ежой сборной – до 8 т/га и более. Выход сухого вещества более 8 т/га люцерно-кострецовая травосмесь обеспечивала лишь при внесении борофоски в дозах P₆₀K₇₀ и P₁₀₅K₁₂₀ с N₃₀ (рис. 12).

Внесение борофоски привело к изменению ботанического состава травостоев третьего года использования: увеличилась доли люцерны изменчивой на 3–12 % с пропорциональным уменьшением доли мятликовых трав. В целом в структуре

урожая травосмесей люцерна изменчивая составляла 74,8–81,7 % от общей массы, мятликовый компонент – 17,8–26,9 %, сорное разнотравье – 0,4–1,2 %.

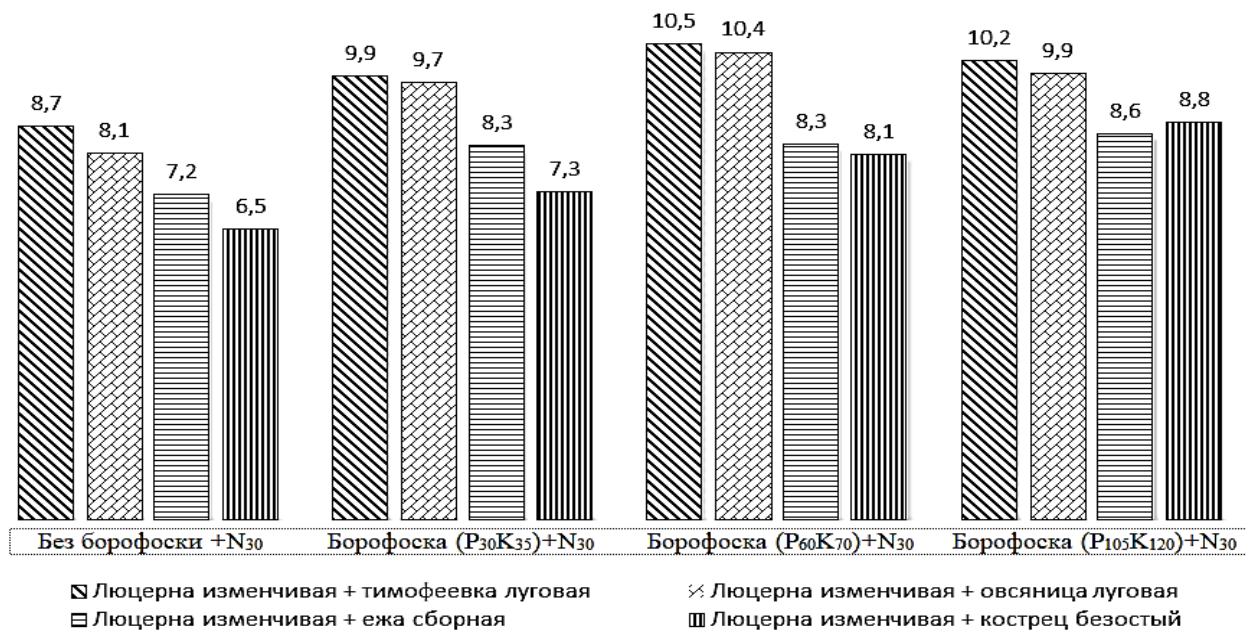


Рисунок 12 – Выход сухого вещества люцерно-мятликовых травосмесей 3-го года использования в сумме за три укоса в 2014 г., т/га

В 4-ом году использования травосмесей, несмотря на малоснежную зиму, перезимовка люцерны изменчивой и мятликовых трав прошла сравнительно нормально. Рано весной растения на всех вариантах подкормили аммиачной селитрой (N₃₀) и пробороновали. Травосмеси использовали в 2 укоса, выполняя весь комплекс технологических мероприятий по заготовке сена.

Первый укос зеленой массы люцерно-мятликовых травосмесей 4-го года использования показал, что последствие всех доз борофоски на фоне N₃₀, существенно повышало урожайность зеленой массы по сравнению с контролем. Наиболее высока прибавка урожайности от последствие борофоски в дозах P₆₀K₇₀ и P₁₀₅K₁₂₀ на фоне N₃₀ в травосмеси люцерны изменчивой с тимopheевкой луговой.

Второй укос зеленой массы люцерно-мятликовых травосмесей 4-го года использования подтвердил эффективность последствие всех изучаемых доз борофоски на фоне N₃₀ (табл. 86).

Таблица 86 – Урожайность зеленой массы люцерно-мятликовых травосмесей 4-го года использования, т/га; укосы: первый/второй

Травосмеси (фактор В)	Минеральные удобрения (фактор А)			
	контроль (N ₃₀ без борофоски)	борофоска (P ₃₀ K ₃₅)+N ₃₀	борофоска (P ₆₀ K ₇₀)+N ₃₀	борофоска (P ₁₀₅ K ₁₂₀)+N ₃₀
Люцерна изменчивая + тимофеевка луговая	18,72/12,81	20,81/14,20	23,48/18,02	25,70/18,87
Люцерна изменчивая + овсяница луговая	20,54/15,18	23,19/19,67	25,10/20,34	24,85/22,03
Люцерна изменчивая + ежа сборная	18,52/14,42	21,40/18,33	23,21/20,59	22,59/20,41
Люцерна изменчивая + кострец безостый	18,97/13,39	22,13/16,42	23,30/19,60	23,81/18,36
НСР ₀₅ для фактора А – 1,58/0,51; НСР ₀₅ для фактора В – 1,58/0,51				
НСР ₀₅ для частных различий – 3,12/0,98; Точность опыта,% – 2,90/2,70				

Оценивая эффективность первого года последствий доз борофоски на фоне N₃₀ в 2015 г., отмечаем их значительное положительное влияние на суммарную урожайность зеленой массы травосмесей в сумме за 2 укоса (табл. 87).

Таблица 87 – Урожайность зеленой массы люцерно-мятликовых травосмесей 4-го года использования в сумме за 2 укоса в 2015 г., т/га

Травосмеси (фактор В)	Минеральные удобрения (фактор А)			
	контроль (N ₃₀ без борофоски)	борофоска (P ₃₀ K ₃₅)+N ₃₀	борофоска (P ₆₀ K ₇₀)+N ₃₀	борофоска (P ₁₀₅ K ₁₂₀)+N ₃₀
Люцерна изменчивая + тимофеевка луговая	31,53	35,01	41,50	44,57
Люцерна изменчивая + овсяница луговая	35,72	42,86	45,44	46,88
Люцерна изменчивая + ежа сборная	32,94	39,73	43,80	43,00
Люцерна изменчивая + кострец безостый	32,36	38,55	42,90	42,17
НСР ₀₅ для фактора А – 1,98; НСР ₀₅ для фактора В – 1,98;				
НСР ₀₅ для частных различий – 4,57				
Точность опыта – 3,01 %				

Достоверных различий в урожайности зеленой массы в сумме за 2 укоса от последействия борофоски в дозах P₆₀K₇₀ и P₁₀₅K₁₂₀ на фоне N₃₀ не наблюдали у большинства изучаемых травосмесей. Исключением являлась травосмесь люцерны изменчивой с тимофеевкой луговой.

Первый год последействия борофоски на фоне N₃₀ положительно повлиял на выход сухого вещества люцерно-злаковых травосмесей. Азотная подкормка без последействия борофоски обеспечила получение 8–9 т/га сухого вещества. По сравнению с контролем последействие борофоски в дозе P₆₀K₇₀ на фоне N₃₀ обеспечило прибавку 11 % и более. Последействие доз борофоски P₆₀K₇₀ и P₁₀₅K₁₂₀ на фоне N₃₀ позволило получить 10–12 т/га сухого вещества изучаемых люцерно-злаковых травосмесей (рис. 13).

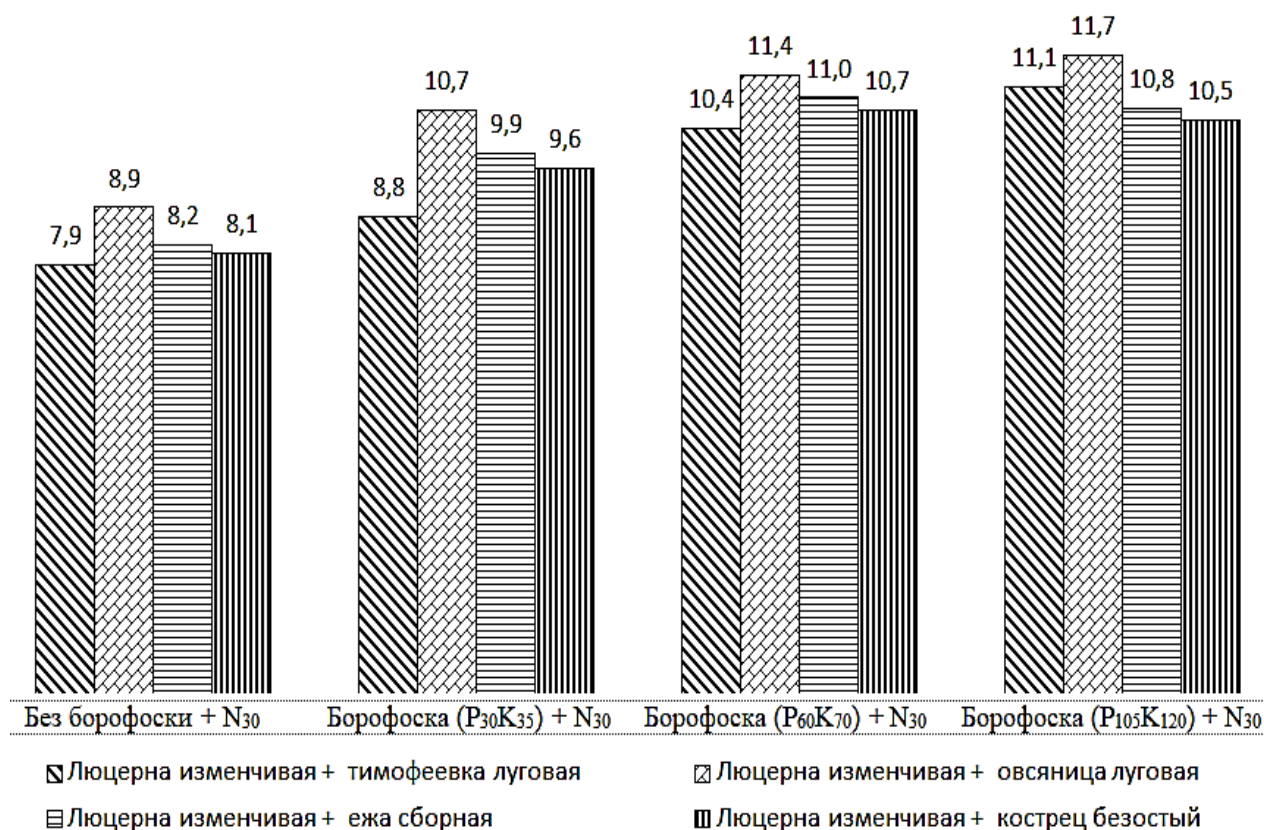


Рисунок 13 – Выход сухого вещества люцерно-мятликовых травосмесей 4-го года использования, т/га

В 5-ом году использования травосмесей (2016 г.), люцерна изменчивая, кострец безостый и ежа сборная перезимовали хорошо, а овсяница луговая и тимофеевка луговая из травостоя в значительной степени выпали. Рано весной на всех

вариантах опыта была проведена азотная подкормка N_{30} и боронование. С двух укосов всех изучаемых травосмесей заготавливали сено.

Первый укос зеленой массы люцерно-мятликовых травосмесей 5-го года использования второго года последствия борофоски в дозах $P_{60}K_{70}$ и $P_{105}K_{120}$ на фоне N_{30} , позволил получить достоверную прибавку урожайности зеленой массы всех люцерно-мятликовых травосмесей по сравнению с контролем. Последствие борофоски в дозе $P_{30}K_{35}$ на фоне N_{30} не обеспечило достоверную прибавку урожайности зеленой массы (табл. 88).

Таблица 88 – Урожайность зеленой массы люцерно-мятликовых травосмесей 5-го года использования, т/га; укосы: первый/второй

Травосмеси (фактор В)	Минеральные удобрения (фактор А)			
	контроль (N_{30} без борофоски)	борофоска ($P_{30}K_{35}$)+ N_{30}	борофоска ($P_{60}K_{70}$)+ N_{30}	борофоска ($P_{105}K_{120}$)+ N_{30}
Люцерна изменчивая + тимофеевка луговая	15,34/12,05	16,79/13,12	21,05/16,20	23,65/17,44
Люцерна изменчивая + овсяница луговая	16,02/12,37	17,14/13,23	21,61/17,03	23,94/17,95
Люцерна изменчивая + ежа сборная	18,29/13,58	19,81/15,64	22,97/18,78	24,30/20,15
Люцерна изменчивая + кострец безостый	19,15/14,01	20,23/15,90	23,12/19,23	25,07/20,34
НСР ₀₅ для фактора А – 1,49/0,93; НСР ₀₅ для фактора В – 1,49/0,93				
НСР ₀₅ для частных различий – 2,97/1,87; Точность опыта,% – 3,01/2,83				

Вторичное последствие борофоски в дозах $P_{60}K_{70}$ и $P_{105}K_{120}$ на фоне N_{30} обеспечило наиболее высокую урожайность зеленой массы в травосмесях люцерны изменчивой с тимофеевкой луговой и люцерны изменчивой с овсяницей луговой – прибавки составили 5,59–8,31 т/га. В остальных травосмесях она была ниже, хотя они все же оказались урожайнее контроля на 6–10 %. Это обусловлено тем, что к 5-му году использования многие растения тимофеевки луговой и овсяницы луговой выпали из травостоев и урожайность формировалась в основном за счет люцерны изменчивой.

Второй укос зеленой массы люцерно-мятликовых травосмесей 5-го года использования подтвердил эффективность пролонгированного действия высоких

доз борофоски на фоне N_{30} . Последствие минимальной дозы борофоски обеспечило достоверную наименьшую прибавку урожайности. Последствие борофоски в дозах $P_{60}K_{70}$ и $P_{105}K_{120}$ повышало урожайность зеленой массы второго укоса люцерно-мятликовых травосмесей 5-го года использования на 34–45 % по сравнению с контролем. Урожайность отавы травосмесей люцерны изменчивой с ежой сборной и люцерны изменчивой с кострцом безостым была наиболее высокой (табл. 88).

Повторное последствие борофоски на фоне N_{30} достоверно положительно влияло на суммарную урожайность кормовой массы в 2016 г. Урожайность зеленой массы травосмесей за счет повторного последствия борофоски в дозе $P_{30}K_{35}$ на фоне N_{30} повысилась несущественно 2,0–3,6 т/га, практически в пределах статистической достоверности. Повторное последствие борофоски в дозах $P_{60}K_{70}$ и $P_{105}K_{120}$ на фоне N_{30} обеспечило прибавку урожайности 9,2–13,7 т/га. Наиболее высокая урожайность 41–45 т/га зеленой массы травосмеси формировалась при повторном последствии борофоски в дозе $P_{105}K_{120}$ на фоне N_{30} (табл. 89).

Таблица 89 – Урожайность зеленой массы люцерно-мятликовых травосмесей 5-го года использования в сумме за два укоса в 2016 г., т/га

Травосмеси (фактор В)	Минеральные удобрения (фактор А)			
	контроль (N_{30} без борофоски)	борофоска ($P_{30}K_{35}$)+ N_{30}	борофоска ($P_{60}K_{70}$)+ N_{30}	борофоска ($P_{105}K_{120}$)+ N_{30}
Люцерна изменчивая + тимофеевка луговая	27,39	29,91	37,25	41,09
Люцерна изменчивая + овсяница луговая	28,39	30,37	38,64	41,89
Люцерна изменчивая + ежа сборная	31,87	35,45	41,75	44,45
Люцерна изменчивая + кострец безостый	33,16	36,13	42,35	45,41
НСР ₀₅ для фактора А – 1,73; НСР ₀₅ для фактора В – 1,73				
НСР ₀₅ для частных различий – 4,40; Точность опыта – 2,85 %				

Повторное последствие борофоски на фоне N_{30} положительно повлияло на выход сухого вещества люцерно-мятликовых травосмесей (рис. 14). Внесение только N_{30} позволило получить 6,8–8,3 т/га сухого вещества, на этом фоне последствие борофоски в дозе $P_{30}K_{35}$ обеспечил выход сухого вещества 7,5–9,0 т/га, а в дозах $P_{60}K_{70}$ и $P_{105}K_{120}$ – 9,3–11,4 т/га.

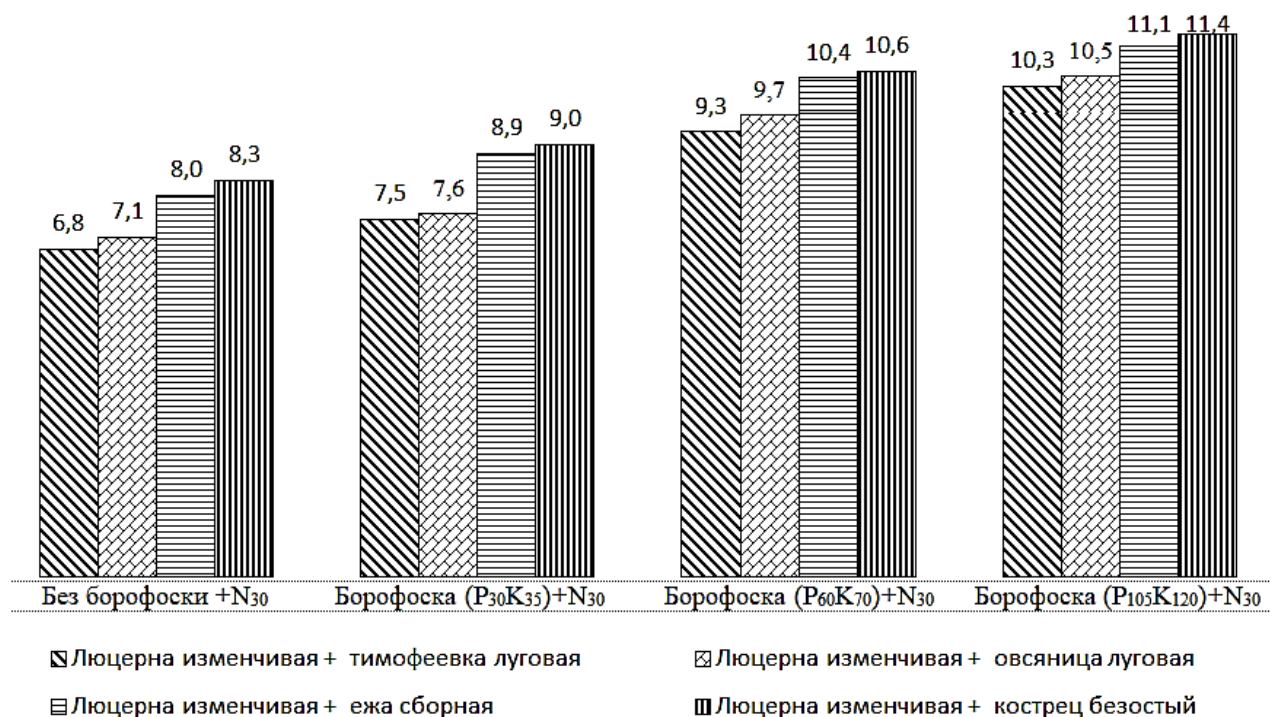


Рисунок 14 – Выход сухого вещества люцерно-мятликовых травосмесей 5-го года использования, т/га

К 5-му году использования продуктивность люцерно-мятликовых травостоев на фоне только N_{30} значительно снижалась. Однократное внесение на травостоях 3-го года жизни борофоски в дозах $P_{60}K_{70}$ и $P_{105}K_{120}$ на фоне ежегодной подкормки N_{30} позволяло сохранить их высокое продуктивное долголетие при среднесрочном использовании.

Люцерно-мятликовые травосмеси 3–5-го годов использования в сумме за три года исследований (2014–2016 гг.) в агроклиматических условиях западной части Европейской России обеспечили получение 40–45 т/га зеленой массы и 10–11 т/га сухого вещества при однократном применении борофоски в дозах $P_{60}K_{70}$ и $P_{105}K_{120}$ на фоне ежегодного внесения N_{30} (табл. 90).

Таблица 90 – Производства кормовой массы люцерно-мятликовыми травосмесями в сумме за 3-5-ый годы использования, т/га; зеленая масса/сухое вещество

Травосмеси (фактор В)	Минеральные удобрения (фактор А)			
	контроль (N ₃₀ без борофоски)	борофоска (P ₃₀ K ₃₅)+N ₃₀	борофоска (P ₆₀ K ₇₀)+N ₃₀	борофоска (P ₁₀₅ K ₁₂₀)+N ₃₀
Люцерна изменчивая + тимофеевка луговая	33,50/8,37	37,28/9,32	42,99/10,75	44,74/11,18
Люцерна изменчивая + овсяница луговая	34,28/8,57	39,81/9,95	44,49/11,12	45,32/11,33
Люцерна изменчивая + ежа сборная	33,04/8,26	38,22/9,55	41,74/10,43	42,74/10,68
Люцерна изменчивая + кострец безостый	32,08/8,02	36,43/9,11	41,28/10,32	43,20/10,80

Для расчета экономической эффективности возделывания люцерно-мятликовых травосмесей был взят вариант с максимальной урожайностью зеленой массы и сухого вещества в среднем за годы исследований с применением фосфорно-калийного удобрения борофоски в дозе P₁₀₅K₁₂₀ совместно с аммиачной селитрой в дозе N₃₀. Наиболее высокие показатели экономической эффективности возделывания зеленой массы получены в варианте с люцерной изменчивой и овсяницей луговой: себестоимость 1 т зеленой массы при внесении борофоски на фоне азотного удобрения (N₃₀) в среднем составила 363 руб., чистый доход – 914 тыс. руб., уровень рентабельности – 67,6 %.

Относительно высокие показатели экономической эффективности также были получены при возделывании травосмеси люцерны изменчивой и овсяницы луговой на сено в оптимальном по удобренности варианте (P₁₀₅K₁₂₀ + N₃₀): себестоимость 1 т продукции составила 979,3 руб., чистый доход – 703,3 тыс. руб., рентабельность – 63,4 %.

Итак, для получения стабильно высоких энергонасыщенных урожаев зеленой массы и сена рекомендуем возделывать на серой лесной почве люцерно-мятликовые травосмеси при двукосном использовании, применяя однократное внесение борофоски в дозе P₁₀₅K₁₂₀ совместно с ежегодной весенней азотной подкормкой в дозе N₃₀.

ПОЛЕВОЕ И ЛУГОВОЕ КОРМОПРОИЗВОДСТВО В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ

Н.М. Белоус, С.А. Бельченко, В.Ф. Шаповалов

Несмотря на существенное улучшение радиационной обстановки в западной части Европейской России, до сих пор не удалось полностью решить проблему обеспечения сельскохозяйственных животных безопасными кормами, а население – молоком, соответствующим нормативу по содержанию ^{137}Cs [141, 142]. Риск получения продукции кормопроизводства и животноводства, не соответствующей принятым нормативам, как в сельскохозяйственных предприятиях различных организационно-правовых форм, так и в личном подворье, по некоторым видам кормов достигает 50 %.

Существенным источником разнообразных кормов для сельскохозяйственных животных служат луговые ландшафты, обладающие большим биоразнообразием и различной степенью продуктивности. В России более 2/3 площадей естественных кормовых угодий относятся к категории низкопродуктивных и мелиоративно неустроенных земель. В результате техногенной аварии на Чернобыльской АЭС только в Брянской области более 491 тыс. га кормовых угодий подверглось радиоактивному загрязнению, значительная их часть из-за низкого культуртехнического состояния позволяет получать в среднем не более 3–5 т/га зеленой массы, что является основной причиной дефицита зеленых и грубых кормов для животноводства в последние 20 лет.

Естественные кормовые угодья имеют более высокую степень радиоактивного загрязнения по сравнению с улучшенными сенокосами и пастбищами многолетних трав на пашне. В этих условиях приоритетно производство продуктов питания с концентрацией радио-нуклидов, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам, поскольку в формировании доз облучения в отдаленный период после аварии преобладает внутренняя составляющая, возникающая за счёт потребления радиоактивно загрязненных продуктов питания.

Широкое применение защитных мероприятий на радиоактивно загрязненных землях значительно снижает риск производства сельскохозяйственной продукции, не соответствующей нормативам по радиационной безопасности и дозе общего облучения, но постоянно требует конкретизации и актуализации по радиологическим, пространственно-временным факторам и сельскохозяйственным культурам [143–151].

Цель исследований – разработка элементов систем защитных мероприятий на радиоактивно загрязненных кормовых угодьях.

Место, время и условия проведения полевых исследований

Работу проводили в Новозыбковском районе Брянской области в 2014–2016 гг. в стационарных опытах, заложенных на пашне и в пойме р. Ипуть.

Полевой опыт по производству на пашне зеленой массы кормовых культур.

Почва дерново-подзолистая песчаная, содержала гумуса 1,31–1,50 %, P_2O_5 – 247–294 мг/кг, K_2O – 37–67 мг/кг, pH_{KCl} 5,5–5,8, плотность загрязнения ^{137}Cs 820–850 кБк/м².

Схема полевого опыта включала следующие одновидовые посевы: люпин желтый (*Lupinus luteus* L.) сорт Престиж, овес посевной (*Avena sativa* L.) сорт Скакун, райграс однолетний (*Lolium multiflorum*) сорт Изорский, суданская трава (*Sorghum × drummondii*) сорт Кинельская 100, просо посевное (*Panicum miliaceum* L.) сорт Квартет.

Система удобрения была представлена тремя фонами: контроль (без удобрений); K_{180} ; K_{210} . Удобрения вносили под предпосевную культивацию.

Площадь опытной делянки 170 м², повторность трехкратная, размещение делянок систематическое. Учет укосного урожая зеленой массы люпина желтого проводили в фазе сизоблестящего боба, мятликовых культур – в фазе выхода в трубку-начала выметывания.

Полевой опыт по производству на пашне сена кормовых культур.

Почва дерново-подзолистая песчаная, содержала гумуса 1,5–1,7 %, P_2O_5 –

155–180 мг/кг, K_2O – 80–120 мг/кг, pH_{KCl} 5,5–5,8, плотность загрязнения ^{137}Cs 335–385 кБк/м².

Схема опыта включала следующие одновидовые посевы: люцерна изменчивая (*Medicago varia*) сорт Сарга, тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.) сорт Марусинская 297, кострец безостый (*Bromus inermis* Leyss.) сорт Моршанский 760, а также травосмеси люцерны изменчивой с тимофеевкой луговой и люцерны изменчивой с кострцом безостым при следующем соотношении компонентов: бобовые 60 %, мятликовые 40 %.

Система удобрения включала 5 фонов: контроль (без удобрений); $P_{60}K_{120}$; $P_{60}K_{150}$; $P_{60}K_{180}$; $P_{60}K_{210}$.

Площадь опытной делянки 30 м². Повторность вариантов трехкратная, размещение систематическое. На сено люцерну убирали в фазе бутонизации–начала цветения, мятликовые травы – в фазе выхода в трубку–начала выметывания, травосмеси убирали в фазе бутонизации–начала цветения люцерны.

Опыты по производству кормов в центральной пойме реки Ипуть.

Почва пойменная (аллювиальная) луговая кислая песчаная, мощность агрогоризонта 17–18 см, содержала гумуса (по Тюрину) 3,08–3,33 %, P_2O_5 – 620–840 мг/кг и K_2O – 133–180 мг/кг (по Кирсанову), pH_{KCl} – 5,2–5,6, плотность загрязнения ^{137}Cs 559–867 кБк/м².

Естественный травостой был представлен мятликовыми травами. Агротехнические мероприятия включали поверхностную обработку дернины дисковой бороной БДФ-2,4 в двух направлениях под углом 90° и коренное улучшение – обработка с проведением вспашки дернины плугом ПЯ-40 с последующим дискованием пласта дисковой бороной БДФ-2,4. Перед посевом проводили прикатывание катком ЗКВГ-1,5. Сеяли смесь многолетних мятликовых трав сеялкой зернотравяной СЗТ-3,6. Состав травосмеси: овсяница луговая – 6 кг/га, лисохвост луговой – 5 кг/га, двукисточник тростниковый – 7 кг/га.

Система удобрения состояла из следующих вариантов: контроль (без удобрений), $P_{60}K_{90}$; $P_{60}K_{120}$; $N_{90}P_{60}K_{90}$; $N_{90}P_{60}K_{120}$; $N_{90}P_{60}K_{150}$; $N_{120}P_{60}K_{120}$; $N_{120}P_{60}K_{150}$;

$N_{120}P_{60}K_{180}$. Вносили аммиачную селитру (N – 34,4%), суперфосфат двойной гранулированный (P_2O_5 – 48 %), калий хлористый (K_2O – 56 %).

Площадь посевной делянки 63 м², уборочной – 24 м², повторность вариантов опыта трехкратная.

Сеяный агроценоз образовывали следующими видами трав: овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.) – 6 кг/га, лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis* L.) – 5 кг/га, канареечник тростниковидный (*Phalaris arundinacea* L.) – 7 кг/га.

Система обработки почвы включала поверхностную обработку дисковой бороной БДФ-2,4 и коренное улучшение – вспашку двухъярусным плугом ПЯ-40 на глубину 40 см.

Удобрения вносили дробно: 1/2 дозы азотных и калийных удобрений и полная доза фосфорных удобрений – под первый укос и 1/2 дозы азотных и калийных удобрений – под второй укос.

Миграция ¹³⁷Cs по пищевой цепи зависела от агротехнических и агрохимических приемов. Наиболее значимый эффект был получен при коренном улучшении луга (вспашка двухъярусным плугом). Проведен расчет миграции ¹³⁷Cs по пищевой цепи (из кормов – в молоко и мясо). Применение минерального удобрения при соотношении N : K, равном 1 : 1,5, независимо от обработки почвы позволяло снизить удельную активность радиоцезия в продукции животноводства и внутреннюю дозу облучения человека до уровней, соответствующих нормативу радиационной безопасности

Учет урожая зеленой массы проводили сплошным поделяночным методом при помощи скашивания травостоя косилкой Е-302 и последующего взвешивания. В сезон проводили два укоса (первый – с 1 по 10 июня, второй – с 23 августа по 1 сентября). Урожайность сена определяли путем высушивания зеленой массы с 1 м² до воздушно-сухого состояния [153].

Удельную активность ¹³⁷Cs в исследуемых растительных образцах устанавливали на универсальном спектрометрическом УКС Гамма Плюс (НПП «Доза», Россия), аппаратурная ошибка измерений не превышала 30 %.

Вынос ¹³⁷Cs с урожаем вычисляли как произведение урожайности зеленой

массы или сена кормовых культур на удельную активность ^{137}Cs в корме.

Кратность снижения ^{137}Cs рассчитывали как отношение удельной активности ^{137}Cs в кормах, полученных без применения удобрений, к удельной активности ^{137}Cs в кормах, полученных с применением удобрений.

Удельную активность молока и мяса рассчитывали как произведение суточного поступления корма (зеленая масса 50 кг, сено 5 кг), удельной активности корма и равновесного коэффициента перехода радионуклида в продукцию животноводства [154].

Потребление молока и молочных изделий в пересчете на молоко в год принимали равными 200,8 л, мяса – 31,4 кг (согласно закону Брянской области от 08.06.2001 № 45-3 в редакции от 12.10.2001 «О потребительской корзине в Брянской области»). Согласно нормам радиационной безопасности (НРБ 99/2009) суммарная доза внешнего и внутреннего облучения не должна превышать 1000 мкЗв в год (СанПиН 2.6.1.2523-09; Нормы рациональной безопасности, 2009).

Экспериментальные данные подвергали дисперсионному анализу [64].

Результаты исследований и их обсуждение.

В полевом опыте по производству на пашне зеленой массы кормовых культур в одновидовых посевах наиболее высокой урожайностью отличался люпин желтый (23,3–26,6 т/га). Урожайность зеленой массы мятликовых трав была ниже (табл. 91).

Среди мятликовых трав наиболее высокая урожайность была у суданской травы (15,7–17,3 т/га), а самая низкая – у райграса однолетнего (5,7–8,7 т/га). Калийные удобрения в целом слабо влияли на изменение величины урожайности кормовых культур.

Наибольшая удельная активность ^{137}Cs выявлена в зеленой массе люпина желтого в контрольном варианте. Она составляла 170 Бк/кг при нормативе 100 Бк/кг. Применение возрастающих доз калийных удобрений снижало удельную активность корма до нормативного уровня. В зеленой массе мятликовых кормовых культур в зависимости от видового состава удельная активность ^{137}Cs изменялась от 26 до 72 Бк/кг, т. е. соответствовала нормативу. Внесение калия в дозах

K_{180} и K_{210} снижало удельную активность ^{137}Cs в зеленой массе всех возделываемых культур в 1,4–2,6 раза. Наибольший вынос радионуклида с урожаем был в контрольном варианте, с увеличением доз калийных удобрений миграция ^{137}Cs из почвы в зеленую массу снижалось.

Таблица 91 – Воздействие удобрений на урожайность зеленой массы в полевом опыте и миграцию ^{137}Cs по цепи почва-корм-продукция животноводства (среднее за 2011–2014 гг.)

Варианты	Урожайность зеленой массы, т/га	Удельная активность ^{137}Cs в кормах, Бк/кг	Вынос ^{137}Cs с урожаем, кБк/га	Кратность снижения ^{137}Cs , раз	Удельная активность ^{137}Cs	
					в молоке, Бк/л	в мясе, Бк/кг
Люпин желтый						
Контроль	23,3	170	3949	-	85	339
K_{180}	25,6	89	2266	1,9	44	177
K_{210}	26,6	69	1822	2,5	34	137
Овёс						
Контроль	8,0	61	486	-	30	121
K_{180}	11,2	36	400	1,7	18	71
K_{210}	12,3	26	315	2,4	13	51
Райграс однолетний						
Контроль	5,7	68	390	-	34	137
K_{180}	7,7	48	371	1,4	24	96
K_{210}	8,7	29	251	2,4	14	58
Суданская трава						
Контроль	15,7	59	919	-	29	117
K_{180}	16,3	45	739	1,3	23	91
K_{210}	17,3	31	544	1,9	16	63
Просо						
Контроль	14,1	72	1017	-	36	144
K_{180}	14,9	44	662	1,6	22	89
K_{210}	16,7	28	459	2,6	14	55

При скармливании молочному скоту полученной зеленой массы кормовых культур не более 50 кг/сут., молоко будет соответствовать требованиям норматива – не более 100 Бк/л. Для получения мяса, соответствующего нормативу, – не более 160 Бк/кг необходимо скармливать не более 50 кг/сут зеленого корма мятликовых трав, а также зеленой массы люпина при использовании калийных удобрений в дозе K_{210} и более (табл. 91).

В полевом опыте по производству на пашне сена кормовых культур его урожайность на контроле варьировала от 3,40 до 7,26 т/га в зависимости от биологических особенностей выращиваемых культур. Смешанные посевы, по сравнению с одновидовыми, производили больше сена (табл. 92).

Таблица 92 – Воздействие удобрений на урожайность сена в полевом опыте и миграцию ^{137}Cs по цепи почва-корм-продукция животноводства (сумма двух укосов в средня за 2011-2014 гг.)

Варианты	Урожайность сена, т/га	Удельная активность ^{137}Cs в кормах, Бк/кг	Вынос ^{137}Cs с урожаем, кБк/га	Кратность снижения ^{137}Cs , раз	Удельная активность ^{137}Cs	
					в молоке, Бк/л	в мясе, Бк/кг
Люцерна посевная						
Контроль	5,56	386	2146	-	19	77
P ₆₀ K ₁₂₀	6,64	246	1633	1,6	12	49
P ₆₀ K ₁₅₀	7,51	192	1442	2,0	10	38
P ₆₀ K ₁₈₀	9,21	142	1308	2,7	7	28
P ₆₀ K ₂₁₀	10,36	103	1067	3,8	5	21
Кострец безостый						
Контроль	3,95	256	1011	-	13	51
P ₆₀ K ₁₂₀	4,4	136	598	1,9	7	27
P ₆₀ K ₁₅₀	4,89	94	460	2,7	5	19
P ₆₀ K ₁₈₀	5,24	77	403	3,3	4	15
P ₆₀ K ₂₁₀	5,73	55	315	4,7	3	11
Тимофеевка луговая						
Контроль	3,4	239	813	-	12	48
P ₆₀ K ₁₂₀	4,17	107	446	2,2	5	21
P ₆₀ K ₁₅₀	4,61	141	650	1,7	7	28
P ₆₀ K ₁₈₀	5,13	83	426	2,9	4	17
P ₆₀ K ₂₁₀	5,61	69	387	3,5	3	14
Люцерна + кострец безостый						
Контроль	7,26	315	2287	-	16	63
P ₆₀ K ₁₂₀	8,23	197	1621	1,6	10	39,4
P ₆₀ K ₁₅₀	9,00	133	1197	2,4	7	26,6
P ₆₀ K ₁₈₀	9,89	91	900	3,5	5	18,2
P ₆₀ K ₂₁₀	11,10	80	888	3,9	4	16
Люцерна + тимофеевка луговая						
Контроль	6,77	291	1970	-	15	58
P ₆₀ K ₁₂₀	7,93	207	1642	1,4	10	41
P ₆₀ K ₁₅₀	8,86	111	983	2,6	6	22
P ₆₀ K ₁₈₀	9,93	75	745	3,9	4	15
P ₆₀ K ₂₁₀	10,66	40	426	7,3	2	8

Внесение фосфорно-калийных удобрений в дозе $P_{60}K_{120}$ способствовало росту урожайности как одновидовых посевов с 0,45 до 1,08 т/га в зависимости от вида трав, так и смешанных посевов с 0,97 до 1,16 т/га.

При последовательном увеличении дозы калийных удобрений (K_{30} , K_{60} , и K_{90}) в составе фосфорно-калийных ($P_{60}K_{120}$) отмечали тенденцию к повышению урожайности. Выявили, что увеличение соотношения калия к фосфору в фосфорно-калийных удобрениях при возделывании как одновидовых, так и смешанных посевов дает положительный эффект. Максимальная урожайность сена во всех вариантах опыта в 1,45–1,86 раза больше, чем на контроле; она получена при внесении $P_{60}K_{210}$.

Наибольшая отзывчивость на фосфорно-калийные удобрения выявлена в одновидовых посевах люцерны посевной, при улучшении обеспеченности этими элементами питания урожайность существенно возрастала (в 1,9 раза).

Наибольшая удельная активность ^{137}Cs в одновидовых посевах выявлена в сене люцерны в контрольном варианте; она составляет 386 Бк/кг при нормативе 400 Бк/кг. В сене одновидовых посевов мятликовых трав и в смешанных посевах удельная активность ^{137}Cs была ниже, чем в сене люцерны. Применение возрастающих доз калийных удобрений при совместном внесении с фосфорными удобрениями снижает удельную активность сена в 1,6–3,9 раза в зависимости от состава травостоя. Наибольший вынос ^{137}Cs с урожаем был в контрольном варианте, с увеличением доз калия в составе фосфорно-калийных удобрений снижалась миграция ^{137}Cs из почвы в сено. При скармливании молочному и мясному скоту полученного сена кормовых культур не более 5 кг/сут. молоко и мясо будут соответствовать требованиям норматива (табл. 92).

Первый опыт в пойме р. Ипуть. Естественный травостой пойменного луга представлен следующими видами мятликовых трав: овсяница луговая (30 %), лисохвост луговой (50 %), тимофеевка луговая (20 %). Урожайность зеленой массы и сена естественного травостоя в сумме за два укоса составила соответственно 6,59 и 1,63 т/га (табл. 93).

Таблица 93 – Воздействие удобрений на урожайность зеленой массы и сена в луговом опыте и миграцию ^{137}Cs по цепи почва-корм-продукция животноводства (сумма двух укосов в среднем за 2009–2015 гг.)

Варианты	Урожайность, т/га	Удельная активность ^{137}Cs в кормах, Бк/кг	Вынос ^{137}Cs с урожаем, кБк/га	Кратность снижения ^{137}Cs , раз	Удельная активность ^{137}Cs	
					в молоке, Бк/л	в мясе, Бк/кг
Зеленая масса						
Контроль	6,59	1169	7704	-	585	2338
P ₆₀ K ₉₀	15,43	143	2206	8,2	72	286
P ₆₀ K ₁₂₀	17,50	111	1943	10,5	56	222
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	26,93	311	8375	3,8	156	622
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	28,09	250	7023	4,7	125	500
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₅₀	29,57	140	4140	8,4	70	280
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	33,39	167	5576	7,0	84	334
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀	34,44	94	3237	12,4	47	188
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₈₀	37,77	74	2795	15,8	37	148
Сено						
Контроль	1,63	3276	5340	-	164	655
P ₆₀ K ₉₀	3,73	456	1701	7,2	23	91
P ₆₀ K ₁₂₀	4,35	346	1505	9,5	17	69
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	6,57	1309	8600	2,5	65	262
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	6,86	786	5392	4,2	39	157
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₅₀	7,50	400	3000	8,2	20	80
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	8,00	505	4040	6,5	25	101
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀	8,68	355	3081	9,2	18	71
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₈₀	9,1	263	2393	12,5	13	53

Применение возрастающих доз калийных удобрений в составе фосфорно-калийных увеличило урожайность зеленой массы и сена до 2,7 раз по сравнению с контролем. При внесении азотных удобрений в дозе N₉₀ совместно с P₆₀K₉₀ увеличивался сбор зеленой массы и сена в 1,5 раза по сравнению с P₆₀K₁₂₀. Повышение дозы калийных удобрений до K₁₅₀ в составе N₉₀P₆₀ способствовало росту урожайности зеленой массы и сена в 1,1 раз по сравнению с N₉₀P₆₀K₉₀. С увеличением дозы азотных удобрений до N₁₂₀ совместно с P₆₀K₁₂₀ возрастала урожайность зеленой массы и сена в 1,2 раза по сравнению с N₉₀P₆₀K₉₀. Увеличение калийных удобрений до K₁₈₀ в составе N₁₂₀P₆₀ увеличивало урожайность зеленой массы и сена в 1,1 раз по сравнению с N₁₂₀P₆₀K₁₂₀. Таким образом, главным фактором повышения продуктивности кормовых угодий были азотные удобрения.

Применение минеральных удобрений способствует значительному снижению поступления ^{137}Cs из почвы в растения. Так, в контрольном варианте на естественном травостое удельная активность зеленой массы и сена многолетних трав в среднем за 2 укоса составила соответственно 1169 и 3276 Бк/кг, что превышает нормативный показатель в 11,7 и 8,2 раза.

Внесение азотных удобрений в дозе N_{90} совместно с $\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ увеличивало удельную активность зеленой массы и сена соответственно в 2,8 и 3,7 раза по сравнению с $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$. Увеличение калийных удобрений до K_{150} в составе $\text{N}_{90}\text{P}_{60}$ снижало удельную активность как зеленой массы, так и сена. Однако корм не соответствовал нормативному требованию (табл. 93).

Получение корма, соответствующего нормативу, возможно при применении полного минерального удобрения в дозах $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{150}$ и $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$.

Наибольший вынос ^{137}Cs с урожаем был отмечен в варианте с применением азотных удобрений в дозе N_{90} при соотношении с калийными 1 : 1, с увеличением доз калийных удобрений снижалась миграция из почвы ^{137}Cs в продукцию кормопроизводства.

Внесение минеральных удобрений в дозе $\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ снижало удельную активность ^{137}Cs в зеленой массе и сене соответственно в 8,2 и 7,2 раза, но корм не соответствовал нормативным требованиям. Применение минеральных удобрений в дозе $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ снижало удельную активность сена до нормативного уровня, зеленая масса ему не соответствовала.

Удельная активность ^{137}Cs в молоке и мясе в контрольном варианте превышала нормативный показатель соответственно в 5,9 и 14,6 раза при скармливании зеленой массы и в 1,6 и 4,1 раза при скармливании сена.

Получение молока и мяса, соответствующих нормативным требованиям, обеспечивалось кормлением скота зеленой массой и/или сеном с пойменного луга при использовании минеральных удобрений: для молока – в дозах $\text{P}_{60}\text{K}_{90}$, $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$, $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{150}$, $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$, $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{150}$, $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$; для мяса – в дозе $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$ (табл. 93).

Второй опыт в пойме р. Ипуть. Минимальная урожайность зеленой массы (6,0 т/га) и сена первого укоса (1,56 т/га) с наибольшей удельной активностью

^{137}Cs была получена в контрольном варианте (без удобрений) на фоне поверхностного улучшения луга. На фоне коренного улучшения урожайность зеленой массы в контрольном варианте составляла 7,0 т/га, а сена – 1,59 т/га. Максимальная урожайность зеленой массы и сена в первом укосе независимо от способа обработки почвы была отмечена при применении полного минерального удобрения в дозе $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ (соотношение $\text{N} : \text{K} = 1 : 1,5$; табл. 94, 95).

Таблица 94 – Эффективность защитных мероприятий на реабилитируемых радиоактивно загрязненных пойменных лугах при возделывании трав на зеленую массу (среднее за 2014–2016 гг.)

Варианты	Поверхностное улучшение					Коренное улучшение				
	Урожайность, т/га	Удельная активность, Бк/кг			Доза внутреннего облучения, мкЗв	Урожайность, т/га	Удельная активность, Бк/кг			Доза внутреннего облучения, мкЗв
		корма	молока	мяса			корма	молока	мяса	
Первый укос										
Контроль	6,0	1575	787	3150	3332	7,0	1065	533	2130	2255
$\text{P}_{60}\text{K}_{45}$	13,6	218	109	436	461	13,7	115	57	230	243
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{45}$	21,7	225	113	450	478	23,0	215	107	430	453
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	23,4	213	105	418	443	24,4	209	106	426	450
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{75}$	24,0	137	69	274	291	27,8	135	67	270	284
$\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	15,0	117	58	234	248	15,1	83	41	166	175
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	25,6	173	87	346	367	27,1	162	81	324	343
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{75}$	28,6	101	51	202	217	29,3	98	49	196	207
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$	29,9	84	42	168	178	30,7	76	38	152	161
НСП ₀₅ общая	1,9	70	-	-	-	-	-	-	-	-
НСП ₀₅ обраб. почвы	0,6	23	-	-	-	-	-	-	-	-
НСП ₀₅ удобр.	0,8	49	-	-	-	-	-	-	-	-
Второй укос										
Контроль	2,0	1614	807	3228	3416	2,1	1150	575	2300	2434
K_{45}	5,9	136	68	272	288	6,1	88	44	176	186
$\text{N}_{45}\text{K}_{45}$	11,2	307	153	614	659	11,0	256	128	512	542
$\text{N}_{45}\text{K}_{60}$	11,7	255	127	510	538	12,0	219	109	438	462
$\text{N}_{45}\text{K}_{75}$	13,1	147	73	294	310	13,4	137	69	274	291
K_{60}	6,9	115	57	230	242	6,9	119	59	238	250
$\text{N}_{60}\text{K}_{60}$	14,1	186	93	372	394	14,3	183	91	366	386
$\text{N}_{60}\text{K}_{75}$	14,9	116	58	232	246	15,1	106	53	212	225
$\text{N}_{60}\text{K}_{90}$	15,6	84	42	168	178	16,0	83	41	166	175
НСП ₀₅ общая	0,6	37	-	-	-	-	-	-	-	-
НСП ₀₅ обраб. почвы	0,2	12	-	-	-	-	-	-	-	-
НСП ₀₅ удобр.	0,4	26	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 95 – Эффективность защитных мероприятий на реабилитируемых радиоактивно загрязненных пойменных лугах при возделывании трав на сено (среднее за 2014–2016 гг.)

Варианты	Поверхностное улучшение					Коренное улучшение				
	Урожайность, т/га	Удельная активность, Бк/кг			Доза внутреннего облучения, мкЗв	Урожайность, т/га	Удельная активность, Бк/кг			Доза внутреннего облучения, мкЗв
		корма	молока	мяса			корма	молока	мяса	
Первый укос										
Контроль	1,53	3352	168	670	711	1,59	2244	112	449	547
P ₆₀ K ₄₅	3,10	476	24	95	102	3,17	357	18	70	76
N ₄₅ P ₆₀ K ₄₅	5,08	1113	56	225	238	5,24	822	41	165	174
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	5,44	691	35	140	148	5,61	463	23	95	99
N ₄₅ P ₆₀ K ₇₅	5,73	375	19	75	81	6,50	256	13	50	54
P ₆₀ K ₆₀	3,71	348	17	70	73	3,54	233	12	47	49
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,01	458	23	90	97	6,65	245	17	70	73
N ₆₀ P ₆₀ K ₇₅	6,68	302	15	60	63	6,80	292	15	58	58
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	7,08	243	12	50	51	7,15	228	11	45	47
HCP ₀₅ общая	0,56	85	-	-	-	-	-	-	-	-
HCP ₀₅ обраб. почвы	0,20	28	-	-	-	-	-	-	-	-
HCP ₀₅ удобр.	0,23	60	-	-	-	-	-	-	-	-
Второй укос										
Контроль	0,51	3197	160	640	679	0,51	2172	109	435	462
K ₄₅	1,42	364	18	75	71	1,42	350	18	70	66
N ₄₅ K ₄₅	2,64	851	43	170	153	2,61	786	39	155	165
N ₄₅ K ₆₀	2,78	502	25	100	106	2,77	472	24	95	102
N ₄₅ K ₇₅	3,12	278	14	55	58	3,12	264	13	55	56
K ₆₀	1,68	258	13	50	54	1,64	246	12	50	51
N ₆₀ K ₆₀	3,27	383	19	75	74	3,42	363	18	75	78
N ₆₀ K ₇₅	3,46	326	19	65	77	3,56	284	14	70	66
N ₆₀ K ₉₀	3,77	253	13	50	54	3,85	243	12	50	51
HCP ₀₅ общая	0,14	112	-	-	-	-	-	-	-	-
HCP ₀₅ обраб. почвы	0,06	37	-	-	-	-	-	-	-	-
HCP ₀₅ удобр.	0,04	79	-	-	-	-	-	-	-	-

Урожайность зеленой массы и сена во втором укосе в контрольном варианте как на фоне поверхностного, так и на фоне коренного улучшения оказалась на одном уровне и составляла в среднем 0,2 и 0,51 т/га соответственно. Максимальную урожайность сена многолетних трав во втором укосе независимо от способа обработки почвы обеспечивало внесение минерального удобрения в дозе N₆₀K₉₀ (соотношение N : K = 1 : 1,5). Урожайность зеленой массы и сена в этом варианте

при поверхностном улучшении достигала 15,6 и 3,77 т/га, на фоне коренного улучшения – 16,0 и 3,85 т/га соответственно.

Установлено, что в среднем за годы исследований удельная активность ^{137}Cs в зеленой массе первого укоса с контрольного варианта при поверхностном улучшении лугов по сравнению с коренным улучшением была выше на 510 Бк/кг и в сене – на 1108 Бк/кг.

Внесение фосфорно-калийного удобрения в дозах $\text{P}_{60}\text{K}_{45}$ и $\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ приводило к снижению удельной активности ^{137}Cs в зелёной массе первого укоса при обработке дернины дисками в 7,2–13,5 раза, в сене – в 7,0–9,6 раза; при двухъярусной вспашке в зеленой массе – в 9,3–12,8 раза, в сене – в 6,3–9,6 раза по сравнению с контрольным вариантом. По уровню удельной активности полученный корм соответствовал нормативу (400 Бк/кг), однако урожайность в этих вариантах была относительно невысокой: зеленой массы – 13,6–15,0 т/га, сена – 3,10–3,75 т/га при поверхностном улучшении, зеленой массы – 13,7–15,1 т/га и сена – 3,17–3,54 т/га при коренном улучшении.

Применение азотных удобрений в дозе N_{45} по фону фосфорно-калийных в дозе $\text{P}_{60}\text{K}_{45}$ способствовало повышению не только урожайности зеленой массы и сена, но одновременно – удельной активности ^{137}Cs в корме более чем в 2 раза относительно РК-фона. Применение калийного удобрения в дозах K_{60} и K_{75} в добавление к $\text{N}_{45}\text{P}_{60}$ снижало удельную активность ^{137}Cs как на фоне поверхностной обработки почвы, так и на фоне коренного улучшения в сравнении с вариантом $\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{45}$ в зеленой массе в 1,06–1,6, и 1,03–1,6 раза и в сене – в 1,6–3,0 и 1,8–3,2 раза соответственно. Полученный корм в варианте $\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{75}$ по удельной активности ^{137}Cs соответствовал нормативу (табл. 94, 95).

Внесение азота в дозе N_{60} в дополнение к фосфорно-калийному удобрению способствовало повышению удельной активности ^{137}Cs в зеленой массе по сравнению с вариантом $\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ при поверхностной обработке почвы в 1,48 раза, при коренном улучшении – в 1,95 раза, в сене при поверхностной обработке – в 1,3 раза, при коренном улучшении – в 1,25 раза.

Применение последовательно возрастающих доз калия (K_{75} и K_{90}) в дополнение к $\text{N}_{60}\text{P}_{60}$ при соотношении $\text{N} : \text{K}$, равном 1 : 1,25 и 1 : 1,5, приводило к

снижению удельной активности ^{137}Cs в зеленой массе в зависимости от способа обработки почвы в 1,7–2,1 и 1,6–2,1, в сене – в 1,5–1,9 и 1,2–1,3 раза по отношению к варианту $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$.

Гарантированное получение в первом укосе сена, соответствующего ветеринарно-санитарному нормативу по удельной активности ^{137}Cs , в условиях проводимого эксперимента с максимальной урожайностью при изучаемых способах обработки почвы вполне вероятно при применении минерального удобрения в дозе $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ (соотношение $\text{N} : \text{P} : \text{K}$, равное 1 : 1 : 1,5).

Поступление радиоцезия в зеленую массу и сено в первом и втором укосах в зависимости от комплекса проводимых защитных мероприятий практически не отличалось.

Удельная активность ^{137}Cs в зеленой массе второго укоса в контрольном варианте при коренном улучшении была в 1,4 раза, а в сене – в 1,3 раза ниже по сравнению с поверхностной обработкой. В зеленой массе и сене второго укоса, как и в первом укосе, последовательное увеличение доз калийного удобрения как при отдельном применении, так и в составе НК-удобрения способствовало снижению удельной активности ^{137}Cs в корме. Самая высокая продуктивность зеленой массы (15,6–16,0 т/га) во втором укосе вне зависимости от способа обработки почвы и сена (3,77–3,85 т/га) с удельной активностью ^{137}Cs ниже ветеринарно-санитарного норматива (ВП 13.5.13/06-01) получена при применении $\text{N}_{60}\text{K}_{90}$.

Расчет перехода ^{137}Cs из зеленой массы и сена первого и второго укосов в продукцию животноводства показал, что, независимо от способа обработки почвы, для гарантированного получения молока и мяса, соответствующих санитарно-гигиеническим нормативам (100 Бк/л и 160 Бк/кг соответственно), необходимо вносить под первый укос полное минеральное удобрение в дозе $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$, под второй укос – $\text{N}_{60}\text{K}_{90}$. При производстве мяса, соответствующего санитарно-гигиеническому нормативу, животным при стойловом содержании можно скормить зеленую массу и сено, полученные при двуукосном использовании травостоев, применяя минеральные удобрения в тех же дозах (табл. 94).

Итак, при ведении полевого и лугового кормопроизводства в условиях радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий необходимо отдавать

предпочтения кормовым культурам, которые в наименьшей степени накапливают радионуклиды. Бобовые культуры накапливают ^{137}Cs в своей биомассе больше, чем мятликовые.

Азотные удобрения повышают продуктивность кормовых угодий, но увеличивают переход ^{137}Cs из почвы в корма. Применение калийных и фосфорно-калийных удобрений снижает удельную активность зеленой массы и сена, уменьшая переход ^{137}Cs по пищевой цепи. Высокие дозы калийных удобрений нивелируют действие азотных удобрений. Для получения кормов для животноводства с луговых угодий с допустимым содержанием ^{137}Cs необходимо применять полное минеральное удобрение в дозе $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$.

Комплексное применение поверхностного и коренного улучшения в условиях радиоактивного загрязнения естественных кормовых угодий позволяет выращивать корма, соответствующие санитарно-гигиеническому нормативу. Выращивание экологически безопасных зеленых и грубых кормов с удельной активностью ^{137}Cs , не превышающей 100 и 400 Бк/кг (ВП 13.5 13/06-01), с использованием элементов агротехнологий при двуукосном использовании травостоев возможно при применении минеральных удобрений в дозе $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$, под первый укос, в подкормку под второй укос отавы необходимо вносить $\text{N}_{60}\text{K}_{90}$ в соотношении ($\text{N} : \text{K} = 1 : 1,5$).

Использование зеленой массы многолетних мятликовых трав первого укоса и отавы как при поверхностном, так и при коренном улучшении дернины при стойловом содержании крупного рогатого скота обеспечивает удельную активность молока на уровне 41–42 Бк/л, мяса – в пределах 166–168 Бк/кг. При скармливании сена первого и второго укосов удельная активность молока не превышает 12–13 Бк/л, мяса – 46–50 Бк/кг.

Применение полной дозы минерального удобрения NPK при соотношении элементов минерального питания в нём $\text{N} : \text{K} = 1 : 1,5$ способствует формированию высокой урожайности сена многолетних трав и предотвращает превышение санитарно-гигиенических нормативов радиационной безопасности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ



Растениеводство основывается на использовании природных ресурсов, всемерное развитие которого позволяет наращивать производство качественных растительных продуктов питания и кормов. Однако это справедливо лишь при рациональном использовании агроэкосистем. Действительность свидетельствует, что в настоящее время прирост производства, который в существенной степени обеспечивается чрезмерной эксплуатацией природных ресурсов, обуславливает их деградацию. Мировой опыт решения этой жизненно важной проблемы показывает единственный путь достижения положительного результата – системное не только эффективное, но и рациональное использование природных ресурсов растениеводства строго определенное для конкретной агроэкосистемы и агроландшафта.

Климат западной части Европейской России продолжает теплеть и иссушаться. Как следствие, активная вегетация весной начинается раньше на 6–8 дней, а осенью продлевается в среднем на две недели, что соответствует сдвигу к более южным климатическим условиям на 150–200 км. Поэтому с увеличением засух в июле-августе целесообразно увеличить площади под ранними яровыми зерновыми культурами. Увеличение теплообеспеченности и продолжительности осенней вегетации позволяет сдвигать оптимальные сроки сева озимых культур на 11–17 сентября. Сравнение производственной урожайности с климатически обеспеченной урожайностью свидетельствует о значительных неиспользуемых резервах агротехнологий (сорт, удобрения, средства защиты и пр.). В созданных в Брянском ГАУ агрофитоценозах с различными уровнями интенсивности доказана возможность сортов зерновых культур формировать высокие урожаи, аккумулируя до 2,5 % фотосинтетически активной радиации, обеспечивающей фотосинтез растений. Повышение использования этого показателя растениями озимой пшеницы до 3 % позволит увеличить урожайность зерна более чем 10 т с каждого гектара.

Рационально и эффективно адаптировать растениеводство к изменяющимся климатическим условиям в определенной степени позволяет агроэкологическая оценка геоморфологических ресурсов конкретных агроэкосистем и их научно обоснованное использование.

Коренным материальным ресурсом растениеводства являются геологические отложения современного четвертичного периода кайнозоя, на которых сформировался почвенный покров агроэкосистем. Разнообразные почвообразующие породы создают индивидуальную по составу и свойствам почвенную матрицу, огромную по площади и емкости поверхность почвенных частиц, активно взаимодействующую с минеральными и органическими веществами и водой, обеспечивая высокое эффективное плодородие и его воспроизводство, а также устойчивость почв к деградации.

В агроэкосистемах западной части Европейской России почвообразующие породы по убыванию значимости для формирования почвенной матрицы располагаются в следующий ряд: 1) лёсс; 2) лёссовидный суглинок; 3) покровный суглинок; 4) покровная глина; 5) делювий; 6) водноледниковые отложения (супесчаные, песчаные), подстилаемые в пределах верхнего метра карбонатной мореной; 7) водноледниковые отложения (супесчаные, песчаные), подстилаемые в пределах верхнего метра бескарбонатной мореной; 8) аллювий суглинистый; 9) карбонатная морена; 10) аллювий глинистый; 11) аллювий супесчаный; 12) аллювий песчаный; 13) бескарбонатная морена; 14) низинный торф; 15) водноледниковые супесчаные мощные отложения; 16) водноледниковые песчаные мощные отложения; 17) озерноледниковые отложения; 18) элювий карбонатных пород; 19) элювий бескарбонатных пород. Для рационально-эффективного растениеводства важно не только знать, но и постоянно учитывать в различных аспектах производственной деятельности индивидуальные особенности конкретной почвообразующей породы, обуславливающие почвенную матрицу.

Рационально-эффективное использование гидрогеологических и гидрологических ресурсов растениеводства должно основываться на исполнении положе-

ний Водного кодекса Российской Федерации, а также индивидуально разработанной системе бассейнового водопользования. Эта система должна включать, как минимум, следующие составные части: 1) информационную базу данных (фондовые материалы, космические снимки, картографический материал, материалы ландшафтных и других исследований, статистические материалы); 2) анализ природных факторов формирования и развития гидрогеологических и гидрологических ресурсов и их природно-ландшафтную дифференциацию; 3) оценку потенциала устойчивости компонентов гидрогеологических и гидрологических ресурсов в условиях конкретных антропогенных воздействий; 4) определение факторов и степени антропогенного воздействия на водные ресурсы; 5) прогнозирование динамики гидрогеологических и гидрологических ресурсов в условиях конкретных антропогенных воздействий; 6) разработку рекомендаций по оптимизации структуры водопользования в растениеводстве региона.

Почвенно-земельные ресурсы растениеводства являются сложными природно-антропогенными системами рационально-эффективное функционирование которых невозможно без соблюдения основных экологических законов и принципов: 1) закона положительного эффекта в природном почвообразовательном процессе; 2) закона развития системы за счет окружающей среды; 3) закона формирования экосистемы; 4) принципа экологической комплементарности (дополнительности); 5) принципа экологической конгруэнтности (соответствия); 6) закон однонаправленности потока энергии; 7) закона внутреннего динамического равновесия Н.Ф. Реймерса; 8) закона функционально-системной неравномерности; 9) закона соответствия (адекватности) растения среде произрастания; 10) закона незаменимости и равнозначности факторов жизни растений; 11) закона минимума, оптимума и максимума; 12) закона совокупного действия и оптимального сочетания факторов; 13) закона лимитирующего фактора; 14) закона возврата в почву питательных веществ.

Концепция рационально-эффективного растениеводства ориентирована не только на высокие, но и на устойчивые урожаи возделываемых культур. Наиболее экологически устойчива та почва, на которой растения затрачивают меньше

энергии на обеспечение себя всеми почвенными факторами жизни, и соответственно больше энергии аккумулируют в урожае. Поэтому наиболее эффективно регулирование тех почвенных показателей, на самостоятельную оптимизацию которых растения затрачивают наибольшее количество энергии.

Прежде всего, достичь этого возможно используя научно обоснованные севообороты при условии, чтобы не менее 30 % поверхности почвы будут покрыты растительными остатками, по которым высевают следующую культуру. Постоянный растительный покров улучшает микроклимат и условия жизнедеятельности почвенных живых организмов. Растениеводство при этом становится не только производителем продовольствия и кормов, но и исполнителем защитных экологических функций в агроэкосистемах.

Для работы на полях следует допускать машинно-тракторные агрегаты только с разрешенным уровнем воздействия ходовых систем на почву, рабочие органы почвообрабатывающих машин должны воздействовать так, чтобы не превышать прочностных характеристик почвенных структурных агрегатов – сосредоточения частиц почвенной матрицы.

Основой рационально-эффективного использования удобрительных ресурсов растениеводства является систематический мониторинг за реакцией почвенной среды, балансом в почвах агроэкосистем гумуса, элементов питания растений и строго научно обоснованное их применение.

Рационально-эффективное использование растительных ресурсов должно обуславливаться особенностями группы, подгруппы и сорта сельскохозяйственной культуры, почвы и ее почвообразующей породы, а в условиях радиоактивного загрязнения еще и плотностью загрязнения ^{137}Cs .

Зерновые культуры, хлеба первой группы, озимые, пшеница и тритикале, почва серая лесная окультуренная на лёссовидном карбонатном суглинке.

Для эффективного получения зерна озимой пшеницы не ниже 6,0 т/га, с содержанием сырой клейковины до 31 % первой группы качества, рекомендуем возделывать сорта озимой пшеницы Московская 56 и Немчиновская 57 при оптимальном сроке посева 10 сентября с нормой высева семян 5,0 млн. шт./га после

вико-горохо-овсяного пара с использованием высокоинтенсивной технологии ($N_{150}P_{60}K_{120}$ + пестициды), применяя две азотные подкормки из расчета N_{30} , в фазу начала возобновления весенней вегетации и начала выхода в трубку. Комплексная защита посевов должна обеспечиваться использованием системного протравителя семян Табу 0,5 л/т, гербицидов Бомба Микс 0,28 л/га и Ластик Топ 0,5 л/га, фунгицида Аканто Плюс 0,6 л/га, ретарданта Стабилан 1,5 л/га. Применяемые дозы минеральных удобрений и средства защиты растений не загрязняют зерно токсичными веществами.

Сельскохозяйственным производителям, имеющим возможность возделывать пшеницу озимую по интенсивной технологии, целесообразно использовать только интенсивные сорта и следует учитывать, что удобрения в дозе $N_{120}P_{120}K_{120}$ не повышают урожайные свойства семян.

Качественное зерно тритикале озимой не ниже 5,5 т/га можно получить при посеве 6 млн. шт./га всхожих семян 5 сентября по однолетним бобово-злаковым травам с использованием минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + N_{30}$ и пестицидов: с осени Фундазол (0,5 кг/га), весной в фазу кущения – смеси гербицидов Балерина (0,3 л/га) + Магнум (5 г/га). Применяемые дозы минеральных удобрений и средства защиты растений не загрязняют зерно токсичными веществами.

Зерновые культуры, хлеба первой группы, ранние яровые, пшеница, почва серая лесная окультуренная на лёссовидном карбонатном суглинке.

Для рационально-эффективного использования потенциала пшеницы мягкой яровой сорта Злата целесообразно в качестве предшественника иметь картофель. Основное минеральное удобрение вносить: 1) или в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ с последующими двумя внекорневыми обработками посевов Хелатным комплексом, разработанным в Брянском ГАУ, в дозе 3,0 л/га в фазу кущения и в фазу колошения; 2) или в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ с корневой азотной подкормкой (N_{30}) в фазу кущения. Норма высева всхожих семян должна равняться 5 млн/га. Семена перед посевом необходимо протравить фунгицидом Дивиденд Стар, КС (1,0 л/га). В фазу кущения применить баковую смесь гербицидов Аксил, КЭ (1,0 л/га) + Линтур, ВДГ

(0,135 кг/га), инсектицида Актара, ВДГ (0,08 кг/га) и фунгицида Альто Супер, КЭ (0,5 л/га), а в фазу колошения – инсектицида Актара, ВДГ (0,08 кг/га) и фунгицида Альто Супер, КЭ (0,5 л/га).

Зерновые культуры, хлеба первой группы, поздние яровые, кукуруза, почва серая лесная окультуренная на лёссовидном карбонатном суглинке.

Наиболее стабильными, селекционно ценными, стрессоустойчивыми и высокопродуктивными являются следующие раннеспелые гибриды кукурузы отечественной селекции: Ладожский 181 МВ, Ладожский 191 МВ, Краснодарский 194 АМВ и зарубежной селекции: Р7954 (Pioneer, Франция) и Кромвелл (KWS, Германия).

Зерновые культуры, зернобобовые, люпин, почва серая лесная окультуренная на лёссовидном карбонатном суглинке.

В растениеводстве люпин используют как сидерат, а также как зернобобовую и кормовую культуру. Он является непревзойденным однолетним растением для обеспечения севооборота зеленым органическим удобрением. Как ни одна другая зернобобовая культура, люпин не нуждается во внесении азотных удобрений, обогащая почву биологическим азотом, при этом не требователен к условиям произрастания и дает хорошие урожаи даже на песчаных малоокультуренных кислых почвах. Урожай живой биомассы люпина может варьировать от 30 до 60 т/га или 2–8 т/га сухого вещества. Одновременно с зеленой массой и корневыми остатками люпина в почву на 1 га поступает 100–250 кг азота, 30–90 кг P_2O_5 и 35–250 кг K_2O . Его стержневая глубоко проникающая корневая система усваивает фосфор из труднорастворимых почвенных соединений.

Важнейшая роль люпина – восстановление нормального цикла органического вещества и азота в почве, поскольку его органическая масса минерализуется быстрее других растительных остатков и в большей степени гумифицируется с образованием «лабильных» гумусовых веществ, которые являются показателем эффективного плодородия почвы. Наивысшую продуктивность сидеральной массы можно получить при выращивании сортов Всероссийского НИИ люпина в сидеральном паровом поле севооборота при весеннем посеве во второй декаде мая.

Люпином для сидерального использования можно не занимать самостоятельного поля в севообороте, а возделывать его в качестве промежуточной культуры поукосно или пожнивно. Посеянные, начиная с первой декады августа, и произрастающие до конца вегетационного периода, при средних условиях увлажнения растения люпина накапливают до 20–30 т/га зеленой массы, а при более благоприятных метеоусловиях и до 50 т/га. Запашка всей биомассы пожнивных культур превосходит действие полного минерального удобрения, что в опытах ВНИИ люпина приводило к увеличению урожайности ячменя: прибавка от $N_{60}P_{60}K_{60}$ составляла 5,7 ц/га, а от запашки люпина – 9,3 ц/га.

Многолетние полевые исследования показали, что как зернобобовую или кормовую культуру люпин можно успешно возделывать в интенсивных одноидовых и в смешанных посевах с мятликовыми растениями. В среднем за годы опытов наибольшую урожайность качественных семян (4,6–4,4 т/га) формировали совместные посевы люпина с овсом, люпина с ячменем, люпина с пшеницей яровой при внесении минеральных удобрений в дозах $N_{40}P_{104}K_{104}$. Экономическая оценка технологий возделывания таких совместных посевов показала, что высокорентабельным (143,3 %) является производство зерносмеси и зеленой массы по малозатратной биологизированной технологии, обеспечившей чистый доход – 14,72 тыс. руб./га при цене реализации зерна 9,5 руб./кг.

Клубнеплоды, картофель, почва серая лесная окультуренная на лёссовидном карбонатном суглинке.

Трехлетние полевые исследования позволяют рекомендовать для широкого возделывания в западной части Европейской России следующие перспективные сорта картофеля: раннего – Першацвет, Пароли и Удача; среднераннего – Ред Леди, Бельмонда и Эволюшен; среднеспелого – Вега, Сильвана и Фаворит; среднепозднего – Журавинка и Вектор; позднего – Церата и Мондео.

Масличные культуры, подсолнечник, почва серая лесная окультуренная на лёссовидном карбонатном суглинке.

Природные условия западной части Европейской России все больше соответствуют биологическим требованиям возделывания подсолнечника. Площади

его продолжают расширяться, урожайность семян гибридов достигает 4,5 т/га, что соответствует величине максимальной урожайности в зависимости от прихода ФАР. Для эффективного возделывания этой ценной культуры важно иметь гибриды, наиболее соответствующие местным условиям. Полевые испытания более 20 гибридов позволили выделить 5, отличающихся стабильной урожайностью семян 3,67–3,17 т/га: Белорусский ранний, Крок, Агат, Исток и Поиск.

Кормовые культуры, однолетние мятликовые травы, сорго сахарное, суданская трава и межвидовые сорго-суданковые гибриды первого поколения, почва серая лесная окультуренная на лёссовидном карбонатном суглинке.

Сорго сахарное продолжает распространяться в посевах кормовых культур. Велика ценность его зеленой массы, которую используют в свежем виде, для приготовления силоса, травяной муки и гранул, кормовой пасты для зимнего кормления крупного рогатого скота. Эту культуру широко практикуют в системах зеленого и сырьевого конвейеров. Практическая заинтересованность обуславливает внедрение в производство современных сортов и сортовых агротехнологий возделывания сорго сахарного. В трехлетних полевых исследованиях установлено, что сорта Лиственит, Север, Сажень обладают высокой продуктивностью надземной кормовой массы, ценны по комплексу параметров адаптивности, стабильности и селекционной ценности. Для получения высокого урожая кормовой массы до 70 т/га рекомендуем посев проводить с нормой высева 500 тыс. всхожих семян на 1 га или 10–11 кг/га.

Результаты научных исследований свидетельствуют о высокой адаптационной способности и высоком уровне продуктивного потенциала травянистого сорго. Выявлено существенное воздействие азофоски, борофоски и аммиачной селитры на рост, развитие, урожайность, качество и изменение биохимического состава, энергоемкости кормовой массы сорго-суданковых гибридов. Установлена различная реакция сортимента травянистого сорго на применение минеральных удобрений и биопрепарата Гумистим. Урожайность сухого вещества находилась в пределах 7,9–15,8 т/га, корм из сорго (зеленая масса) относится к группе хорошего качества по содержанию обменной энергии.

Рекомендуем проводить предпосевную обработку семян 15 л/т + некорневую подкормку Гумистимом» (6 л/га, 300 л рабочего раствора) в период кущения-выхода в трубку суданской травы. Наиболее эффективным приемом повышения урожайности и питательности сорго-суданковых гибридов является применение азофоски ($N_{60}P_{60}K_{60}$) + азотные подкормки (N_{60-90}).

Кормовые культуры, многолетняя бобовая (люцерна изменчивая) и многолетние мятликовые (овсяница луговая, ежа сборная, кострец безостый), почва серая лесная окультуренная на лёссовидном карбонатном суглинке.

Для получения стабильно высоких энергонасыщенных урожаев зеленой массы и сена рекомендуем возделывать люцерно-мятликовые травосмеси при двухукосном использовании, внося однократно в самом начале возделывания бороздку в дозе $P_{105}K_{120}$ и каждую весну подкармливать травы аммиачной селитрой в дозе N_{30} . Наиболее высокие показатели экономической эффективности при возделывании на этом фоне минерального питания зеленой массы травосмеси люцерны изменчивой и овсяницы луговой: себестоимость 1 т зеленой массы в среднем составляет 363 руб., чистый доход – 914 тыс. руб., уровень рентабельности – 67,6 %. Аналогичное возделывание этой травосмеси на сено высоко эффективно: себестоимость 1 т сена составляет 979,3 руб., чистый доход – 703,3 тыс. руб., рентабельность – 63,4 %.

Кормовые культуры на зеленую массу в одновидовых полевых посевах, однолетняя бобовая (люпин желтый), однолетние мятликовые (овес посевной, райграс однолетний, суданская трава, просо посевное), почва дерново-подзолистая песчаная с плотностью загрязнения ^{137}Cs 820–850 кБк/м².

Наиболее высокую урожайность зеленой массы на пашне в одновидовых посевах обеспечивают люпин желтый и суданская трава. Удельная активность ^{137}Cs в зеленой массе люпина желтого превышает норматив 100 Бк/кг. Снизить удельную активность до нормативного уровня позволяет внесение возрастающих доз калийных удобрений (K_{180} и больше). В зеленой массе всех мятликовых кормовых культур удельная активность ^{137}Cs соответствует нормативу. При скармливании молочному скоту полученной на пашне зеленой массы кормовых

культур в количестве не более 50 кг/сут, молоко соответствует требованиям норматива (не более 100 Бк/л). Для получения мяса, соответствующего нормативу (не более 160 Бк/кг), необходимо скармливать не более 50 кг/сут зеленого корма мятликовых трав, а также люпина желтого при внесении калийных удобрений в дозе не менее K_{210} .

Кормовые культуры на сено в полевых одновидовых посевах (люцерна изменчивая, тимофеевка луговая, кострец безостый) и в полевых смешанных посевах (люцерна изменчивая с тимофеевкой луговой, люцерна изменчивая с кострцом безостым), почва дерново-подзолистая песчаная с плотностью загрязнения ^{137}Cs 335–385 кБк/м².

Наиболее высокую урожайность сена на пашне обеспечивают смешанные посевы. Внесение фосфорно-калийных удобрений в дозе $P_{60}K_{120}$ способствует ее росту как в одновидовых посевах (0,45–1,08 т/га), так и в смешанных посевах (0,97–1,16 т/га) в зависимости от вида трав. Внесение $P_{60}K_{210}$ во всех посевах увеличивает почти в 1,5–2,0 раза урожайность сена по сравнению с их возделыванием без удобрений. Сено люцерны, которую возделывают без внесения минеральных удобрений, отличается наибольшей удельной активностью ^{137}Cs 386 Бк/кг при нормативе 400 Бк/кг. В сене одновидовых посевов мятликовых трав и в смешанных посевах удельная активность ^{137}Cs ниже, чем в сене люцерны. Наибольший вынос ^{137}Cs с урожаем сена при его получении без внесения фосфорно-калийных удобрений. Применение возрастающих доз калийных удобрений K_{120} – K_{210} совместно с P_{60} снижает удельную активность ^{137}Cs в сене в 1,6–3,9 раза в зависимости от состава травостоя. При скармливании молочному и мясному скоту полученного сена в количестве не более 5 кг/сут молоко и мясо соответствует требованиям норматива.

Кормовые культуры на зеленый корм и сено в естественном травостое пойменного луга (лисохвост луговой 50 %, овсяница луговая 30 %, тимофеевка луговая 20 %), почва пойменная (аллювиальная) луговая кислая песчаная, плотность загрязнения ^{137}Cs 559–867 кБк/м².

Урожайность зеленой массы и сена естественного травостоя в сумме за два укоса без внесения удобрения составляют соответственно 6,59 и 1,63 т/га. Главным фактором повышения продуктивности естественных пойменных кормовых угодий являются минеральные удобрения, особенно азотные. Однако внесение их в дозе N_{90} совместно с $P_{60}K_{90}$ увеличивает удельную активность ^{137}Cs в зеленой массе и сене соответственно в 2,8 и 3,7 раза по сравнению с $P_{60}K_{120}$. Калийные удобрения в дозе K_{150} в составе $N_{90}P_{60}$ снижают удельную активность ^{137}Cs в зеленой массе и сене, но корм по-прежнему не соответствует нормативному показателю. Получить безопасную зеленую массу и сено позволяет внесение на естественном пойменном лугу полного минерального удобрения в дозе $N_{120}P_{60}K_{150} - N_{120}P_{60}K_{180}$.

Кормовые культуры на зеленый корм и сено в сеянном травостое канареечника тростниковидного (7 кг/га), овсяницы луговой (6 кг/га), лисохвоста лугового (5 кг/га) на улучшенном поверхностным и коренным способами пойменном лугу, почва пойменная (аллювиальная) луговая кислая песчаная, плотность загрязнения ^{137}Cs 559–867 кБк/м².

Поверхностное и коренное улучшение радиоактивно загрязненных пойменных кормовых угодий позволяет получать зеленую массу и сено, с удельной активностью ^{137}Cs , не превышающей нормативные показатели соответственно 100 и 400 Бк/кг. При двуукосном использовании улучшенного травостоя под первый укос следует вносить минеральные удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{90}$, а под второй укос – $N_{60}K_{90}$. Использование зеленой массы с улучшенного луга при стойловом содержании крупного рогатого скота обеспечивает удельную активность ^{137}Cs в молоке на уровне 41–42 Бк/л, а в мясе – 166–168 Бк/кг. При скармливании сена удельная активность ^{137}Cs в молоке не превышает 12–13 Бк/л, а в мясе – 46–50 Бк/кг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Салькова А. Конец близко: человечеству выписали предупреждение [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ras.ru/digest/showdnews.aspx?id=fb222b76-d096-4d6c-aa49-7c260a386649&print=1> (дата обращения: 19.01.2021).
2. Адамович В.Л., Самойленко В.М. Экологическая тактика применения пестицидов в сельском хозяйстве и пути предупреждения вредных последствий // Научно-организационные материалы по охране здоровья человека и природы в процессе сельскохозяйственного производства. Брянск, 1986. С. 114-128.
3. Радиационная онкоэпидемиология в России после Чернобыльской катастрофы: прогноз и фактические данные / В.К. Иванов [и др.] // Радиация и риск, 1995. Вып. 6. С. 26-77.
4. Золотникова Г.П., Олейникова И.Д. Заболеваемость населения в районах Брянской области во взаимосвязи с показателями радиационно-химического загрязнения окружающей среды // Вестник Брянского государственного университета. 2012. № 4. С. 86-90.
5. Природные ресурсы растениеводства западной части Европейской России: коллективная монография в двух частях. Ч. 1. Современное состояние / отв. ред: Е. В. Просяников, В. Е. Ториков. Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2020. 212 с.
6. Суховеева О.Э. Изменения климатических условий и агроклиматических ресурсов в Центральном районе Нечерноземной зоны // Вестник ВГУ, серия: география, геоэкология. 2016. № 4. С. 41-49.
7. Мельник В.И., Е.В. Комаровская. Влияние изменения климата на агроклиматические ресурсы Полесья // Материалы Международного семинара. Минск. 2007. С. 221-225.
8. Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата в рамках разработки национальной стратегии адаптации сельского

хозяйства к изменению климата в Республике Беларусь: отчет о выполнении работ в рамках Службы предоставления экспертных услуг проекта Clima East (контракт СЕЕФ2016-071-BL) / В. Мельник [и др.]. Минск–Женева. 2017. 83 с.

9. Селютин В.С. Пространственные и сезонные особенности многолетних изменений атмосферных осадков на территории Брянской области // Ученые записки Казанского университета. Том 157, кн. 3. Естественные науки. 2015. С 35-46.

10. Береза О.В. О динамике агроклиматических показателей условий сева, зимовки и формирования урожая основных зерновых культур: дис. ... канд. географ. наук. М., 2018. 178 с.

11. Осипов А.А. Влияние элементов технологий возделывания на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на юго-западе Центрального региона России: дис. канд. с.-х. наук. Брянск, 2018. 220 с.

12. Биоклиматический потенциал России: меры адаптации в условиях изменяющегося климата / под ред. А.В. Гордеева. М.: Минисельхоз РФ, 2008. 278 стр.

13. Сиротенко О.Д., Павлова В.Н. Методы оценки влияния изменений климата на продуктивность сельского хозяйства // Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. М.: Росгидромет, 2012. С. 165-189.

14. Прудников С.П. Государственное управление аграрным сектором региона: диссертация ... канд. эконом. наук: 08 00 05. М., 2007. 170 с.

15. Пасов В.М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. Л.: Гидрометеиздат. 1986. 107 с.

16. Мамеев В.В, Ториков В.Е. Изменчивость и прогнозирование урожайности озимой пшеницы в юго-западной части Центрального региона России (на примере Брянской области) // Аграрный вестник Верхневолжья. 2017. № 1 (18). С. 24-30.

17. Раткович Д.Я. Актуальные проблемы водообеспечения. М.: Наука, 2003. 352 с.

18. Айдаров И.П. Обустройство агроландшафтов России. М.: МГУП, 2007. 159 с.

19. Водный кодекс РФ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://yandex.ru/turbo/zakonrf.info/s/vodniy-kodeks/> (Дата обращения: 19.07.2021).
20. Короткий Л.М. Бассейновая концепция в природопользовании. Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2001. 163 с.
21. Бассейновый подход к организации природопользования в Белгородской области / под ред. Ф.Н. Лисецкого. Белгород: КОНСТАНТА, 2013. 88 с.
22. Озелдинова Ж.О., Мукаев Ж.Т. Применение геосистемно-бассейнового подхода при разработке оптимальной структуры природопользования // Науки о Земле: вчера, сегодня, завтра: материалы II Междунар. науч. конф. М.: Буки-Веди, 2016. С 35-37.
23. Фрид А.С., Королёва И.Е., Булгаков Д.С., Карманов И.И., Шишконокова Е.А., Грибов В.В. Плодородие почв, основные понятия // Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии: Т. 2. Теоретические и методические основы воспроизводства плодородия почв сельскохозяйственных угодий / гл. ред. А.Л. Иванов. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2013. Гл. 1. С. 5-8.
24. Просянкин Е.В. Воспитание экологического мышления и развитие экологического действия // Агрехимический вестник. 2012. № 5. С. 3-6.
25. Фрид А.С., Чуян О.Г., Тютюнов С.И., Соловиченко В.Д. Оценка плодородия // Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии: Т. 2. Теоретические и методические основы воспроизводства плодородия почв сельскохозяйственных угодий. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2013. Гл. 4. С. 17-34.
26. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / под ред. Л.М. Державина, Д.С. Булгакова. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. 240 с.
27. Справочное пособие по экологии / сост. Е.В. Просянкин. Брянск: Издательство Брянской ГСХА, 1998. 63 с.

28. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. Коллективная монография. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2014. 768 с.
29. Иванов А.Л., Волков С.Н., Савин И.Ю. Почвенно-экологические и инфраструктурные аспекты реализации стратегии развития агропроизводства в России // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2017. Вып. 89. С. 104-118.
30. Статистический сборник «Сельское хозяйство Брянской области» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: bryansk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/bryansk/ru/publications/official_publications/electronic_versions/archive/ (дата обращения: 11.06.2018).
31. Брянская область в цифрах. 2020: Крат. стат. сб. Брянск: Брянкстат, 2020. 188 с.
32. Wilde S.A. Forest Humus: Its Classification on Genetic Basis // Soil Sci, 1971, № 1. Vol. 111.
33. Овчаренко М.М. Агрохимия и плодородие // The Chemical Journal, Ноябрь 2014. – С. 22-25.
34. Семенов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество. – М.: ГЕОС, 2015. – 233 с.
35. Чекмарев П.А., Прудников П.В. Агрохимическое и агроэкологическое состояние почв, эффективность применения средств химизации и новых комплексных удобрений в Брянской области // Достижения науки и техники АПК. Земледелие и растениеводство, 2016, Т. 30, № 7. С. 24-33.
36. Соколовский А.Н. Сельскохозяйственное почвоведение. М.: Сельхозгиз, 1956. 335 с.
37. Минеев В.Г. Агрохимия. М: Изд-во МГУ, Изд-во «КолосС», 2004. 720 с.
38. Actualitix. World Atlas – Statistics by country: сайт Фабьен. – 2019 [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.actualitix.com/> (дата обращения: 05.05.2019).

39. Кудряков В.Г., Мирончук В.А., Есяян С.А. Государственное регулирование органического земледелия: основы и особенности европейского и американского законодательства // Научный журнал Кубанского ГАУ, 2015, № 105 (01). С. 1-18.

40. Глобальный климат и почвенный покров России: оценка рисков и эколого-экономических последствий деградации земель. Адаптивные системы и технологии рационального природопользования (сельское и лесное хозяйство): национальный доклад / под ред. А.И. Бедрицкого. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева. ГЕОС, 2018. 357 с.

41. Медведев В. В. Физические свойства и обработка почв в Украине. Харьков: Изд-во «Городская типография». 2013. 224 с.

42. Darwin C. The Formation of Vegetable Mould Through the Action of Worms with Some Observations on Their Habits. London: John Murray. 1881. 326 p.

43. Ломакин М.М. Роль дождевых червей в земледелии // Сельское хозяйство за рубежом. 1984. № 12. С. 10-13.

44. Blouin M., Hodson M.E., Delgado E.A., Baker G., Brussaard L., Butt K.R., Dai J., Dendooven L., Peres G., Tondoh J.E., Cluzeau D., Brun J.-J. A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services // European Journal of Soil Science. 2013. V. 64. P. 161-182.

45. Кайдун П.И. Влияние дождевых червей на доступность растениям элементов минерального питания: азота, железа, цинка, марганца и кремния: дис. канд. биол. наук: 06.01.04, 03.02.08. СПб госуниверситет, 2018. 153 с.

46. Система биологизации земледелия Нечернозёмной зоны России. В 2-х частях. Ч. 1 / В.Ф. Мальцев, М.К. Каюмов, Е.В. Присянников и др. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2002. 544 с.

47. Присянников Е.В., Кислова Е.Н., Попкович Л.В. Производственно-экономическая оценка вермитехнологии // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2007. № 4. С. 29-31.

48. Оценка и совершенствование самых доступных технологий производства копролита / Е.В. Присянников [и др.] // Программирование урожаев и биологизация земледелия. Вып. 3. Ч 2. Брянск: Изд-во Брянской ГСХА. 2007. С. 110-124.

49. Материало- и энергосберегающие технологические приемы вермикомпостирования / Е.В. Просяников [и др.] // *Агро XXI*. 2009. № 4-6. С. 41-43.
50. Применение супрамолекулярных веществ в растениеводстве / Е.В. Просяников [и др.] // *Агрохимический вестник*. 2015. № 5. С. 13-18.
51. Просяников Е.В., Сычёв С.М., Орлов А.В. Использование копролита, цеолита и гумата-люкс при выращивании рассады томата // *Агрохимия*. 2008. № 3. С. 20-26.
52. Просяников Е.В., Сычёв С.М., Орлов А.В. Использование копролита, цеолита и гумата-люкс при выращивании рассады огурца // *Агрохимия*. 2011. № 5. С. 60-64.
53. Просяников Е.В., Сычёв С.М., Орлов А.В. Использование копролита, цеолита и гумата-люкс при выращивании рассады перца сладкого // *Агрохимия*. 2012. № 11. С. 66-73.
54. Просяников Е.В., Волков А.В. Возможности повышения продуктивности агрофитоценоза огурца и устойчивости агропромышленной тепличной экосистемы с помощью копролита // *Гавриш*. 2004. № 2. С. 8-11.
55. Просяников Е.В., Волков А.В. Использование копролита для повышения эффективности возделывания культуры томата в зимних теплицах // *Гавриш*. 2005. № 3. С. 8-10.
56. Телепов О.А. Дождевые черви, их роль в саду, огороде, поле [Электронный ресурс] // Сады Сибири. URL: sadisibiri.ru/chervi-dogdevie-telep.html (дата обращения: 03.05.2021).
57. *Агрохимия: учебник* / В.Г. Минеев, В.Г. Сычёв, Г.П. Гамзиков, А.Х. Шеуджен, Е.В. Агафонов, Н.М. Белоус [и др.]. М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. 854 с.
58. Методические указания по определению баланса питательных веществ азота, фосфора, калия, гумуса, кальция. М.: Изд-во ЦИНАО, 2000. 40 с.
59. Нормативы выноса элементов питания сельскохозяйственными культурами. М.: Изд-во ЦИНАО, 1991. 65 с.
60. Ваулина Г.И., Милащенко Н.З., Тимофеев О.В. Окупаемость азотных

удобрений в интенсивных технологиях возделывания озимой пшеницы в ЦРНЗ // Плодородие. 2009. № 4. С. 3-5.

61. Производство зерна на интенсивной основе / Н.М. Белоус [и др.] // Зерновое хозяйство. 1987. № 8. С. 33-35.

62. Ториков В.Е. Хлеб из зерна Нечерноземья // Зерновые культуры. 1991. № 4. С. 21.

63. Влияние системы удобрения на агроэкологические свойства почвы, урожайное I ь. содержание сырой клейковины, аминокислотного и элементного состава в зерне мягкой озимой пшеницы / В.Е. Ториков, О.В. Мельникова, В.В. Мамеев, В.В. Ториков, А.А. Осипов // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 1 (46). С. 8-20.

64. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

65. Мишустин Е.Н., Емцев Б.Т. Микробиология. М.: Агропромиздат, 1987. 368 с.

66. Животков Л.А. Морозова З.А., Секатуева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «Урожайность» // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3-6.

67. Пакудин В.З. Оценка экологической пластичности сортов // Генетический анализ количественных и качественных признаков с помощью математических статистических методов. М. 1973. С. 40-44.

68. Ермохин Ю.И., Ермолаев О.Т. Поглощение солнечной энергии растениями при оптимальном сбалансированном минеральном питании // Проблемы безопасности. Технология и управление: материалы научно-практической конференции. Омск. 2012. С. 59-66.

69. Афонников Д.А., Генаев М.А., Дорощков А.В., Комышев Е.Е., Пшеничникова Т.А. Методы высокопроизводительного фенотипирования растений для массовых селекционно-генетических экспериментов // Генетика. 2016. Том 52. № 7. С.788-803.

70. Гуляев Г.В., Мальченко В.В. Словарь терминов по генетике, цитологии, селекции, семеноводству и семеноведению // М.: Россельхозиздат, 1975. 215 с.
71. Шпилев Н.С., Дьяченко В.В. Сортоведение: учебное пособие / Брянск: Издательство Брянского ГАУ. 2018. 232 с.
72. Бирюков К.Н., Ляшков И.В., Грабовец А.И., Крохмаль А.В. Сроки сева и урожайность зерновой тритикале // Тритикале России. Селекция, агротехника, использование сырья из тритикале. Выпуск № 3. Ростов-на-Дону. 2008. 197 с.
73. Агафонов Е.В., Громаков А.А., Максименко М.В. Применение комплексных удобрений и азотной подкормки под озимую пшеницу // Земледелие. 2012. № 7. С. 16-17.
74. Денисов П.В., Стихин М.Ф. Озимые рожь и пшеница в Нечерноземной полосе. Л.: Колос. 1965. 182 с.
75. Ладонин, В.Ф. Стратегия интенсификации земледелия в XXI веке на основе комплексной химизации // Агрехимические, агроэкологические и экономические проблемы и пути их решения при возделывании зерновых и других культур. М: Агроконсал. 1999. 13 с.
76. Сдобникова О.В. Приемы эффективного использования фосфорных удобрений // Земледелие. 1983. № 1. С. 51-52.
77. Мухаметов Э.М., Казанина М.А., Туликова Л.К., Макаеева О.Н. Технология производства и качество продовольственного зерна. Минск: Дизайн-ПРО. 1996. 60 с.
78. Фунгициды, стимуляторы роста и микроэлементы на яровой пшенице / В.Е. Торилов, А.П. Прудников, О.В. Мельникова, А.П. Протасова // Зерновое хозяйство. 2004. № 3. С. 28.
79. Мамеев В.В., Сычева И.В., Сычев С.М. Влияние гуминовых и минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы // Агрехимический вестник. 2015. № 5. С.10-12.
80. Пашутко В.В., Шаповалов В.Ф., Белоус Н.М. и др. Влияние минеральных удобрений и препарата Эпин-экстра на урожайность и качество зерна лю-

пина узколистного при радиоактивном загрязнении агроценозов // Агрохимический вестник. 2017. № 3. С.19-22.

81. Войтович Н.В., Никифоров В.М., Никифоров М.И. и др. Применение хелатов микроэлементов в технологии возделывания яровой пшеницы // Земледелие. 2019. № 6. С.25-27.

82. Nikiforov V.M., Nikiforov M.I., Chekin G.V. et al. Efficiency of multifunctional chelate complexes used during spring wheat cultivation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: the proceedings of the conference Agro-CON-2019. 2019. С. 012127.

83. Белоус Н.М., Ториков В.Е., Шпилев Н.С., Мельникова О.В. Яровые зерновые культуры: биология и технологии возделывания. Брянск, 2010. 125 с.

84. Богдевич И.М., Сафроновская Г.М., Терещенко Н.Д. и др. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений. РУП «Институт почвоведения и агрохимии». Минск, 2010. 20 с.

85. Кукуруза и сорго: биология и технологии возделывания: монография / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, А.В. Дронов, В.В. Дьяченко. Брянск: Брянская ГСХА, 2010. 128 с.

86. Кукуруза и сорго в интенсивном земледелии юго-запада Центрального региона России / В.Е. Ториков [и др.]. Брянск: Брянский ГАУ, 2018. 208 с.

87. Дронов А.В., Ланцев В.В. Оценка результатов экологического сортоиспытания гибридов кукурузы различных групп спелости в условиях Брянской области // Вестник Брянской ГСХА. 2017. № 4 (62). С. 3-7.

88. Дронов А.В., Мамеев В.В., Нестеренко О.А. Развитие и зерновая продуктивность раннеспелых гибридов кукурузы в зависимости от абиотических факторов и приемов агротехнологии в Брянской области // Вестник Брянской ГСХА. 2019. № 3 (73). С. 3-8.

89. Дронов А.В., Бельченко С.А., Нестеренко О.А. Сравнительная оценка зерновой продуктивности и адаптивности раннеспелых гибридов кукурузы в

условиях юго-запада Нечерноземья // Вестник Ульяновской ГСХА. 2020. № 2 (50). С. 28-35.

90. Гульняшкин А.В., Анашенков С.С., Варламов Д.В. Результаты изучения экологической адаптивности новых раннеспелых гибридов кукурузы // Зерновое хозяйство России. 2014. № 4. С. 31-35.

91. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. М.: Госкомиссия по сортоиспытанию с.-х. культур, 1989. 197 с.

92. Методические рекомендации по проведению опытов с кукурузой. Днепрпетровск: ВНИИ кукурузы, 1980. 36 с.

93. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing // Crop. Sci. 1966. V. 6, № 1. P. 36-40.

94. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. 1984. № 4. С. 109-113.

95. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49-53.

96. Зыкин В.А., Мешков В.В., Сапега В.А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчёт и анализ: методические рекомендации. Новосибирск: Сиб. отделение ВАСХНИЛ, 1984. С. 1-24.

97. Зезин Н.Н., Панфилов А.Э., Кравченко В.В. Экологическая пластичность гибридов кукурузы и ее связь с продуктивностью в условиях Среднего и Южного Урала // Кукуруза и сорго. 2015. № 3. С. 3-8.

98. Неттевич Э.Д. Влияние условий возделывания и продолжительности изучения на результаты оценки сорта по урожайности // Вестник РАСХН. 2001. № 3. С. 34-38.

99. Бердников А.М. Научное обоснование применения зеленых удобрений на дерново-подзолистых почвах Полесья: автореф. на соиск. ученой степ. докт. с.-х. наук: 06.01.04 – агрохимия. Минск, 1990. 38 с.

100. Косолапов В.М., Яговенко Г.Л., Лукашевич М.И. и др. Люпин: селекция, возделывание, использование. Брянск: ГУП «Брянское областное полиграфическое объединение», 2020. 336 с.
101. Такунов И.П. Люпин в земледелии России. Брянск: Придесенье, 1996. 372 с.
102. Яговенко Л.Л., Яговенко Г.Л. Биологические и продукционные аспекты люпиновой сидерации // Кормопроизводство, 2002. № 1. С. 21-23.
103. Яговенко Л.Л., Такунов И.П., Ивашкина А.В. Эффективность люпиновых паров // Земледелие, 1997. № 1. С. 18-19.
104. Исаева Е.И., Педосич О.С. Короткоротационные полевые севообороты с люпином и соей как источник получения сбалансированного корма // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сборник научных трудов, ФГБНУ «ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса», выпуск 10 (58). М.: ООО «Угрешская Типография». 2016. С. 109-116.
105. Дебелый Г.А., Аристова Т.А. Значение зернобобовых культур в органо-биологической системе земледелия // Биологизация интенсификационных процессов – перспективное направление в земледелии и растениеводстве на Северо-западе РФ. СПб – Пушкин. 2001. С. 45-49.
106. Исаева Е.И., Артюхов А.И. Реализация продуктивного потенциала люпина узколистного и сои в разноротационных севооборотах при разных технологиях возделывания // Зерновое хозяйство России. 2015. № 2. С. 93-100.
107. Жуковский П.М. Культурные растения и их сородичи. Л.: Колос, 1971. 318 с.
108. Жученко А.А., Адаптивное растениеводство (экологогенетические основы), Кишинев: Штиинца, 1990. 432 с.
109. Белоус Н.М., Шаповалов В.Ф. Продуктивность пашни и реабилитация песчаных почв. Брянск: Изд. БГСХА, 2006. 432 с.
110. Кононов А.С., Ториков В.Е., Шкотова О.Н. Гетерогенные посевы (экологическое учение о гетерогенных агроценозах как о факторе биологизации земледелия). СПб.: Лань, 2018. 296 с.

111. Влияние минеральных азотных удобрений и биопрепаратов на урожайность зерна в смешанных бобово-мятликовых агроценозах / А.С. Кононов [и др.] // Агрехимический вестник, 2021. № 2. С. 3-9.

112. Кононов А.С. Люпин: технология возделывания в России. Брянск, ГУП «Брянское областное полиграфическое объединение», 2003. 212 с.

113. Завалин А.А., Алметов Н.С. Применение биопрепаратов и биологический азот в земледелии Нечерноземья. М.: ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, 2009. 151 с.

114. Кононов А.С., Никитушкина М.Ю. Микробиологический состав для стимуляции роста и развития смешанного бобово-злакового посева. Патент РФ от 20 01.2012 г., № 2439800. 5 с.

115. Кононов А.С. Агробиологические обоснование продуктивности люпина-злаковых агрофитоценозов // Состояние и перспективы выращивания люпина в Северо-Западной зоне РФ: материалы докладов и сообщений семинара. Великие Луки. 1996. С.21-24.

116. Кононов А.С. Азотфиксация и интенсивность фотосинтеза в люпина-ячменном агроценозе // Сельскохозяйственная биология. 2013. № 2. С.103-107.

117. Способ выращивания яровой пшеницы: пат. 2081541 Рос. Федерация. 94045497/13 / Кононов А.С., Такунов И.П., Лихачев Б.С., Яговенко Л.Л.; заявл. 28.12.1994; опубл. 20.06.1997.

118. Персикова Т.Ф., Цыганов А.Р., Какшинцев А.В. Продуктивность люпина узколистного в условиях Беларуси. Минск: ИВЦ Минфина, 2006. 179 с.

119. Терещук В.С. Регулирование засоренности в смешанных посевах ячменя с люпином с помощью гербицида гезагард КС // Люпин его возможности и перспективы: сборник материалов Межд. науч. практич. конф., посвященной 25-летию со дня основания ВНИИ люпина. Брянск. 2012. С.205-208.

120. Способ повышения полевого фитоиммунитета у растений люпина: пат. 2160525 Рос. Федерация. 9910219013 / Кононов А.С.; заявл. 29.01.1999; опубл. 20.12.2000.

121. Торицов В.Е., Мельникова О.В. Производство продукции растениеводства: учеб. пособие. СПб.: Изд-во «Лань», 2017. 512 с.
122. Торицов В.Е., Котиков М.В. Возделывание картофеля на семенные, продовольственные и технические цели: монография. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. 110 с.
123. Торицов В.Е., Котиков М.В., Богомаз О.А. Оценка клубней различных сортов картофеля по пригодности к переработке на картофель фри и чипсы // Вестник Брянской ГСХА. 2008. №3. С. 34-40.
124. Методика исследований по культуре картофеля / Отделение растениеводства и селекции Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В.И. Ленина, НИИКХ; под ред. Н.А. Андрияшина и др. М., 1967. 263 с.
125. Торицов В.Е., Косьянчук В.П. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. Брянск, 2004. 211 с.
126. Торицов В.Е., Мельникова О.В. Производство продукции растениеводства. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 512 с.
127. Торицов В.Е., Мельникова О.В., Бельченко С.А., Шпилев Н.С. Производство семян и посадочного материала сельскохозяйственных культур. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 184 с.
128. Influence of growth regulators on the development and productivity of soybean (*Glycine max* (L.) and sorghum crops (*Sorghum* spp.) / N.M. Belous, S.A. Belchenko, A.V. Dronov, O.A. Zaitseva, V.V. Mameev // Journal of Critical Reviews. China (Taipei), 2020. Vol. 7, Issue 12. P. 1925-1935.
129. Сорговые культуры в организации зеленого и сырьевого конвейеров в Брянской области / С.А. Бельченко, А.В. Дронов, В.Е. Торицов, И.Н. Белоус. // Кормопроизводство. 2016. № 12. С. 17-20.
130. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum* Moench. / Е.С. Якушевский [и др.] Л.: ВИР. 1982. 36 с.
131. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск 2. М.: Госкомиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. 1989. 197 с.

132. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. 1997. 156 с.
133. Сизова Ю.В., Борисова Е.Е. Использование суданской травы в кормлении молочных коров // Новая наука: современное состояние и пути развития. 2016. № 5. С. 19-22.
134. Agrobiological characteristics of aftermath ability and shoot structure in cultivation of fodder sorghum / N.M. Belous [et al.] // Journal of Environmental Treatment Techniques. 2019. Vol.7, Issue 4. P. 623-630.
135. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum Moench* / Е.С. Якушевский [и др.] Л.: ВИР, 1982. 36 с.
136. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск 2. М.: Госкомиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, 1989. 197 с.
137. Методические указания по оценке качества и питательности кормов. М.: ЦИНАО, 2002. 76 с.
138. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, 1997. 156 с.
139. Влияние минеральных удобрений и приемов поверхностного улучшения почвы на урожай и качество зеленой массы многолетних трав / Н.М. Белоус [и др.] // Кормопроизводство. 2010. № 4. С. 15-18.
140. Комбинированное использование травостоев / В.Е.Ториков [и др.] // Животноводство России. 2016. № 7. С. 67-70.
141. Эффективность технологий возделывания сельскохозяйственных культур в севооборотах Юго-Запада Нечерноземной зоны России: монография / Н.М. Белоус [и др.]. Брянск, 2012. 240 с.
142. Риск получения молока и кормов, не соответствующих нормативам по содержанию цезия-137, в условиях юго-запада Брянской области / Н.М. Белоус [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30, № 5. С. 75-77.

143. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов: санитарно-эпидемиологические правила и нормы СанПиН 2.3.2.1078-01. М.: Минздрав РФ, 2002. 12 с.

144. Методические указания по определению естественных радионуклидов в почвах и растениях. М.: ЦИНАО, 1985. 20 с.

145. Разработка комплекса мероприятий по коренному улучшению естественных кормовых угодий, загрязненных радионуклидом цезий-137 / В.Ф. Шаповалов [и др.] // Вестник РУДН. 2014. № 1. С. 13-20.

146. Влияние удобрений и обработки почвы на миграцию ^{137}Cs в почве кормовых угодий / И.Н. Белоус [и др.] // Земледелие. 2012. № 8. С. 8-10.

147. Роль минерального калия в снижении поступления ^{137}Cs в кормовые травы и повышении их урожайности на радиоактивно загрязненных угодьях / Н.М. Белоус [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51, № 4. С. 543-552.

148. Влияние удобрений на продуктивность и накопление радионуклидов при возделывании мятликовых трав в одновидовых посевах / Н.М. Белоус [и др.] // Агротехнический вестник. 2012. № 5. С. 22-24.

149. Продуктивность одновидовых и смешанных посевов многолетних трав, возделываемых в условиях радиоактивного загрязнения / В.Ф. Шаповалов [и др.] // Кормопроизводство. 2015. № 5. С. 17-21.

150. Белоус И.Н., Харкевич Л.П., Шаповалов В.Ф. Влияние удобрений и обработки почвы на миграцию ^{137}Cs в почве кормовых угодий // Земледелие. 2012. № 8. С. 8-10.

151. Белоус И.Н., Сычев В.Г., Шаповалов В.Ф., Белоус И.Н. Влияние длительного применения средств химизации на продуктивность плодосменного севооборота и плодородие дерново – подзолистой песчаной почвы в условиях радиоактивного загрязнения // Плодородие. 2013. № 3. С. 1-3.

152. Роль минерального калия в снижении поступления ^{137}Cs в кормовые травы и повышении их урожайности на радиоактивно загрязненных угодьях / Н.М. Белоус [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51, № 4. С. 543-552.

153. Методика опытов на сенокосах и пастбищах. М.: ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, 1971. Ч. 2. 176 с.

154. Нормы рациональной безопасности (НРБ-99/2009) СанПиН 2.6.1.2523-09 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://static.mchs.ru/upload/site66/iblock/de2/de24dec2743b473d0f8dcac98ca21c9d.pdf>, свободный. – (дата обращения: 21.05.2021).

Научное издание

Монография

**ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ РАСТЕНИЕВОДСТВА
ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ**

**Часть 2
РАЦИОНАЛЬНО-ЭФФЕКТИВНОЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

Ответственные редакторы Е.В. Просяников, В.Е. Ториков

Редактор Павлютина И.П.

ISBN 978-5-88517-376-6



9 785885 173766

Подписано к печати 11.08.2021 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.

Бумага офсетная. Усл. п. л. 13,71. Тираж 550 экз. Изд. № 6997.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ