

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ П.А. СТОЛЫПИНА»



На правах рукописи

Илюшкина Ольга Владимировна

**ДИАГНОСТИКА МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ, ЭФФЕКТИВНОСТИ
УДОБРЕНИЙ И ПРОДУКТИВНОСТИ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО
(*GALEGA ORIENTALIS* LAM.) НА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ В УСЛОВИЯХ
ЗАПАДНО–СИБИРСКОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ**

06.01.04. - Агрохимия

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, заслуженный деятель науки РФ
Ю.И. Ермохин

Омск 2019

СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ.....	4
1	БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	9
1.1	История и состояние изученности вопроса.....	9
1.2	Биологические и морфологические особенности козлятника восточного (<i>Galega orientalis</i> Lam.).....	12
1.3	Содержание в почве и физиологическая роль азота, фосфора и калия.....	14
1.3.1	Азот, фосфор и калий в почве.....	15
1.3.2	Азот, фосфор и калий в растениях.....	18
1.4	Особенности минерального питания козлятника восточного и влияние удобрений на его продуктивность и качество.....	21
1.5	Комплексный метод диагностики питания растений.....	23
2	ОБЪЕКТЫ, МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	29
2.1	Агрохимическая характеристика почв.....	29
2.2	Метеорологические условия в годы проведения исследований.....	31
2.3	Объекты, агротехника и методика проведения исследований.....	36
2.3.1	Методика проведения исследований.....	37
2.3.2	Агротехника в опыте.....	39
3	ДИАГНОСТИКА ПОТРЕБНОСТИ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО В УДОБРЕНИЯХ НА ОСНОВЕ ПОЛЕВОГО ОПЫТА.....	41
4	ДИАГНОСТИКА ПОТРЕБНОСТИ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО В УДОБРЕНИЯХ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОЧВЫ.....	49
4.1	Прогнозирование содержания NPK в серой лесной почве на основе математического моделирования системы	

	«почва ↔ удобрение»	50
4.2	Урожайность козлятника восточного в зависимости от уровня содержания элементов питания в почве.....	58
4.3	Влияние доз удобрений на накопление доступного азота в почве под растением и его практическое использование.....	65
4.4	Физиологические и агрохимические нормативные показатели определения потребности козлятника восточного в удобрениях.....	70
5	ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСТЕНИЙ КАК МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО В УДОБРЕНИЯХ (РАСТИТЕЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА).....	80
5.1	Химический состав растений с применением удобрений система «удобрение↔растение».....	81
5.2	Оптимальные уровни и соотношения элементов питания в почве и растениях и их связь с урожаем.....	87
6	УДОБРЕНИЯ И КАЧЕСТВО УРОЖАЯ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО.....	94
7	БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД КОЗЛЯТНИК ВОСТОЧНЫЙ НА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	101
7.1	Биоэнергетическая эффективность применения минеральных удобрений.....	101
7.2	Экономическая эффективность применения минеральных удобрений....	105
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	108
	ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ	112
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	114
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	135

ВВЕДЕНИЕ

«Одна из самых величайших задач науки – это ее возможность предсказывать и предвидеть» (акад. А.Е. Ферсман).

Актуальность темы. На современном этапе развития агропромышленного комплекса особую актуальность приобретают вопросы, касающиеся воспроизводства почвенного плодородия за счет сохранения и рационального использования земель сельскохозяйственного назначения. Создание условий для увеличения объемов производства высококачественной сельскохозяйственной продукции на основе восстановления и повышения плодородия земель, относится к одной из приоритетных задач агрохимической науки.

Комплексная диагностика питания предусматривает регулярное выполнение агрохимического анализа почв, в том числе ежегодную (весеннюю или осеннюю) оценку уровня содержания доступного азота растениям, а также оперативную диагностику питания растений в период онтогенеза. Почвенная диагностика способствует более полному выявлению возможностей того или иного типа почвы по обеспечению растений элементами питания. Оценку данных, полученных методами растительной диагностики, следует проводить с учетом истории поля, почвенных карт, агрохимических картограмм, результатов опытов и зональных рекомендаций по применению удобрений под конкретную культуру.

Поэтому комплексный метод диагностики минерального питания, разработанный учеными Н.К. Болдыревым (1972), Ю.И. Ермохиным (1975, 1983), В.В. Церлинг (1978) и др., объединяющий в себе методы полевого опыта, визуальный, почвенной и растительной диагностики, позволяет достаточно точно и достоверно, на основе математических зависимостей, рассчитать и скорректировать дозу вносимых минеральных удобрений в процессе вегетации растений. Данный метод получил широкое применение при возделывании овощных, зерновых, кормовых культур и лекарственных растений в условиях Черноземной зоны Омской области. Однако в условиях северной зоны Нечерноземья Омской области, где особо

остро стоят вопросы дефицита почвенного плодородия, метод комплексной диагностики минерального питания растений остается малоизученным и актуальным.

В связи с этим требуется разработать основные принципы «ИСПРОД»:

1 способность почвы удовлетворять потребность растения козлятника восточного в питательных веществах;

2 установить потребность растения в питательных веществах и его способности к усвоению этих веществ из почвы в конкретных условиях сельскохозяйственного производства (Ермохин Ю.И., 1975, 2014).

Цель работы – разработать научно-обоснованную систему почвенно-растительной оперативной диагностики (ПРОД) минерального питания, эффективности удобрений для повышения продуктивности козлятника восточного (*Galega orientalis* Lam.) на серой лесной почве в агроклиматических условиях Западно-Сибирского Нечерноземья.

Задачи исследований:

1 выявить закономерности влияния химического состава почвы, доз применяемых минеральных удобрений и погодных условий на величину и качество кормовой культуры козлятника восточного;

2 на основе комплексного метода почвенно-растительной оперативной диагностики определить нормативные агрохимические и физиологические показатели для разработки математических моделей продуктивности козлятника восточного в системе прямой и обратной связи «почва – растение – удобрение»;

3 на основе эмпирических нормативных данных, полученных в системе «почва – растение – удобрение», установить оптимальные, экономически обоснованные расчетные дозы и сочетания удобрений под козлятник восточный;

4 определить оптимальные уровни содержания и соотношения элементов питания в системе почва-растение;

5 определить экономическую и биометрическую эффективность применения минеральных удобрений под козлятник восточный.

Предметом исследования являются сочетания и дозы вносимых минеральных удобрений, их влияние на химический состав почвы, растений и на взаимосвязь между исследуемыми объектами.

Научная новизна исследований. Впервые в условиях Западносибирского Нечерноземья, используя принципы почвенно-растительной диагностики «ИСПРОД», на основании данных полевых опытов, лабораторных исследований и статистических методов анализа разработаны математические модели продуктивности кормовой культуры козлятника восточного. Выявлены математические закономерности, отражающие зависимость влияния химического состава почвы, доз применяемых минеральных удобрений на формирование величины и качества урожая козлятника восточного. Определены нормативные агрохимические в почве и физиологические показатели минерального питания культуры, позволяющие оптимизировать питание в процессе роста и развития козлятника восточного, используя показатели «ИСПРОД» прогнозирования величины и качества урожая.

Практическая значимость работы и реализация результатов исследования. Разработанные зональные нормативные характеристики комплексного метода «ИСПРОД» позволяют диагностировать и оптимизировать минеральное питание козлятника восточного, разработать гибкую систему применения удобрений и тем самым управлять почвенным плодородием, питанием культурного растения и производственными затратами элементов питания удобрений на единицу продукции.

Результаты исследования внедрены и используются в производственной деятельности: станции агрохимической службы «Тарская», в работе и исследованиях отдела северного земледелия СиБНИИСХоза г. Тара, в хозяйствах северной зоны Омской области, в учебном процессе Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина (ОмГАУ).

Материал диссертационной работы используется в учебном пособии Омского государственного аграрного университета «Прикладная агрохимия» для студентов высших учебных заведений по специальности агрохимия.

Защищаемые положения:

- 1 агрохимические и физиологические нормативные количественные характеристики потребности козлятника восточного в элементах питания;
- 2 параметры интенсивности действия удобрений на химический состав почвы, растений, продуктивность и качество урожая козлятника восточного;
- 3 оптимальные уровни содержания и соотношения макро- и микроэлементов в системе почва-растение.

Апробация работы. Основные результаты исследований и положения работы были представлены докладами с обсуждениями на:

1. Международной научно-практической конференции «Управление почвенным плодородием и питанием культурных растений», 16 июля 2015 г., г. Омск.
2. 51-ой Международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов, приуроченной к «Году экологии в Российской Федерации», 26 октября 2017 г., г. Москва.
3. Международной научно-практической конференции «Научные инновации – аграрному производству», посвященной 100-летию ОмГАУ, 21 февраля 2018 г., г. Омск.

А так же на ежегодных научно-практических конференциях ППС и аспирантов ОмГАУ (2014-2017 гг.). Результаты научно-исследовательской работы включены в раздел ежегодного научного производственного отчета ФГБУ САС «Тарская» для Депрастениеводства г. Москвы.

Публикации. По теме исследования опубликовано 9 работ, отражающих основные положения исследования, среди которых – 4 публикации в журналах, рекомендованных списком ВАК Российской Федерации.

Личный вклад. В диссертации использованы материалы полученные лично автором, а так же данные исследований, выполненные при его не посредственном участии.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 186 страницах. Состоит из введения, семи глав, заключения, предложения производству, прило-

жения. Содержит 38 таблиц, 74 уравнения, 11 рисунков. Библиографический список включает 227 наименования, в том числе 5 - иностранных авторов.

Автор выражает искреннюю благодарность за методическое руководство и всестороннюю помощь своему научному руководителю доктору сельскохозяйственных наук, профессору, профессору кафедры «Агрохимия и почвоведение» Омского государственного аграрного университета им. П. А. Столыпина, заслуженному деятелю науки России, лауреату государственной премии имени акад. Д.Н. Прянишникова, Почетному работнику ВПО, академику Международной и Российской академии аграрного образования Юрию Ивановичу Ермохину.

Глубоко признательна за помощь в организации полевых опытов отделу северного земледелия СИБНИИСХ СО РАСХН, г. Тара. За регулярную помощь в проведении лабораторных исследований автор благодарит сотрудников станции агрохимической службы «Тарская» (ФГБУ САС «Тарская»).

1 БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1 История и состояние изученности вопроса

Первые сведения о козлятнике в литературе можно встретить как о растении лекарственном и декоративном. В странах Западной Европы в XVII в. козлятник лекарственный применяли в народной медицине как глистогонное, потогонное и мочегонное средство. А в конце XVIII в. в Германии делаются первые попытки внедрения козлятника лекарственного как перспективного растения для скормливания животным. В XIX в. галега восточная широко пропагандировалась во Франции (Абрамов А.А., 1993).

Упоминания о козлятнике в отечественной литературе встречаются в трудах Вольного экономического общества в 1868 г. В 1874 г. появляется большая статья «Кормовая трава козлятник». В 1899 г. Н.К. Васильев в «Записках Императорского общества сельского хозяйства южной России» указывает, что козлятник наряду с другими заслуживает «пробы» как кормовое растение (Тупикова-Фрейман А.Ю., 1931).

В 1908 г. выходит работа А.Х. Роллова, в которой собран материал по все-сторонней хозяйственной оценке 1550 видов растений Кавказа, в том числе приведены отдельные краткие данные по козлятнику восточному (Кшникаткина А.Н., 2003). Первые испытания козлятника восточного как кормового растения проведены в начале 20-х гг. прошлого века на опорном пункте Всесоюзного института растениеводства (ВИР) в Москве. Были получены положительные результаты по урожайности и скормливанию его животным. Но наиболее глубокое изучение козлятника восточного в 30-50-е гг. было проведено во Всесоюзном институте кормов (ВИК) С.Н. Симоновым, который считается инициатором введения этого растения в культуру и внедрения (Бушуева В.И., 2004, 2009).

В Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева опыты с козлятником восточным начались в 1978 г. под руководством П.П. Вавилова.

Многолетние опыты ТСХА, а так же ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, Челябинского НИИСХ, ВНИ ИПТИ рапса, Омского ГАУ, Самарской ГСХА, Волгоградского НИИ орошаемого земледелия, Ульяновского НИИСХ, Пензенского НИИСХ, Пензенской ГСХА и многих других научных учреждений страны позволили установить, что козлятник восточный может успешно возделываться в Центрально-Черноземной зоне, среднем Поволжье, на Урале, Сахалине, Камчатке, Сибири и других регионах страны (Кшникаткина А.Н., Гущина В.А., Варламова В.А., 2003).

В настоящее время культура выращивается на территориях с разнообразными почвенно-климатическими условиями. Возделывают на территории южных регионов и Нечерноземной зоны, включая Краснодарский край, Кабардино-Балкарию, Ростовскую, Архангельскую и Мурманскую области, в том числе и Сибирь. Такое территориальное разнообразие возможно благодаря его не прихотливости и пластичности, высокой зимостойкости, холодостойкости, хорошо развитой корнеотпрысковой корневой системы, от чего формируется самовозобновляющийся агроценоз и продуктивное долголетие – 10-15 лет и более.

На территории Тарского района Омской области исследования по разработке технологии возделывания козлятника восточного ведутся с 1990 года Тарской сельскохозяйственной опытной станцией (Казанцев В.П., 2002, 2012).

За этот период длительных исследований были установлены, следующие достоинства:

- высокая продуктивность (при одноразовом скашивании в фазе цветения до 40-50 т/га, за два укоса – до 60 т/га зеленой массы, (10-12 т/га сена);
- повышенная питательная ценность – (концентрация обменной энергии 10,5-11,2 МДж/кг сухого вещества, 150-270 г. переваримого протеина в одной кормовой единице);
- долголетие (на одном месте может произрастать около 20 лет, давая при этом полноценные укосы);

- является хорошим компонентом бобово-злаковых травосмесей, которые могут использоваться для заготовки сена, сенажа и силоса (Казанцев В.П., 2012).

При созревании бобы не растрескиваются и не осыпаются. Семеноводство козлятника значительно проще, чем люцерны и клевера, поэтому семена можно получать в каждом хозяйстве. Это поможет устранить дефицит семян многолетних бобовых трав.

В Омской области по данным ФГБУ «ЦАС «Омский» и ФГБУ САС «Тарская» анализ многолетних исследований показывает, что основная доля заготовленных в хозяйствах области кормов имеет 3 и 4 класс качества. На протяжении многих лет в области прослеживается низкая обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином, дефицит которого, при планируемых в области 110 г в кормовой единице, составляет 25 %. Во всех видах проанализированных кормов отмечается низкое содержание фосфора. При ориентировочной норме в рационе 5,0 г дефицит в отдельные годы достигал 48 % (Красницкий В.М., Смирнова М.В., Ильичев В.Н., 2015).

Как известно удобрения практически не используются, ежегодно с урожаем выносятся особо значимые элементы питания. Отсюда прослеживается снижение урожайности и качества сельскохозяйственной продукции.

Сравнивая козлятник восточный с другими традиционными кормовыми культурами, возделываемыми в Омской области в условиях производства можно увидеть, его высокое кормовое достоинство. Обеспеченность кормовых единиц переваримым протеином составляет в среднем по области 203 %, сырого протеина 14,3 %, сырой золы 7,5 % (Красницкий В.М., Смирнова М.В., Ильичев В.Н., 2015). Поэтому, возделывая козлятник восточный как кормовую культуру, в Омской области можно получить не только высокий урожай зеленой массы, но и полноценный высокопитательный корм, который по своим достоинствам не уступает другим культурам.

Несмотря на южное происхождение данной культуры, в Омской области ее в основном возделывают в северной зоне, т.е. там, где преобладают почвы с низким

естественным плодородием. Однако, даже в таких условиях получают высокий выход зеленой массы, сена, силлажа, сенажа с хорошей питательной ценностью. Корма из козлятника характеризуются высокой питательностью, сбалансированным минеральным составом. В белке содержится 18 аминокислот, в том числе все незаменимые.

Сравнительный анализ биохимического состава и питательной ценности козлятника и клевера, проведенный агрохимическими лабораториями ФГБУ «ЦАС «Омский» и ФГБУ САС «Тарская» (Красницкий В.М., Смирнова М.В, Ильичев В.Н., 2015), показал, что по качеству сена новая культура не уступает традиционной. В одном килограмме зеленой массы козлятника содержится 0,48 кг кормовых единиц, концентрация переваримого протеина – 97,6 г, а обменной энергии 7,9 МДж на 1 кг сухого вещества. Для сравнения показатели клевера соответственно 0,54 кг, 56,7 г и 7,5 МДж, люцерны соответственно 0,54 кг, 68,3 г и 7,6 МДж (приложение Л, таблица Л.1).

1.2 Биологические и морфологические особенности козлятника восточного (*Galega orientalis* Lam.)

Козлятник восточный относится к классу двудольных семейства бобовых (*Fabaceae*), род Галега, включающий в себя 8 видов. Особое хозяйственное значение из которых имеет козлятник восточный, содержащий в своем составе меньшее количество токсичных алкалоидных веществ (Тен А.Г., 1982).

Это многолетнее растение, способное произрастать до 15 и более лет на одном месте высотой 50-80 см в естественных фитоценозах и 130-200 см в культуре (Казанцев В.П., 2012). Козлятник восточный – стержнекорневое растение, образующее корневые отпрыски. Корневая система мощная, но проникает в почву неглубоко – 50-80 см. Она состоит из главного стержневого корня и многочисленных боковых ответвлений с густой сетью мелких нитевидных корешков. На главном корне на глубине до 7 см формируется от 2 до 18 отпрысков корневищного типа. Они растут горизонтально до 30 см и более, а затем выходят на поверхность

почвы и образуют стебли. Благодаря большой способности к вегетативному размножению травостой козлятника восточного с годами не изреживается, а все более загущается. На подземной части стеблей ежегодно образуются 3-4 зимующие почки. Таким образом, возобновление растений обеспечивается за счет корневых отпрысков и зимующих почек. Особенности строения корневой системы позволяют рекомендовать его посевы на склоновых землях в качестве эффективного средства защиты их от эрозии. Стебли прямостоячие, полые, ветвистые, хорошо облиственные, высотой до 80-150 см. Листья сложные непарноперистые с 5-6 парами листочков. Доля листьев в сене достигает 75-80%. Соцветие – многоцветковая, удлиненная кисть. Цветки – крупные, сине-фиолетовые или белые. Плод – боб линейный или слабоизогнутый, бурый, светло- или темно-коричневый. Семена крупные, удлинено-почковидные, желтовато-зеленоватые или оливковые при уборке, но при хранении становятся светло-коричневыми. Масса 1000 штук – 5,5-9,0 г. Затопление полыми водами выдерживает до 18 дней, при этом полная гибель наступает через 25-30 дней. Лучшие почвы для него – черноземные супеси и легкие суглинки, увлажненные, но не заболоченные. Эта культура хорошо произрастает также на осушенных низинных торфяниках или на пойменных землях. Посевы козлятника удаются не только на черноземных, но и на дерново-подзолистых и дерново-карбонатных (суглинистых и супесчаных) почвах. В любом случае почва должна быть окультуренной, чистой от сорняков, богатой органическим веществом и иметь достаточно глубокий пахотный слой. На бедных питательными веществами почвах козлятник растет плохо (Казанцев В.П., 2002; Жерудков Б.Х., 2003; Степанов А.Ф., 2004).

Реакция почв должна быть близкой к нейтральной, как и для большинства бобовых культур. На бедных и кислых почвах он растет плохо, к тому же на корнях не развиваются клубеньки (Степанов А.Ф., 2006).

Оптимальной температурой для прорастания козлятника восточного считается 10-12 °С, но всходы могут появляться и при 5-6 °С. Заморозки от -3...-5 °С не наносят ущерба растениям, отличается высокой морозоустойчивостью. Даже в

условиях недостаточного снегонакопления растения выдерживают низкие температуры до $-22...-25^{\circ}\text{C}$, под мощным снежным покровом до $-42...-45^{\circ}\text{C}$, что связано с высоким содержанием сахара в зимующих органах (Степанов А.Ф., 2004; Докунин Ю.В., 2008).

Козлятник восточный требователен к свету, особенно в начале роста, и не переносит затенения. Покровная культура не должна быть слишком густой или лежащей, убирать ее надо рано. По той же причине козлятник чувствителен к засоренности, особенно в год посева. Подпокровные посевы в Центральном районе Нечерноземной зоны в засушливые годы не удаются. Они образуют изреженные травостои, не способные дать значимый урожай в первые два года и быть достаточно устойчивыми к условиям зимы, особенно малоснежной (Тен А.Г., 1982).

С 1 тонной сухого вещества козлятник восточный выносит азота 26 кг, фосфора 5 кг, калия 14 кг, 10 тонн зеленой массы выносят 55 кг азота, 8 кг фосфора, 32 кг калия (Казанцев В.П., 2002; Утеуш Ю.А., 2003). В первый год жизни козлятника восточного азотфиксирующие процессы протекают очень медленно и поэтому желательно вносить стартовые дозы азотных удобрений. По данным полевых опытов проведенных с удобрением козлятника восточного в Кабардино-Балкарии (Утеуш Ю.А., 2003), установлено, что дополнительно внесенная подкормка в дозе N_{45} кг д.в./га дает существенную прибавку (16-20%) травостоя, по сравнению с вариантом где вносили только фосфорно-калийные удобрения. На третий год жизни козлятника внесения азотных удобрений не дало прибавку в урожайности в связи с чем автор исследований рекомендует вносить на посевах козлятника восточного стартовую дозу удобрений 35-45 кг д.в./га, но не более.

1.3 Содержание в почве и физиологическая роль азота, фосфора и калия

Для нормального роста и развития растений необходимы различные элементы питания. По современным данным, таких элементов порядка 20, без которых растения не могут полностью завершить цикл развития (Авдонин Н.С., 1940).

Для оптимального сбалансированного минерального питания развития сельскохозяйственных культур необходимо располагать определенным количеством

содержания в пахотном слое доступных для растений элементов питания, которые с помощью почвы могли бы удовлетворить потребность в питательных веществах в количественном и качественном отношении (ионным равновесием по Сабинину Д.А., 1971).

При оценке уровня обеспеченности растений элементами питания необходимо учитывать базипетальный и акропетальный градиент, т.е. знать реутилизацию элементов минерального питания в растениях, их физиологическую роль в жизни растений.

1.3.1 Азот, фосфор и калий в почве

Азот и его содержание в почве зависит от ее гранулометрического состава, окультуренности и т.д. Общий запас азота в пахотном слое одного гектара колеблется от 1,5 т в супесчаной дерново-подзолистой почве до 15 т в мощном черноземе. Общее содержание азота в почве зависит от наличия в ней органического вещества (Соколов А.В., 1960). Однако, оптимальные условия азотного питания растений определяются прежде всего процессами минерализации органического вещества в почве, неравномерного динамического распределения питательных веществ среди фактически, химически и биологически неоднозначного и непрерывно изменяющихся субстратов почвы (Ермохин Ю.И., 2014). Основная же часть азота содержится в органических соединениях, недоступных для растений. В минеральных соединениях находится 1-3% азота в почве, который имеет большое значение в питании растений.

Своевременное обследование почв сельскохозяйственных угодий на содержание нитратного азота помогает более точно выявить основные факторы, влияющие на процессы нитрификации и фактическое накопление $N-NO_3$ в активном слое почвы, которые определяют оптимальные экономически оправданные дозы азотных удобрений (Научно-производственный отчёт..., 2015).

В результате агрохимического обследования почв, проводимые ФГБУ САС «Тарская» в 2015 году по северной зоне Омской области, отмечено, что высокое

содержание нитратного азота наблюдается в чистых парах северной лесостепи, среднее в таежной и подтаежной зонах (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание нитратного азота в слое почвы 0-40 см, 2015 г.

(Научно-производственный отчёт ФГБУ САС «Тарская», 2015)

Предшественник	Северная лесостепь		Подтайга		Тайга	
	мг /кг	кг/га	мг /кг	кг/га	мг /кг	кг/га
Пар чистый	20,3	101,5	14,6	73,0	13,6	68,0
Ранняя зябь	7,8	39,0	6,7	33,5	6,2	31,0
Поздняя зябь	5,9	29,5	5,3	26,5	5,0	25,0
Озимая рожь, посев 2015 г.	15,3	76,5	12,7	63,5	-	-
Озимая рожь, посев 2014 г .	9,1	45,5	6,6	33,0	-	-
Пшеница по пару	11,9	59,5	7,8	39,0	6,9	34,5
Пшеница 2-я культура после пара	7,1	35,5	5,5	27,5	5,1	25,5
Пшеница 3-я культура после пара	5,9	29,5	4,9	24,5	4,7	23,5
Овес	5,3	26,5	4,8	24,0	4,9	24,5
Ячмень	6,0	30,0	-	-	-	-
Овёс + горох	7,0	35,0	6,6	33,0	5,6	28,0
Однолетние травы	7,0	35,0	6,3	31,5	-	-
Силосные (кукуруза)	9,8	49,0	-	-	-	-
Силосные (подсолнечник)	8,5	42,5	-	-	-	-
Многолетние травы летней распашки	14,9	74,5	9,1	45,5	-	-
Многолетние травы осенней распашки	6,8	34,0	6,0	30,0	-	-
Многолетние травы (злаковые)	4,2	21,0	3,6	18,0	3,0	15,0
Многолетние травы (злаково-бобовые)	4,8	24,0	4,2	21,0	3,7	18,5
Горох	12,1	60,5	-	-	-	-
Козлятник 7 г.п.	-	-	3,0	15,0	-	-
Клевер 2 г.п.	-	-	10,7	53,5	-	-

После озимой ржи текущего года посева, после гороха, пшеницы по пару и многолетних трав летней распашки содержание N-NO₃ среднее, а после остальных предшественников от низкого до очень низкого, такая тенденция наблюдается во всех почвах зон. На почвах, занятых в течение всего вегетационного периода

растениями, наблюдается низкий уровень накопления нитратов (Научно-производственный отчёт..., 2015).

Фосфор и его содержание в почве характеризует запас усвояемых фосфатов (фактор емкости). Этот показатель используется для оценки бонитета почвы, планирования урожайности и разработки нормативов применения удобрений. В связи с различной удобренностью и другими факторами пахотные почвы отличаются большой пестротой по содержанию подвижного фосфора. В России почвы с низким уровнем подвижного фосфора составляют около 60% по данным агрохимической службы. Небольшой удельный вес занимают площади с высоким (13,9%) и очень высоким содержанием 7,8%. Пахотные почвы с низким и очень низким содержанием фосфора имеют большой удельный вес – 21,3% или 23,2 млн. га (Сычев В.Г., Кирпичников Н.А., 2009).

Результаты агрохимического обследования почв северной зоны Омской области на протяжении V и VI цикла, показали, что средневзвешенная величина содержания подвижного фосфора в почвах области снизилась на 12,4 мг/кг (13,3 %) и к 2015 году составила 85,5 мг/кг. Причина этого в отрицательном балансе фосфора в земледелии района (Научно-производственный отчёт..., 2015).

Калий. В северной зоне Омской области содержание обменного калия в почвах пахотных земель на 53,5 тыс. га площади – очень низкое, 283,4 тыс. га – низкое, 206,9 тыс. га – среднее, 125,6 тыс. га – повышенное, 64,3 тыс. га – высокое и 20,2 тыс. га – очень высокое. В I и II цикле агрохимического обследования почвы средневзвешенное содержание подвижного калия в почве составляло 117,5 и 109,3 мг/кг. По данным шестого цикла агрохимического обследования почвы средневзвешенное содержание обменного калия снизилось до 99,9 мг/кг (Научно-производственный отчёт..., 2015).

Между различными формами калия (необменно-поглощенный, обменно-поглощённый, водорастворимый) в почвах существует подвижное равновесие. Количество водорастворимых форм калия может пополняться за счет обменно-поглощенных, уменьшение которых через какое-то время может возмещаться за

счет фиксированной формы. Следует иметь в виду, что при внесении водорастворимых калийных удобрений их трансформация может протекать в противоположном направлении. Часть калия теряется из корнеобитаемого слоя за счет инфильтрации (процесса просачивания и пропитывания) от 2% на тяжелых и до 5% на легких почвах от внесенного количества удобрений. Также потери могут происходить от водной или ветровой эрозии (Соколов А.В., 1960).

Следовательно, главным условием для поддержания оптимального баланса питательных веществ в почве, в том числе и калия, является компенсация расходов за счет применения минеральных и органических удобрений.

1.3.2 Азот, фосфор и калий в растениях

Рост и развитие растений осуществляется в соответствии с законом минимума, т.е. растение растет и развивается до тех пор, пока ему хватает дефицитного элемента содержащегося в минимальном количестве по сравнению с другими элементами питания. При возделывании сельскохозяйственных культур недостаточное содержание элементов питания в почве сказывается на низком уровне жизни, питания и урожайности самих растений, а так же снижает качественные показатели получаемой продукции. Азот, фосфор, калий – это три основных элементов наиболее необходимых растению для полноценного развития в условиях Нечерноземья Западной Сибири.

Азот (содержание его в растениях колеблется от 3 до 5 %) входит в состав белков, ферментов, нуклеиновых кислот, хлорофилла, витаминов, алкалоидов (Минеев В.Г., 1988). Недостаток азота особенно резко сказывается на росте вегетативных органов. Слабое формирование фотосинтезирующего листового и стеблевого аппарата вследствие дефицита азота, в свою очередь, ограничивает образование органов плодоношения и ведет к снижению урожая и уменьшению количества белка в продукции.

Азот повторно используется (реутилизируется) в растениях, поэтому признаки его недостатка проявляются сначала на нижних листьях. Пожелтение начина-

ется с жилок листа и распространяется к краям листовой пластинки. При остром и длительном азотном голодании бледно-зеленая окраска листьев растений переходит в различные тона желтого, оранжевого и красного цвета (в зависимости от вида растений), затем пораженные листья высыхают и преждевременно отмирают (Журбицкий З.И., 1963; Гамзиков Г.П., 1981).

При нормальном снабжении азотом листья темно-зеленые, растения хорошо кустятся, формируют мощный ассимиляционный стеблелистовый аппарат, а затем полноценные репродуктивные органы. Избыточное, особенно одностороннее, снабжение растений азотом может вызвать замедление их развития (созревания) и ухудшить структуру урожая. Растения образуют большую вегетативную массу в ущерб товарной части урожая.

Многолетние бобовые травы перед уходом в зиму запасают питательные вещества в мощной корневой системе и корневой шейке (нижней части стебля, коронке) со спящими почками для того, чтобы будущей весной при возобновлении вегетации обеспечить нормальный рост почек и молодых побегов, из которых разовьются побеги с цветами, плодами. В период вегетации в корнях откладываются новые запасы питательных веществ, которые обеспечат возобновление роста растений из спящих почек в последующий год и т. д. Корневая система и корневая шейка многолетних трав – это кладовая питательных веществ для последующего поколения. Депонировать необходимое для данного вида многолетних растений количество питательных веществ является жизненно необходимым для выживания вида. В корневой системе козлятника накапливается по данным И.А. Ступакова и А.В. Шумакова (1990, 1993) от 162 до 188 кг/га азота. В результате распахивания посевов козлятника восточного происходит пополнение почвенных запасов элементами питания.

Фосфору принадлежит важная роль в процессах обмена энергии в растительных организмах. Энергия солнечного света в процессе фотосинтеза и энергия, выделяемая при окислении ранее синтезированных органических соединений в процессе дыхания, аккумулируется в растениях в виде энергии фосфатных связей

у так называемых макроэргических соединений, важнейшим из которых является аденозинтрифосфорная кислота (АТФ). Накопленная в АТФ при фотосинтетическом и окислительном фосфорилировании энергия используется для всех жизненных процессов роста и развития растения, поглощения питательных веществ из почвы, синтеза органических соединений, их транспорта. При недостатке фосфора нарушается обмен энергии и веществ в растениях (Ермохин Ю.И., 2002; Минеев В.Г., 1980; Воллейдт Л.П., 1974).

Особенно резко дефицит фосфора сказывается у всех растений на образовании репродуктивных органов. Его недостаток тормозит развитие и задерживает созревание, вызывает снижение урожая и ухудшение качества продукции. Растения при недостатке фосфора резко замедляют рост, листья их приобретают (сначала с краев, а затем по всей поверхности) серо-зеленую, пурпурную или красно-фиолетовую окраску. Признаки фосфорного голодания обычно проявляются уже на начальных стадиях развития растений, когда они имеют слаборазвитую корневую систему и не способны усваивать труднорастворимые фосфаты почвы (Гусейнов Р.К., Шабандаев Д.З., 1978).

Усиленное снабжение растений фосфором ускоряет их развитие и позволяет получать более ранний урожай, одновременно улучшается качество продукции.

Калий участвует в процессах синтеза и оттока углеводов в растениях, обуславливает водоудерживающую способность клеток и тканей, влияет на устойчивость растений к неблагоприятным условиям внешней среды и поражаемость культур болезнями (Синягин И.И., 1979).

Внешние признаки калийного голодания проявляются в побурении краев листовых пластинок — «краевом запале». Края и кончики листьев приобретают «обожженный» вид, на пластинках появляются мелкие ржавые крапинки. При недостатке калия клетки растут неравномерно, что вызывает гофрированность, куполообразное закручивание листьев. У картофеля на листьях появляется также характерный бронзовый налет (Минеев В.Г., 1988; Ермохин Ю.И., 2014).

Особенно часто недостаток калия проявляется при возделывании более требовательных к этому элементу картофеля, корнеплодов, капусты, силосных культур и многолетних трав. Зерновые злаки менее чувствительны к недостатку калия. Но и они при остром дефиците калия плохо кустятся, междоузлия стеблей укорачиваются, а листья, особенно нижние, увядают даже при достаточном количестве влаги в почве (Журбицкий Б.Х., 1963; Ермохин Ю.И., 2014).

Химический состав растений, а в последующем и полученных из них кормов, во многом зависит от места произрастания, климатических особенностей, культуры земледелия и других факторов (Ермохин Ю.И., 1991, 2002).

1.4 Особенности минерального питания козлятника восточного и влияние удобрений на его продуктивность и качество

В последние годы возрос интерес к козлятнику восточному как к перспективной бобовой кормовой культуре, которая обладает высокой пластичностью и пригодна для возделывания в большинстве почвенно-климатических зон России. В отличие от клевера лугового и люцерны, он может успешно расти на одном месте более 20 лет, ежегодно формируя 550...750 ц/га зеленой массы и более. К тому же козлятник восточный способен формировать первый укос уже к началу июня, вегетирует благодаря высокой холодостойкости до середины октября и остается источником самого раннего весной и самого позднего осенью высокобелкового, витаминизированного зеленого корма для жвачных животных (Клименко В.П., Косолапов В.М., 2010).

По данным ряда ученых (Ягодин Б.И., Смирнов П.М., Петербургский А.В., 1989) хозяйственный вынос питательных веществ с 1 га при средней урожайности 500 ц/га зеленой массы составляет в среднем 220-250 кг азота, 50-60 кг фосфора и 240-260 кг калия. С 1 тонной сухого вещества козлятник выносит: азота – 30 кг, фосфора – 5 и калия – 21 кг. Поэтому он требователен к плодородию почвы. Органические удобрения (20-30 т/га) вносят под зяблевую вспашку предшествующей культуры или непосредственно под посев козлятника. При внесении фосфор-

но-калийных удобрений исходят из планируемой урожайности козлятника восточного и уровня содержания данных элементов питания в почве, часто используют среднюю норму фосфора и калия (90 кг/га). Для получения высоких урожаев целесообразно ежегодно вносить $P_{90}K_{120-180}$. Кислые почвы известкуют. Нормы известки устанавливают по полной гидролитической кислотности. Потребность козлятника восточного в азоте обеспечивается на 40-80% за счет симбиотической азотфиксации при кислотности почвы близкой к нейтральной, хорошей ее аэрации и влагообеспеченности, наличия достаточного количества клубеньков на корнях и достаточной обеспеченности элементами питания. Вносить 30-60 кг д.в. азота на гектар следует в том случае, если в ходе агрохимического анализа почвы и в начале роста весной растения имеют светло-зеленую окраску, медленно растут в связи с тем, что в почве недостаточно подвижного азота, а клубеньки начинают "работать" только в конце июля – начале августа. Старовозрастные посевы нуждаются в подкормке азотными удобрениями, если через 8-10 дней после начала вегетации клубеньков ещё нет на корнях или они не "работают" (имеют вместо розового или красного цвета светло-зеленую или серую окраску). За период вегетации из одной и той же почвы разные растения потребляют не только неодинаковое количество питательных элементов, но и в различном соотношении. Данные о потребности культур в питательных веществах выражают либо их выносом с общим урожаем, либо на единицу урожая основной продукции с учетом соответствующего количества его побочной части (солома, ботва). Вынос питательных веществ необходимо учитывать при определении потребности культур в удобрениях и расчете доз удобрений (Минеев В.Г., 1973).

Вынос не является постоянной величиной и может изменяться. Чем больше вносят удобрений, тем интенсивнее происходит вынос, с учетом влияния различных внешних факторов. Удобрения следует вносить в почву так, чтобы они в наибольшей степени были доступны для растений в течение вегетационного периода, находились в зоне развития корневой системы, способствовали ее росту и минимально фиксировались почвой. При расчете норм внесения удобрений необ-

ходимо учитывать потребность элементов питания каждой культуры индивидуально с учетом особенностей ее возделывания (Алабушев В.А., 2001).

1.5 Комплексный метод диагностики питания растений

Минеральное питание один из наиболее доступных факторов регулирования жизнедеятельности растений. Поэтому в настоящее время главная задача агрохимии – своевременное и направленное воздействие на почву, которое через процессы корневого питания влияет на ход формирования урожая. Это возможно при правильной диагностики питания растений.

Цель комплексной диагностики питания – обеспечение постоянного контроля за условиями выращивания и корректировка питания растений в процессе вегетации, что способствует наиболее полному использованию питательных элементов почвы и удобрений.

Обычно на растение действуют только те элементы, которые в него поступили и участвуют в формировании урожая, поэтому в зависимости от видовых и возрастных биологических особенностей возделываемых культур и внешних условий выявляются основные закономерности их минерального питания теоретической основы растительной диагностики.

Диагностика позволяет (Ермохин Ю.И., 1995):

- выявить пестроту и моделирование плодородия почв;
- установить фактическую доступность возделываемому растению питательных веществ почвы и удобрений в условиях конкретной технологии и уточнить на этой основе физиологические характеристики химического состава почв;
- дать оценку любого агроприема воздействия на почву и растение в период онтогенеза и выявить причины реакции растений на изучаемый прием;
- провести корректировки в оценке минерального питания растений с учетом использования необходимых расчетных доз удобрений на основе полевого опыта.

Комплексная диагностика питания растений включает в себя: визуальную, морфо-биометрическую, химическую (листовую, тканевую), дистанционную и функциональную.

Визуальная диагностика заключается в установлении уровня обеспеченности растений элементами питания по внешним признакам: изменения окраски, размеров, формы листьев или других органов, роста и развития растений. При этом следует убедиться, что растения не поражены болезнями, не повреждены вредителями, нет переуплотнения, переувлажнения, засухи, избыточной кислотности почвы и т. п., что может быть причиной угнетенного состояния растений. Внешние признаки нарушения условий питания наблюдаются тогда, когда в метаболизме растений произошли глубокие изменения, устранить которые не представляется возможным.

Гораздо более оперативно и своевременно обнаружить недостаток элементов питания в растениях, можно используя химические методы диагностики. Основными из них являются листовая и тканевая диагностика.

При листовой диагностике определяют общее (валовое) содержание того или иного питательного элемента в листьях растений, а при тканевой – содержание минеральных форм питательных элементов в свежих пробах растений без озоления, используя срезы, выжатый сок или вытяжки из индикаторных органов (стеблей, черешков, главных жилок листьев) и свойство веществ давать с определенными реактивами цветные растворы или осадки. Например, определение нитратов основано на реакции их с дифениламином (синяя окраска) или с реактивом Брея в присутствии буфера (красная окраска); фосфатов – на реакции фосфорной и молибденовой кислот, дающих фосфорно-молибденовый комплекс синего цвета; калия – на образовании оранжево-красного осадка дипикриламната калия.

В.В. Церлинг (1978) предлагал придерживаться трех основных правил диагностики питания растений:

первое – одновременно с определением содержания минеральных веществ в растениях надо знать и прирост массы, что дает возможность уточнить, какие

факторы – питание или разбавление массой оказали влияние на концентрацию питательных элементов, то есть, речь идет о сопоставлении химической диагностики с морфо-биометрической, дающей ответ на вопрос, как формируется урожай;

второе – при диагностике необходимо определение не менее трех элементов питания (не только их концентрации, но и соотношения в растении), что позволяет объективнее судить об уровне питания и принять более правильное решение, так как, например, избыток одного элемента может быть вызван недостатком другого, вызвавшего нарушение синтетических процессов;

третье – данные растительной диагностики целесообразно сопоставлять с погодными условиями, свойствами почвы (почвенная диагностика) и уровнем агротехники.

В последние годы развивается дистанционный метод, основанный на принципе установления качественных характеристик отраженного растениями света, регистрируемого при помощи летательных аппаратов. А.С. Плешковым и Б.А. Ягодиным (1982) разработан метод функциональной диагностики питания растений, основанный на определении фотохимической активности хлоропластов и позволяющий оценить не содержание того или иного элемента питания, а потребность растения в нем. При этом контролировать питание растений следует систематически, несколько раз за лето, по фазам формирования урожая, и особенно важно – в молодом возрасте растений, когда условия питания во многом определяют будущий урожай.

Результаты химической диагностики могут быть использованы в двух целях: 1 – для решения вопроса о необходимости подкормки растений для повышения их урожайности или качества в текущем году; 2 – для уточнения системы удобрения под урожай следующего года (для садовых растений) или под следующую полевою культуру.

Для диагностического заключения (Ермохин Ю.И., 1991):

- результаты анализов сопоставляют с оптимальным содержанием питательных веществ;
- обращают внимание на соотношение питательных элементов: оно будет хорошим, если все элементы содержатся в количествах, близких к оптимальным;
- сопоставляют данные химической диагностики с ростом и развитием растений, так как между концентрацией питательного элемента и растительной массой есть определенная зависимость.

Вопросами диагностики питания растений, эффективности удобрений, агрохимического обследования почв занимаются государственные станции агрохимической службы. Широкое распространение получили методы растительной диагностики в сочетании с почвенными анализами, разработанные омскими учеными: Ю.И. Ермохиным с 1964 по 2018 гг. и Н.К. Болдыревым с 1970 по 1983 гг.

Созданная Ю.И. Ермохиным школа тесно связана с единым перспективным физиолого-биохимическим направлением в агрохимии – почвенно-растительной оперативной диагностикой минерального питания, эффективности удобрений, величины и качества урожая. В дальнейшем его учениками (Масалкин С.Д., 1986; Кормин В.П., 1988; Проберж Э.С., 2002; Трубина Н.К., 1993; Павлик И.А., 1996; Бобренко И.А., 2005; Лихоманова Л.М., 2009; Трубина Н.К., 2014; Тищенко Н.Н., 2010; Синдерёва А.В., 2015; Складорова М.А., 2016 и др.) успешно осуществляются исследования и проводятся работы по усовершенствованию разработанной ранее методики. В настоящее время полученный комплексный метод почвенно-растительной оперативной диагностики «ИСПРОД» основывается на знании трех принципов:

а) способности почв удовлетворять потребность растений в питательных веществах (нитратный азот, подвижный фосфор, обменный калий, микроэлементы и т.д.);

б) потребности растений и их способности к усвоению питательных веществ в конкретных условиях сельскохозяйственного производства (ПЭУ, КИП, выносы питательных веществ растениями в процессе своей вегетации);

в) состояние питания растений и расчета доз удобрений в период роста и развития (оптимальный уровень необходимый для роста и развития растений).

Основная цель комплексного метода системы «ИСПРОД», пользуясь информацией по истории полей, почвенной и растительной диагностики, спланировать получение действительно возможного урожая (ДВУ) по имеющимся данным и положительно повлиять на его величину и качество.

«ИСПРОД-ОмГАУ» – это не пассивное ожидание урожая, а реальное осуществление в условиях производства оптимизации минерального питания сельскохозяйственных культур с целью получения запланированных урожаев в количественном и качественном отношении. Основанна на контроле обеспеченности растений элементами питания, уровню плодородия почв, а так же приемов внесения и эффективности удобрений (рисунок 1).

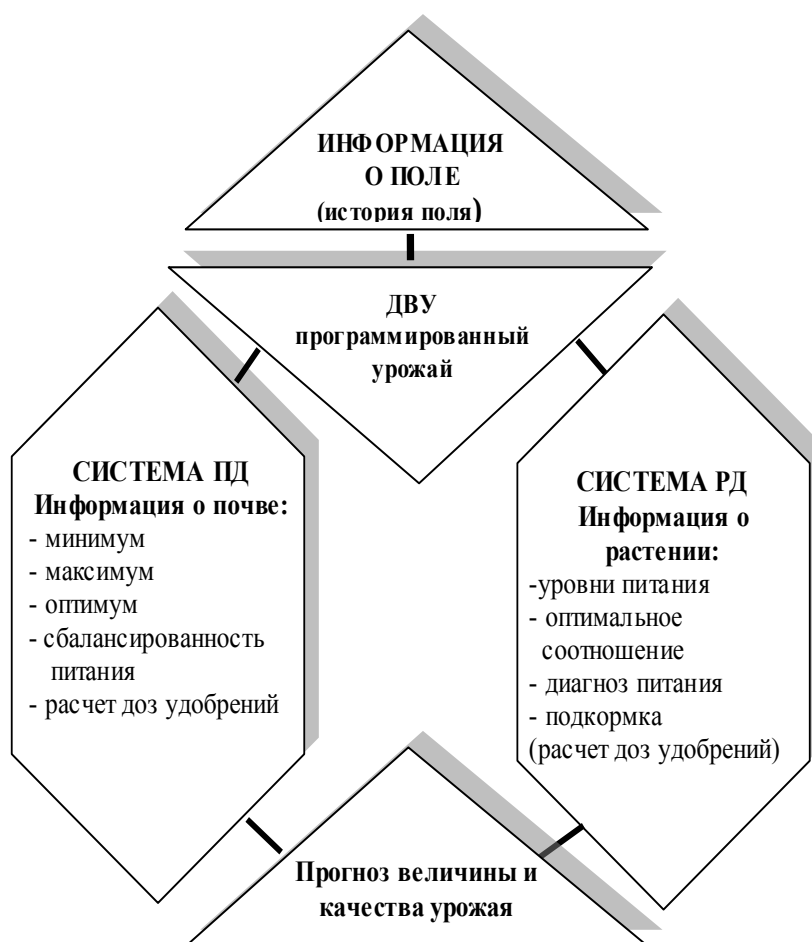


Рисунок 1 – Модель «Интеграционная система почвенно-растительной оперативной диагностики» («ИСПРОД»), по Ю.И. Ермохину (1983).

Начальный блок (рисунок 1) используется для разработки и получения действительно возможного урожая (ДВУ) в конкретных почвенно-климатических условиях с учётом объективного закона земледелия – закона минимума.

Второй блок или так называемая почвенная диагностика (ПД) – это простая, доступная для широкого использования модель, в которой основные факторы плодородия находятся в тесной связи (корреляции) с величиной урожая. К таким агрохимическим факторам относятся нитратный азот, подвижный фосфор, обменный калий, ряд микроэлементов, гумус и другие. Учитывается их минимум, максимум, оптимум, уравновешенное питание (отсюда антагонизм и синергизм ионов), расчётные дозы удобрений на ДВУ и некоторые другие агрохимические факторы (структура, плотность и т.д.). Согласно второму блоку полученная информация о почве позволяет оценить и рассчитать обеспеченность элементами питания растений на весь период вегетации.

Для получения информации о растении предусмотрена растительная (листовая) диагностика (РД), позволяющая контролировать обеспеченность растений химическими элементами по их химическому составу с обязательным учетом темпов роста и скорости прохождения определенных периодов вегетации, исходя из биологических возможностей и особенностей того или иного сорта. Растительная диагностика позволяет выявить обеспеченность растений элементами питания в течение вегетации.

2 ОБЪЕКТЫ, МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для решения поставленных задач по оптимизации минерального питания козлятника восточного в работе были использованы полевой, аналитический и статистический методы исследований. Изучаемыми объектами служили: растения козлятника восточного (выращиваемые на биомассу), почва, минеральные удобрения, связанные в едином комплексе агротехнических мероприятий и почвенно-климатических условий.

2.1 Агрохимическая характеристика почв

Опыты проводили в 2013-2016 гг. на опытном поле отдела северного земледелия СибНИИСХ СО РАСХН расположенном в подтаежной зоне Омской области. Описание горизонтов серой лесной почвы приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Описание почвенных горизонтов (Мищенко Л.Н., 2010)

Слой почвенного горизонта	Основные характеристики почвенного слоя
A _{пах} (0-22 см)	Свежий, темно-серый, однородный, рыхлый, суглинистый, комковато-пылеватый, остатки корней, тяжелосуглинистый. Переход в следующий горизонт заметный по окраске и структуре.
A ₁ A ₂ (22-32 см)	Свежий, белесовато-серый, уплотнённый, ореховато-комковатый, среднесуглинистый, с кремнеземистой присыпкой и корнями растений. Переход в следующий горизонт ясный по окраске и структуре.
B ₁ (32-43 см)	Свежий, бурый, неоднородный, с потёками полоторных окислов по структурным агрегатам, с присыпкой SiO ₂ ореховатый, тяжелосуглинистый. Переход в следующий горизонт постепенный.
B ₂ (43-68 см)	Увлажнённый, бурый, уплотнённый, крупноореховатый, тяжелосуглинистый. Переход в следующий горизонт постепенный.
C (68-120 см)	Увлажненный, буровато-желтый, неоднородный, бесструктурный, плотный; карбонаты.

Почва территории опытного поля серая лесная маломощная, грунтово-глееватая тяжелосуглинистая типичная для зоны, представляет основной зональный тип почв и занимает почти половину всей площади. Обладает относительно высоким естественным плодородием и пригодна для выращивания самых разнообразных сельскохозяйственных культур.

Глубина пахотного слоя 20 см, характерная для маломощных разновидностей. Граница залегания карбонатов находится на глубине 68-120 см. Присутствуют переходные горизонты A_1A_2 . По гранулометрическому составу почва характеризуется как крупнопылеватая тяжелосуглинистая. Как правило, гумусовый слой обеднен илистой фракцией и обогащены ею иллювиальные горизонты.

Почва территории, на котором расположен опытный участок характеризуется низким и средним содержанием азота и серы; средним фосфора и низким калия, содержание основных элементов питания уменьшается с глубиной горизонта (таблица 3, приложение А, таблица А1).

Таблица 3 – Агрохимическая характеристика метрового слоя серой лесной почвы (2013-2016 гг.)

Слой почвы, см	Содержание, мг/кг		pH	Гумус, %	Обменные формы, мг-экв/100 г почвы		Азот, мг/кг		S, мг/кг
	P ₂ O ₅	K ₂ O			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	N-NO ₃	N-NH ₄	
0-10	69	44	5,6	4,56	12,0	1,88	9,0	2,03	0,64
10-20	91	75	5,6	4,50	13,0	1,87	10,5	2,41	0,62
20-30	91	65	5,5	3,73	12,4	1,88	8,4	1,16	1,72
30-40	87	63	5,5	2,90	12,5	1,88	6,6	1,14	1,63
40-50	74	65	5,6	1,87	13,6	0,50	3,4	1,34	2,50
50-60	35	31	5,6	1,30	13,4	0,51	3,3	1,31	2,48
60-70	36	29	5,6	0,61	14,1	1,00	2,9	1,36	2,51
80-90	24	23	5,5	0,27	14,0	0,52	4,6	1,42	2,51
90-100	12	19	5,5	-	13,9	0,53	1,8	1,33	2,02

Содержание гумуса в верхнем горизонте среднее и по мере углубления происходит его уменьшение. В составе поглощённых оснований почв преобладает мг-экв /100 г: кальций от 12 до 13, Mg – 1,88. Величина pH находится в слабокислом интервале.

2.2 Метеорологические условия в годы проведения исследований

Исследования проводили в нечерноземной полосе Омской области в типичных для Западной Сибири условиях. Зона занимает 94 % территории Томской, 38 % – Тюменской, 25 % – Омской и 10 % – Новосибирской областей и представляет собой обширную низменность, расчлененную речными долинами (Агроклиматические ресурсы..., 1971).

Опытный участок расположен в подтаежной зоне. Климат зоны резко континентальный. Воздействие атлантических воздушных масс невелико, так как Западносибирская низменность защищена справа Уральскими горами.

Основными чертами температурного режима являются: холодная зима, теплое непродолжительное лето, короткие весна и осень, короткий безморозный период. Средняя температура января, самого холодного месяца, $-17...-19^{\circ}$. Средняя температура июля, самого теплого месяца, $17-18^{\circ}$. Годовое количество осадков в зоне 430-485 мм. Большая часть осадков выпадает в летнее время, что имеет большое значение при выращивании культурных растений (Агроклиматические ресурсы..., 1971).

В течение вегетационного периода возможны значительные заморозки. Средняя дата прекращения заморозков в воздухе на ровных открытых местах 14 июня. Безморозный период короткий 113 дней. Вегетационный период колеблется от 110 до 115 суток. Последние весенние заморозки 27-30 мая, а первые осенние заморозки начинаются в первой декаде сентября (10-20/IX).

Сумма положительных температур свыше 10° равна $+1700-1800^{\circ}$, сумма отрицательных среднесуточных температур ниже -10° составляет -2073° . Спелость почв наступает около 7 мая, а прогревание на глубину 10 см до $+10^{\circ}$ затягивается до конца месяца. Переход температуры почвы через $+10^{\circ}$ происходит 12 сентября, а 2 октября среднесуточная температура воздуха становится не выше $+5^{\circ}$ (Агроклиматические ресурсы..., 1971).

Погодные условия в годы исследований были различны как по тепло-, так и по влагообеспеченности, но характерными для условий Западной Сибири. Наибо-

лее благоприятные условия для вегетации козлятника восточного наблюдались в 2015-2016 г., начало вегетационного периода 2014 г. было довольно прохладным, с небольшим количеством осадков. Пик осадков наблюдался в июле, при этом температура воздуха была не высокой, сентябрь был прохладным и дождливым, а 2013 г. можно охарактеризовать избыточно влажным и холодным. Проведение исследований в различные по метеорологическим условиям годы позволило более полно изучить и оценить технологические приёмы использования козлятника восточного на корм в подтаёжной зоне Омской области (приложение А, таблицы А.2, А.3).

Среднесуточная температура воздуха в 2013-2016 гг. за вегетационный период изменялась от 12,8 до 20,2°C, при среднем многолетнем показателе 13,7°C. Осадков выпало (мм) за период май – сентябрь, в 2013 году – 316,2, в 2014 году – 217,9, в 2015 году – 353,2, в 2016 году – 273,4 при среднем показателе 272,0.

В целом по климатическим условиям период вегетации 2013 года был относительно благоприятным для появления всходов и развития растений первого года жизни козлятника восточного, это явилось следствием того, что за период с мая по август количество выпавших осадков было на 46 мм выше среднемноголетних, и они крайне не равномерно были распределены в течение вегетации, а также сумма положительных температур за вегетационный период была ниже среднемноголетних данных, в особенности в мае и июне.

Сентябрь характеризовался умеренно теплой погодой. В первой декаде средняя температура воздуха достигала – 13,4°C, во второй декаде – 6,8°C, в третьей декаде – 6,9°C. Среднемесячная температура составила 9,0°C.

Май 2013 года характеризовался преобладанием холодной погоды с обильными осадками. Средняя температура воздуха месяца 7,9°C, что на 1,8°C ниже нормы, сумма осадков 85 мм (на 46 мм выше среднемноголетних показателей), эти условия способствовали посевной работе. Сеять козлятник в условиях подтаёжной зоны необходимо в самые ранние сроки (II декада мая), однако из-за обильных дождей посевные работы пришлось на 27 мая 2013 года.

В июне преобладала холодная, сухая погода. Средняя температура первой декады $9,5^{\circ}\text{C}$, что ниже средне многолетней температуры на $4,6^{\circ}\text{C}$, а во второй и третьей декадах июня наблюдалось незначительное повышение температуры до $14,7^{\circ}\text{C}$. Месячная сумма осадков составила 35,6 мм, что на 25,4 мм ниже среднемноголетнего количества. Июль характеризовался выпадением большого количества осадков, что на 12,9 мм выше среднемноголетних показателей. Запасы продуктивной влаги в почве составили в слое 0-20 см 24,3 мм, в слое 0-100 см 103,5 мм. Средняя температура месяца $18,4^{\circ}\text{C}$, что на $0,2^{\circ}\text{C}$ выше среднемноголетней.

Метеорологические условия в годы проведения исследований сложились по-разному. Неблагоприятным по осадкам характеризовался 2014 год, за вегетационный период выпало 218 мм, при средней многолетней норме – 272 мм (рисунок 2, приложение А, таблица А.3). Причем все пять месяцев количество осадков было неравномерным. Запасы продуктивной влаги под растениями козлятника восточного составили в слое 0-100 см 95,8 мм. Среднемесячная температура воздуха в июне была ниже среднемноголетней на 2,2, а в остальные месяцы она была выше нормы на 1,0-3,5 $^{\circ}\text{C}$.

2015 год характеризовался достаточно теплым температурным режимом $+17,0^{\circ}\text{C}$ за период вегетации, май был очень теплым, в результате чего отрастание растений козлятника восточного пришлось на ранние сроки. Равномерная увлажненность по осадкам обеспечила дружное и динамичное появление молодых и сочных растительных побегов. Растения развивались хорошо и первый укос, можно было проводить в самые ранние сроки с 5 июня 2015 г. В целом за вегетационный период выпало 269,2 мм осадков, что близко к средним многолетним показателям (272,0 мм), увлажненность по месяцам была равномерная. Запасы продуктивной влаги под растениями составили 95,8 мм. Температурный режим так же был благоприятным, в среднем за вегетацию составил $14,8^{\circ}\text{C}$, что выше чем среднемноголетний показатель ($13,7^{\circ}\text{C}$).

В 2016 году была ранняя дружная весна, благодаря чему снег сошел быстро. Май был теплым и неравномерным по увлажненности. Вторая декада мая была на $6,4^{\circ}\text{C}$ теплее среднего многолетнего показателя. Осадков выпало на 0,9 мм меньше нормы, в конце месяца наблюдались обильные осадки. Июнь, июль и август выдались теплыми и достаточно увлажненными. Сентябрь можно охарактеризовать довольно теплым и сухим. Запасы продуктивной влаги под многолетними травами в слое 0-30 см – 25,8 мм, в слое 0-100 см – 99,1 мм.

Козлятник восточный, благодаря своему раннему отрастанию, быстро рос и развивался в первой половине вегетации, успешно переносил воздействие неблагоприятных условий в первой половине лета, т.к. корневая система достаточно глубоко проникает в почву, что позволяет в дальнейшем, за счет накопления мощной вегетативной массы эффективно использовать осадки второй половины лета.

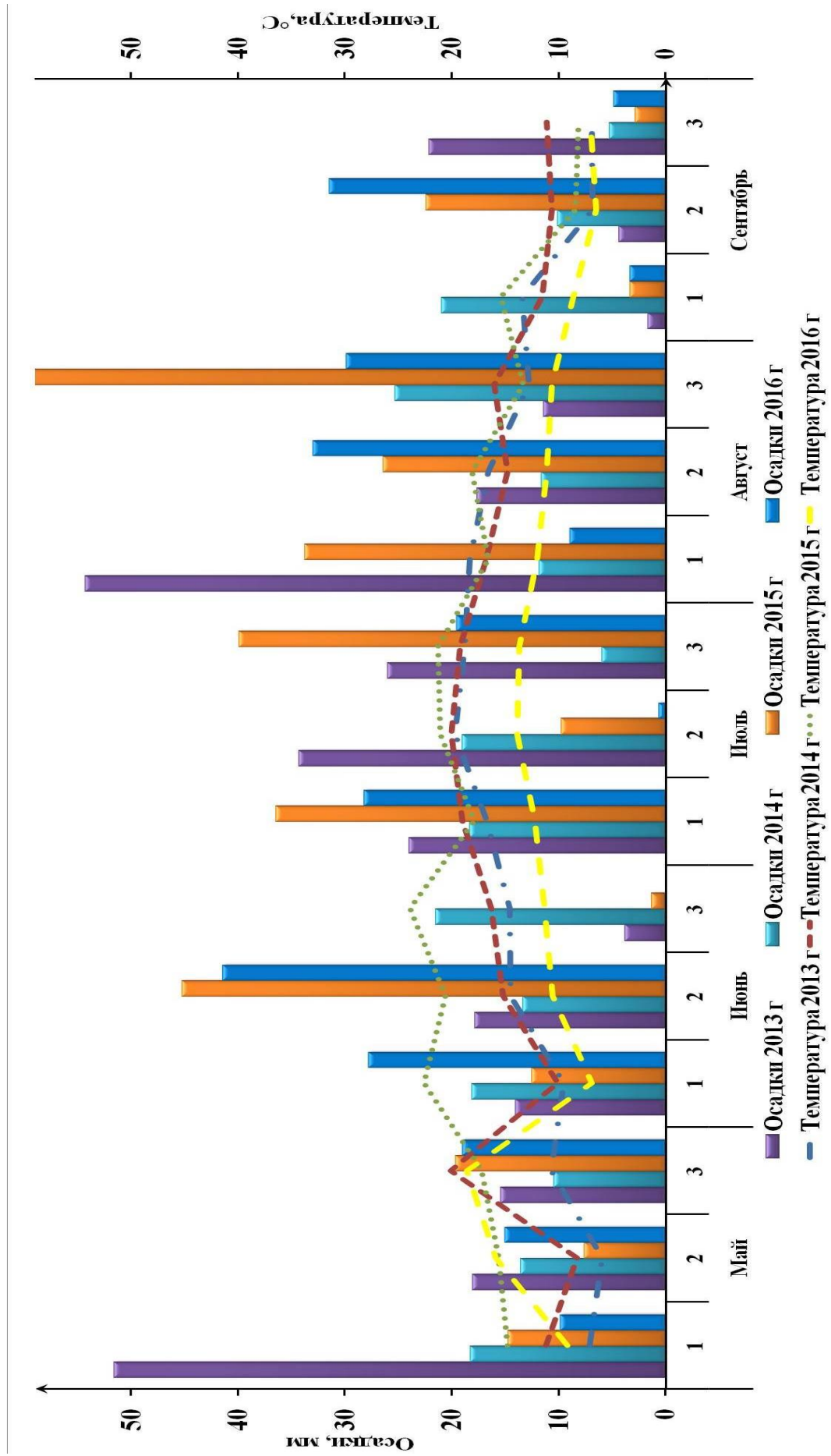


Рисунок 2 – Диаграмма агрометеорологических условий вегетационного периода за 2013-2016 гг.

2.3 Объекты, агротехника и методика проведения исследований

Объект исследования козлятник восточный, сорт «Гале».

Данный сорт характеризуется следующими признаками: кусты прямостоячие, высотой до 150 см, кустистость низкая, от 5 до 20 стеблей. Стебли среднегрубые, неопушенные, темно-зеленые, ветвистость хорошая. Листья непарноперистые, состоят из 9-15 листочков яйцевидной формы в нижнем ярусе и продолговато-яйцевидной в верхнем, облиственность 41,6 %. Соцветие – рыхлая прямостоячая кисть длиной 20-30 см. Цветки сине-фиолетовые. Бобы слабоизогнутые, шиловиднозаостренные, длиной 2-3,5 см, зеленовато-желто-коричневые. Твердосемянность достигает 36 %. Масса 1000 семян 5,5-9,0 г. Цветение обычно приходится на начало июня. В зависимости от погодных условий цветение продолжается 3-4 недели. Семена созревают в первой половине августа (Казанцев В.П., 2003).

Для проведения исследований по оптимизации и моделирования продуктивности козлятника восточного по методике диагностики ИСПРОД были заложены полевые опыты с удобрениями на серой лесной почве.

Схема опыта: 1. Контроль (без удобрений); 2. N₄₅; 3. N₄₅ P₁₈₀; 4. N₄₅ P₃₆₀; 5. N₄₅ P₅₄₀; 6. N₄₅ P₁₈₀ K₁₈₀; 7. N₄₅ P₃₆₀ K₁₈₀; 8. N₄₅ P₁₈₀ K₃₆₀.

Опыт заложен однофакторный. По схеме расположение делянок в опыте последовательное в один ярус, площадь одной делянки 16 м² (10 x 1,6 м). Всего было заложено 32 делянки. Повторность вариантов в опытах четырехкратная. Формы удобрений: карбамид (46,0%), суперфосфат двойной (46%), калий сернокислый (52%). Дозы удобрений для изучения выбраны согласно рекомендациям (Степанов А.Ф., 1987; Кшникаткина А.Н., 2001; Казанцев В.П., 2002; Кубарев В.А., 2005; Мязин Н.Г., 2009). Удобрения вносились в запас на ряд лет вперед. Дата посева 27.05.2013 г.

2.3.1 Методика проведения исследований

Учеты и наблюдения за ростом и развитием растений, отбор растительных образцов и уборке козлятника восточного были приурочены к основной фенологической фазе развития козлятника восточного (фаза цветения). Содержание сухого вещества определяли весовым методом. Перед посевом и весной в фазу отрастания отбирались почвенные образцы в слое 0-30 см.

В ходе вегетации проводили: а) отбор почвенных образцов для определения нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия; б) отбор растительных образцов для химической диагностики; в) для определения выноса элементов питания отбирали целые растения в фазу отрастания и перед уборкой на биомассу.

Урожай зелёной массы козлятника восточного учитывали при наступлении фазы бутонизация – цветения и уборку проводили методом сплошного учёта. Закладку опытов с удобрениями, все учёты, наблюдения проводили по общепринятым методикам (Митрофанов А.С., Новосёлов Ю.К., 1971; Доспехов Б.А., 1985; Пискунов А.С., 2004).

Аналитические работы выполнены на кафедре агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО Омский ГАУ. Химические анализы почвенных и растительных образцов проводились в ФГБУ САС «Тарская» (аккредитованная испытательная лаборатория по агрохимическому обслуживанию сельскохозяйственного производства, г. Тара. Аттестат № RA.RU.510086 выдан 26 декабря 2014 г.).

При проведении научно-исследовательской работы отбирали почвенные образцы с каждой делянки для определения содержания нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия, кислотности почвенного раствора и содержания органического вещества. Для определения в почве нитратного азота применяли ионометрический метод (ГОСТ 26951-86), аммонийный азот определялся фотометрическим методом (ГОСТ 26489-85). Гумус по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91); pH – с помощью солевой вытяжки, в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26483-85); подвижный фосфор и обменный калий – из одной вытяж-

ки по Кирсанову в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 54650-2011). Медь, марганец, кобальт в почве по методу Пейве и Ринькиса (ГОСТ Р 50684-94, 50682-94, 50687-94). Сера – в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26490-85). Бор – по методу Бергера и Труога в модификации ЦИНАО (ГОСТ 50688-94). Молибден – по методу Григга в модификации ЦИНАО (ГОСТ 50689-94). Цинк – по методу Крупской и Александровой (ГОСТ Р 50686-94).

Гигроскопическую влагу определяли методом высушивания в сушильном шкафу при температуре $105 \pm 2^\circ\text{C}$ (ГОСТ 27548-97). Сжигание растительных навесок проводили методом мокрого озоления по Пиневичу (катализатор перекись водорода); общий азот в полученном растворе определяли по Къельдалю (ГОСТ 51417-99); фосфор фотометрическим методом (ГОСТ 26657-97); калий – на пламенном фотометре (ГОСТ 30504-97); сырую золу – методом озоления при температуре $450-500^\circ\text{C}$ (ГОСТ 26226-95). Содержание валовых макроэлементов в растениях выражено в процентах, минеральные формы питательных веществ – мг/кг при пересчете на элементы. Расчет питательности сухой массы козлятника восточного проводили на основании данных зоотехнического анализа, кормовые единицы и обменную энергию по ГОСТу 4808-87 (1991). Расчет биоэнергетической и экономической эффективности применения минеральных удобрений под козлятник восточный – согласно рекомендациям Ю.И. Ермохин, А.Ф. Неклюдова (1994). Обработку данных проводили методом дисперсионного и корреляционного анализов (Доспехов Б.А., 1985) с использованием специализированных пакетов статистических программ для персонального компьютера.

Коэффициенты действия удобрений определяли по формуле:

$$K_d = \mathcal{E}_0 / \mathcal{E}_f$$

где $\mathcal{E}_0$, $\mathcal{E}_f$ – оптимальное и фактическое содержание элементов питания в почве и растениях.

2.3.2 Агротехника в опыте

Агротехника выращивания козлятника восточного соответствует «Интенсивной технологии» (Степанов А.Ф., 1992, 1996; Храмцов И.Ф., 1997; Казанцев В.П. 2002).

Место в севообороте. Предшественник – чистый пар. Травостой козлятника размещались на внесевооборотных полях. Участок ровный по рельефу, без значительных блюдцеобразных понижений, где исключается возможность застоя талых и дождевых вод, т.к. козлятник не выносит (более 25-30 дней) избыточного увлажнения.

Основная обработка почвы. В качестве основной обработки почвы применяли зяблевую вспашку, которая способствует получению высоких урожаев зеленой массы. Для вспашки зяби применяли плуг ПЛН-3-35 в агрегате с трактором МТЗ-82. Вспашку проводили на глубину пахотного слоя 18-20 см.

Предпосевная обработка почвы. Предпосевная обработка почвы начиналась с ранневесеннего закрытия влаги боронованием (I декада мая) зубовыми боронами БЗСС-1,0 на глубину до 3-4 см. Перед посевом почву обрабатывали культиватором КПС-4 на глубину 4-5 см после чего проводили прикатывание кольчато-шпоровыми катками ЗККШ-6. Предпосевное прикатывание уплотняет рыхлый слой почвы, в который равномерно заделываются семена на нужную глубину, обеспечивает появление равномерных, дружных всходов, устраняет многоярусность созревания и повышает урожай. Основным условием предпосевной обработки почвы является недопущение разрыва между культивацией, прикатыванием и посевом.

Посев. Значительное влияние на развитие растений козлятника восточного оказывает срок посева. Растения ранних сроков посева оказываются в лучших условиях роста и развития, отличаются повышенной устойчивостью к вредителям и болезням, развиваются более интенсивно и к концу вегетации уходят под зиму, крепкими и здоровыми растениями. Посев проводили 27 мая сеялкой СН-16 на глубину 2-3 см, рядовым способом с междурядьями 15 см. При прогревании почвы на глубине заделки семян до 7-8°C. Норма высева составила 4 млн/га всхожих семян.

Уход за посевами. Своевременный уход за посевами первого года жизни трав способствует появлению дружных всходов козлятника восточного и его смесей. При образовании почвенной корки она разрушается путем прикатывания кольчатыми катками. Дальнейший уход за всходами трав состоял в подкашивании сорняков в июле и сентябре на высоту среза 12-15 см. В последующие годы жизни посевов ежегодно весной проводили боронование с целью уборки старики.

3 ДИАГНОСТИКА ПОТРЕБНОСТИ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО В УДОБРЕНИЯХ НА ОСНОВЕ ПОЛЕВОГО ОПЫТА

*«Один опыт я ставлю выше, чем тысячу
мнений рожденных только воображением» (Ломоносов М.В., 1739 г.)*

На современном этапе развития сельского хозяйства наиболее актуальным является комплексный подход к решению вопроса воспроизводства плодородия почв, увеличения урожайности сельскохозяйственных культур и повышения качества производимой продукции, где ведущее место принадлежит химизации. Основными средствами химизации является применение минеральных удобрений, мелиорантов, регуляторов роста, пестицидов и других приемов химизации, применяемых с учетом планируемой урожайности и биологических особенностей возделываемых культур в данной зоне. Однако необходимо помнить, что только правильное применение удобрений может дать положительные результаты. Для этого необходимо знать, как действуют различные виды и сочетания удобрений в определенных почвенно-климатических и агротехнических условиях. Основным средством изучения данных вопросов являются научно обоснованные эксперименты в виде различных опытов. С этой целью широко используются полевые опыты. Полевой опыт является связующим звеном между теоретическими и практическими исследованиями, позволяющий установить взаимосвязь между урожаем растений и средствами воздействующими на него.

Такой комплексный подход к проблеме удобрения возделываемых сельскохозяйственных растений применялся в данной научно-исследовательской работе. В результате четырехлетних исследований с удобрениями козлятника восточного на серых лесных почвах, при различных погодных условиях выявили основные закономерности в действии различных доз и сочетаний минеральных удобрений на его продуктивность. Данные таблицы 4 позволяют сделать выводы о высокой отзывчивости козлятника восточного на применение минеральных удобрений.

Таблица 4 – Урожайность зеленой массы козлятника восточного (2013-2016 гг.)

Варианты опыта	2013	2014		2015		2016		Средняя урожайность, т/га	Прибавка зел. массы		Сумма урожайности, т/га	Прибавка зел. массы	
		1 укос	сумма ур-ти, т/га	1 укос	сумма ур-ти, т/га	1 укос	сумма ур-ти, т/га		т/га	%		т/га	%
		2 укос		2 укос		2 укос							
Контроль (без уд.)	2,4	13,4 8,9	22,3	17,0 13,6	30,6	22,1 19,3	41,4	24,2	-	-	96,7	-	-
N ₄₅	3,4	14,4 9,8	24,2	18,2 14,8	33,0	25,8 23,4	49,3	27,5	3,3	12,0	109,9	13,2	13,6
N ₄₅ P ₁₈₀	3,9	14,9 10,3	25,2	24,1 20,8	44,9	31,8 25,5	57,3	32,8	8,6	26,2	131,3	34,6	35,8
N ₄₅ P ₃₆₀	3,8	14,5 9,9	24,4	24,2 20,8	45,0	31,94 29,11	61,1	33,6	9,4	27,9	134,3	37,6	38,9
N ₄₅ P ₅₄₀	3,8	14,8 10,3	25,1	18,5 15,8	34,3	26,27 25,25	51,52	28,7	4,5	15,7	114,7	18,0	18,6
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	4,3	15,7 11,4	27,1	17,3 13,9	31,2	28,57 29,36	57,93	30,1	5,9	19,6	120,5	23,8	24,6
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	5,9	15,9 11,2	27,1	21,2 17,8	39,0	30,1 29,3	59,4	32,9	8,7	26,4	131,4	34,7	35,9
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	9,0	16,1 11,7	27,8	22,7 19,3	42,0	32,23 31,03	63,26	35,5	11,3	31,8	142,1	45,4	46,9
НСП ₀₅	0,55	0,5 0,5	0,5	0,8 0,7	0,7	1,0 0,6	0,8	0,6	-	-	2,55	-	-

Исследования показали, что урожайность козлятника восточного зависит от дозы и соотношения внесенных удобрений в почву до посева, возраста культуры и от погодных условий.

Максимальная урожайность козлятника восточного (142,1 т/га) за четыре укоса 2013-2016 гг., год действия и три года последействия удобрений была получена при внесении минеральных удобрений в сочетании $N_{45}P_{180}K_{360}$ (1:4:8), что на 46,9 % выше контрольного варианта (таблица 4).

По другим вариантам внесенные удобрения тоже обеспечили прирост урожая козлятника восточного по сравнению с контролем. В сумме за 2013-2016 гг. прибавки зеленой массы составили от 13,2 (вариант N_{45}) до 45,4 т (вариант $N_{45}P_{180}K_{360}$).

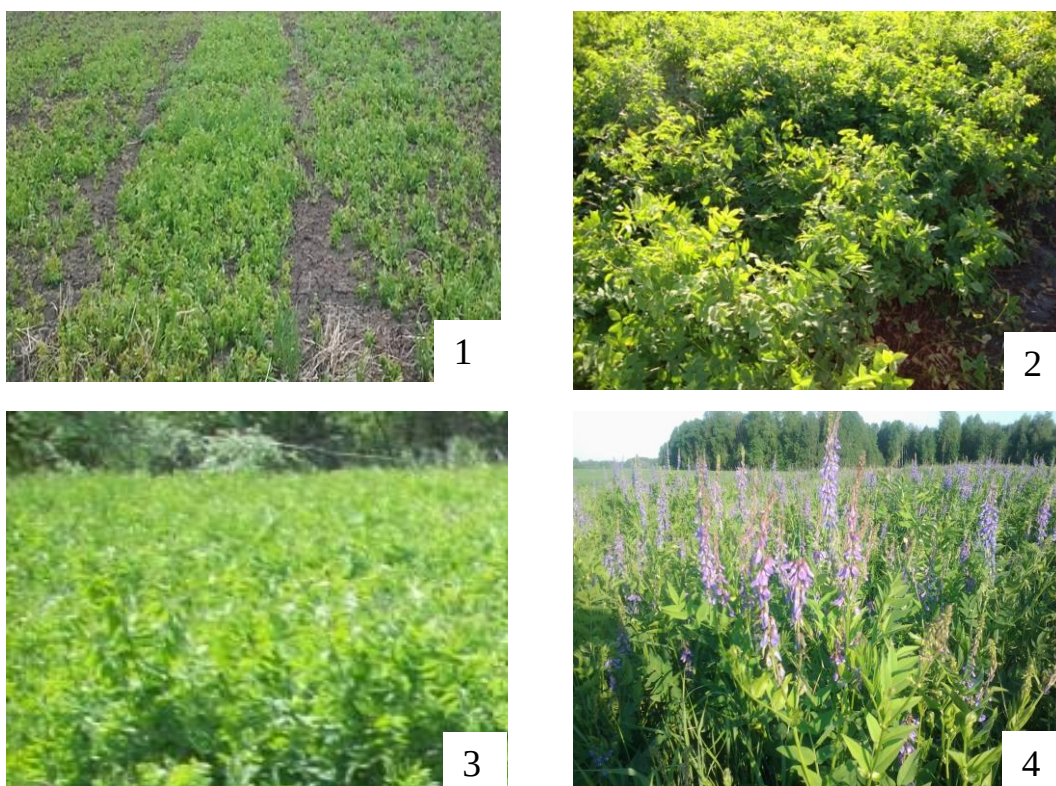


Рисунок 3 – Развитие травостоя козлятника восточного за период вегетации отчетного 2016 г.: 1 – фаза отрастания (28 апреля); 2 – фаза стеблевания (20 мая); 3 – фаза бутонизации (30 мая); 4 – фаза цветения (5 июня)

В ходе наблюдений, сопоставляя урожайные данные за 4 года, следует отметить их резкие отличия: в 2014 г. урожайность козлятника восточного была выше по сравнению с урожаем 2013 г. (от 2,4 до 9,0 т/га). Это объясняется тем, что в первый год посева растения развивались медленно, в результате чего был получен один укос. Во второй год жизни (2014 г.) растения хорошо укоренились и благополучно перезимовали, что сразу сказалось на формировании более высокого урожая (22,3-27,8 т/га) по сравнению с первым годом жизни. На третий год жизни отрастание растения отмечено в первой декаде мая (8 мая), из-за продолжительного снеготаяния. Период первого укоса пришелся на 5 июня 2015 г. Урожайность в целом составила от 30,6 до 45,0 т/га зеленой массы козлятника восточного.

Отрастание козлятника четвертого года жизни отмечалось 28-30 апреля, что на 9-10 суток раньше, чем в 2014-2015 гг. Фазы стеблевания (24-25 мая) травостой достигал через 28-30 суток с момента весеннего отрастания, бутонизация и цветения – в первой декаде июня, длилась 20 суток, первый укос проводили 5 июня (рисунок 3).

В результате улучшения условий питания козлятника восточного на серой лесной почве путем применения минеральных удобрений обеспечило получение прибавок урожая зеленой массы на 13,6-46,9% соответственно (таблица 4).

Наибольшая урожайность зелёной массы в фазу бутонизация-цветение на фоне минеральных удобрений формировалась при первом укосе, наименьшая при втором укосе. Подобные различия так же наблюдаются и по годам исследований (таблица 4). В сумме за первый и второй укосы наибольшая урожайность за четыре года была получена на фоне $N_{45}P_{180}K_{360}$ – 142,1 т/га. Наименьшая урожайность 96,7 т/га (в 1,5 раза) отмечена в контрольном варианте, где минеральные удобрения не применялись.

Опираясь на содержание элементов питания в почве по годам необходимо отметить, что почва опытного участка относится к группе с низким содержанием гумуса, средним содержанием фосфора и низким калия. В зависимости от года жизни и периода укоса растений отмечались небольшие изменения содержания

элементов питания в почве. Подобные изменения содержания элементов питания в почве можно наблюдать в варианте где минеральные удобрения не вносились (таблица 5, приложение Б, таблица Б.1).

Таблица 5 – Содержание элементов питания в слое почвы 0-30 см почвы, мг/кг

Год исследования	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
2013	9,20	76,00	63,50
2014	9,10	74,80	62,20
2015	9,00	74,80	63,30
2016	10,6	76,20	64,70
В среднем:	9,50	75,40	63,40

Применение фосфорных удобрений в дозе от 180 до 360 кг/га, на фоне N₄₅ способствовало формированию более высокой урожайности биомассы козлятника восточного в сумме за 4 года жизни, прибавка к контролю изменялась от 13,2 (13,6%) до 37,6 т/га (38,9%). Урожайность козлятника восточного при внесении P₁₈₀ составила – 131,3 т/га, окупаемость каждого кг удобрений урожаем 153,78 килограмма к контролю и к фосфорному фону 95,11 килограмм (таблица 6).

Применение калийных удобрений в пределах 180 и 360 кг/га на фоне азотно-фосфорных увеличивало урожайность биомассы культуры от 34,6 до 45,4 т/га по сравнению с не удобренным вариантом.

Окупаемость каждого килограмма внесенного калийного удобрения при сочетании доз N₄₅P₁₈₀K₃₆₀, по сравнению с контролем, составила 77,61 килограмм, по фону K₃₆₀ – 18,46 килограмм урожайности зелёной массы. В вариантах с применением калийных удобрений урожайность изменялась в пределах от 131,3 до 142,1 т/га в сумме за 2013-2016 гг.

По другим вариантам внесенные удобрения тоже обеспечили прирост урожая козлятника восточного, по сравнению с контролем. Прибавки составили в сумме за 4 года жизни (с 2013 по 2016 гг.) от 13,6 до 45,4 тонн биомассы с одного гектара.

Таблица 6 – Влияние минеральных удобрений на урожайность зеленой массы козлятника восточного (2013-2016 гг.)

Варианты опыта		Сумма урожайности зел. массы, т/га	Прибавка зел. массы к контролю		Прибавка зел. массы к фону		Окупаемость 1 кг д.в. удобрений урожаем зел. массы, кг	
			т/га	%	т/га	%	к контролю	к фону
Эффективность фосфорных удобрений								
Контроль		96,7	-	-	-	-	-	-
N ₄₅	P ₀	109,9	13,2	13,6	-	-	293,33	-
	P ₁₈₀	131,3	34,6	35,8	21,4	16,30	153,78	95,11
	P ₃₆₀	134,3	37,6	38,9	24,4	18,17	92,84	60,25
	P ₅₄₀	114,7	18,0	18,6	4,8	4,18	30,77	8,21
	HCP ₀₅	4,61	-	-	-	-	-	-
Эффективность калийных удобрений								
Контроль		96,7	-	-	-	-	-	-
N ₄₅ P ₁₈₀	K ₀	131,3	34,6	35,8	-	-	153,78	-
	K ₁₈₀	131,4	34,7	35,9	0	0,00	85,68	0,00
	K ₃₆₀	142,1	45,4	46,9	10,8	7,60	77,61	18,46
	HCP ₀₅	1,59	-	-	-	-	-	-

Как показывают экспериментальные данные с применением удобрений, на серой лесной почве козлятник восточный хорошо реагирует на фосфорные и калийные минеральные удобрения, применяемые в основное внесение. Об этом свидетельствует и установленная высокая функциональная зависимость урожайности зеленой массы козлятника (Y , т/га) от доз вносимых (от низких до оптимальных) фосфорных (X_1 , кг д.в./га) и калийных (X_2 , кг д.в./га) минеральных удобрений в почву [уравнение (1, 2)]:

$$Y_1 = 0,068X_1 + 119,1; r = 0,84 \quad (1)$$

$$Y_2 = 0,030X_2 + 134,9. r = 0,76 \quad (2)$$

Из уравнения следует, что коэффициент интенсивности действия (на фоне N₄₅) единицы поступившего фосфора («b₁») и калия удобрений (на фоне N₄₅P₁₈₀) («b₂») в почву (кг д.в./га) на формирование величины урожая зеленой массы козлятника восточного составляет 0,068 и 0,030 т/га соответственно. Полученный нормативный показатель эффективности фосфорных («b₁») и калийных удобре-

ний («b₂») позволяет на серых лесных почвах применять конкретные дозы удобрений на планирование прибавки урожая зеленой массы козлятника восточного. Зная, что для получения 1 т/га зеленой массы козлятника восточного требуется 14,7 (1/0,068) кг действующего вещества фосфора и 33,3 (1/0,03) кг действующего вещества калия, прибавку урожая можно рассчитать по формуле:

от фосфорного удобрения:

$$П = \frac{P_{180}}{14,7} = 12,2 \text{ т/га.} \quad (3)$$

$$\text{от калийного удобрения:} \quad П = \frac{K_{360}}{33,3} = 10,8 \text{ т/га.} \quad (4)$$

Р, К – доза внесения фосфора или калия, кг д.в./га;

Знания планируемой прибавки урожая (П, т/га) по фосфору 12,2, по калию 10,8 т/га и коэффициента интенсивности действия фосфора (b₁=0,068 т/га) и калия (b₂=0,030 т/га) на формирование урожая биомассы, позволяют спрогнозировать дозы применения под козлятник восточный удобрений по формулам 5 и 6:

$$P_2O_5 \text{ кг/га} = \frac{П, \text{ т/га}}{\ll b_1 \gg}, \quad (5) \quad K_2O \text{ кг/га} = \frac{П, \text{ т/га}}{\ll b_2 \gg}. \quad (6)$$

Например: при планировании прибавки зеленой массы козлятника восточного – 12,2 т/га по фосфору и 10,8 т/га по калию, дозы вносимых минеральных удобрений составят:

$$P_2O_5 \text{ кг/га} = \frac{12,2}{0,068} = 180 \text{ кг/га}, \quad K_2O \text{ кг/га} = \frac{10,8}{0,030} = 360 \text{ кг/га}.$$

В проводимых полевых опытах фактические прибавки урожая зеленой массы козлятника восточного 12,2 и 10,8 т/га можно получить от доз фосфорных и соответственно калийных удобрений внесенных в количестве 180 и 360 кг д.в./га. Однако дальнейшее увеличение дозы фосфора до 540 кг/д.в. на фоне N₄₅ существенной прибавки не дает, следует учитывать взаимодействия с другими удобрениями, исходя из химического состава почвы.

Расчет доз удобрений на основе полевых опытов.

Дозы вносимых удобрений под сельскохозяйственные культуры (Д) зависят от ряда факторов и, в первую очередь, являются функцией химического состава почвы (Х_п) [Д = f · Х_п]. Зависимость между дозой удобрений и элементами

питания в почве обратная и практически ее можно принять линейной (Ермохин Ю.И., Кочергин А.Е., 1983; Ермохин Ю.И., 1995), следовательно, чем выше величина азота, фосфора и калия в почве, тем ниже дозы внесения удобрений.

Математически это выражается формулой:

$$D_0 \cdot X_0 = D_n \cdot X_n, \quad (7)$$

отсюда:
$$D_n = \frac{D_0 \cdot X_0}{X_n}. \quad (8)$$

где D_0 – установленная оптимальная доза питательных веществ удобрений в кг д.в./га, при фактическом содержании их в почве (X_0), мг/кг; D_n – прогнозируемая доза азота, фосфора и калия удобрений, кг/га, в зависимости от содержания элементов питания в почве мг/кг (X_n).

Содержание элементов питания в слое почвы 0-30 см в период начала проведения исследований составляло N-NO₃ – 9,5, подвижного фосфора – 75,4 и обменного калия – 63,4 мг/кг. Основываясь на наилучшем варианте полевого опыта (в среднем за 2013-2016 гг.) с удобрениями N₄₅P₁₈₀K₃₆₀, где средняя прибавка урожая биомассы козлятника восточного была получена наиболее высокая 11,3 т/га при содержании выше указанных элементов питания в почве, нами предлагаются следующие формулы (9-11) расчета доз удобрений, кг/га:

$$D_N = (45 \cdot 9,5) / \text{N-NO}_3 \text{ мг/кг} = 427,5 / \text{N-NO}_3 \text{ мг/кг}; \quad (9)$$

$$D_{P_{2O_5}} = (180 \cdot 75,4) / P_{2O_5} \text{ мг/кг} = 13572,0 / P_{2O_5} \text{ мг/кг}; \quad (10)$$

$$D_{K_2O} = (360 \cdot 63,4) / K_2O \text{ мг/кг} = 22824 / K_2O \text{ мг/кг}. \quad (11)$$

Таким образом, на основе проведенных экспериментов с удобрениями были предложены простые формулы для расчета доз применения удобрений под козлятник восточный, с учетом фактического содержания доступных элементов в почве, которые позволяют отойти от простого эмпиризма с применением удобрений и ориентироваться на конкретные дозы удобрений (Ермохин Ю.И., 1999, 2014).

4 ДИАГНОСТИКА ПОТРЕБНОСТИ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО В УДОБРЕНИЯХ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОЧВЫ

*«Питательные вещества, доставляемые растению из воздуха, всегда одни и те же и никогда не могут иссякнуть. Совершенно иное содержание их в почве. Если ничего не делается для пополнения этих последних, то почва, лишаясь их с каждым урожаем должна оскудеть»
(Менделеев Д.И., 1880 г.)*

С целью высокоэффективного использования ограниченных ресурсов минеральных удобрений, для повышения почвенного плодородия и формирования высокой продуктивности и качества урожая следует применять различные оперативные методы диагностики питания растений и эффективности применения удобрений. К одним из таких самых распространенных методов относится химический анализ почвы, который позволяет определять фактические запасы доступных для растений форм минерального азота, содержание подвижных соединений фосфора, обменного калия и других элементов в прикорневом слое растений. По результатам химического анализа почвы, с использованием методов математического моделирования, устанавливают способность почв удовлетворять потребность растений в питательных веществах и на основе полученных данных дорабатываются основные принципы почвенной диагностики (Ермохин Ю.И., 1995).

В опыте по изучению влияния различных доз и сочетаний минеральных удобрений на рост и развитие козлятника восточного проводилось исследование почв по динамике содержания элементов питания в почве.

В ходе разработки почвенной диагностики эффективности применения удобрений, была поставлена задача по выявлению действия азота, фосфора, калия минеральных удобрений внесенных в почву. Методом математического моделирования прямой и обратной (ответной) связи в системе: «удобрение (X кг/га) ↔ почвы (Y, мг/кг)» выявить коэффициенты интенсивного действия единицы азота, фосфора, калия удобрений на химический состав («bx/y», мг/кг) почвы. Свя-

зять конкретный результат с действующими величинами внесенных удобрений. На основе выявленных математических моделей связи в триаде «удобрение↔почва↔растение» (как единое целое), ниже в подразделе 4.1, предложены параметры обеспеченности козлятника восточного за счёт элементов питания почвы.

4.1 Прогнозирование содержания NPK в серой лесной почве на основе математического моделирования системы «почва↔удобрение»

Известно, что продуктивность растений зависит от уровня содержания доступных форм элементов питания в почве, который можно повысить с помощью применения минеральных удобрений. Несмотря на то, что содержания элементов питания в почве сильно варьируют, многими авторами отмечалось, что наблюдается четкая зависимость между концентрацией растворимых элементов в почве и дозами применяемых удобрений в различных почвенных зонах (Прянишников Д.Н. и его школа, 1950, 1952; Гинсбург В.Л., 1963; Магницкий К.Н., 1972; Журбицкий З.И., 1963; Соколов А.В., 1960; Церлинг В.В., 1978; Кочергин А.Е., 1972; Петербургский А.В., 1979; Ермохин Ю.И., 1983, 1991, 1995, 2005, 2014).

В таблице 7 показана математическая зависимость содержания подвижного фосфора в серой лесной почве слоя 0-30 см (U_p , мг/кг) в результате применения вносимых доз фосфорных удобрений (X , кг д.в./га).

Таблица 7 – Зависимость содержания подвижного фосфора (U_p мг/кг) в почве от вносимых доз фосфорных удобрений (X кг д.в./га)

Варианты опыта	Доза P_2O_5 (X , кг/га)	Содержание в почве P_2O_5 , мг/кг			Уравнение регрессии	« b_p »
		фактическое	прогноз	ошибка прогноза, %		
$N_{45}P_0$	-	87,9	-	-	$U_p = 0,131 \cdot X + 92,7$ $r = 0,96 (12)$	0,131
$N_{45}P_{180}$	180	125,6	116,3	7,4		
$N_{45}P_{360}$	360	135,9	139,9	2,9		
$N_{45}P_{540}$	540	162,9	163,4	0,3		

Математическая обработка опытных данных, полученных в полевом опыте с удобрениями (таблица 7) 2013-2016 гг., дала возможность установить, а затем выявить через уравнения регрессии зависимость содержания подвижного P_2O_5 в почве от доз вносимых фосфорных удобрений (рисунок 4; приложение Б, таблица Б.1).

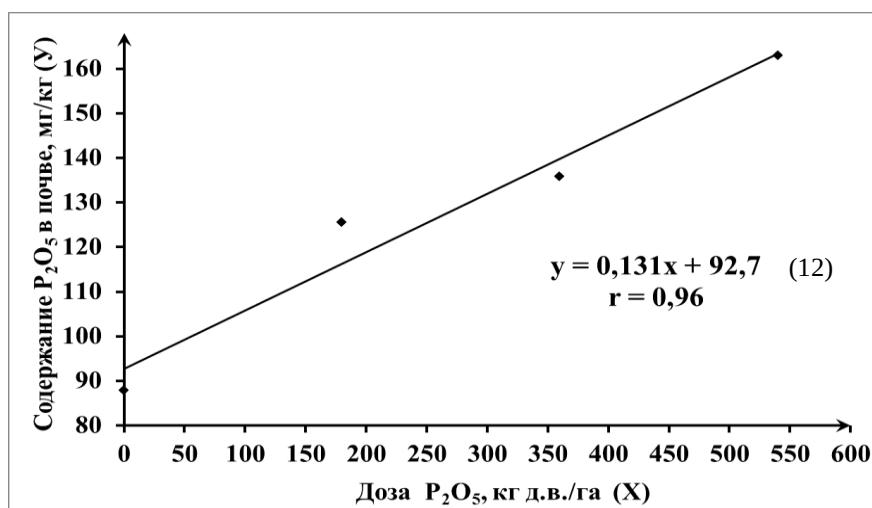


Рисунок 4 – Влияние доз P_2O_5 удобрений (X кг д.в./га) на содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-30 см (Y мг/кг почвы)

Данная связь характеризуется высоким коэффициентом корреляции ($r = 0,96$), что указывает на сильную зависимость содержания подвижного фосфора в почве ($Y_{P_2O_5}$, мг/кг) от доз вносимых фосфорных удобрений ($X_{P_2O_5}$ кг/га).

Полученное уравнение (12), показывает, что применение одного кг P_2O_5 (X) в дозах 180, 360, 540 кг/га удобрений увеличивает содержания подвижного фосфора в почве (“b” x/y) на 0,131 мг/кг.

Располагая коэффициентом интенсивного действия ($b_p = 0,131$ мг/кг), можно рассчитать фактическое содержание P_2O_5 в почве (мг/кг) от уровня внесения фосфорных удобрений по формуле 13:

$$C_{P_2O_5}, \text{ мг/кг} = C_1 + D \cdot \langle b_p \rangle \quad (13)$$

где C_1 – содержание P_2O_5 в слое почвы до внесения удобрений, мг/кг;

C – содержание P_2O_5 в почве после внесения дозы удобрения (D, кг/га), мг/кг;

“ b_p ” – коэффициент интенсивности действия единицы внесенного удобрения д.в./га на содержание в почве, мг/кг.

В таблице 7 показаны математические связи влияния удобрений на химический состав почвы (уравнение 12). На основе уравнений регрессии 12 представляется возможность прогнозировать уровень содержания подвижного фосфора в почве при поступлении его с удобрениями. Ошибка прогноза содержания P_2O_5 в почве по сравнению с фактическими величинами составляла в пределах 0,3-7,4 %.

Таким образом, применений фосфорных удобрений положительно сказывается на пополнение доступного P_2O_5 для растений данного элемента в почве и улучшает условия произрастания растений, что позволяет прогнозировать фосфорное питание, управлять эффективным плодородием и планировать величину урожая культуры.

Исследования полевых опытов с удобрениями и лабораторных химических анализов серых лесных почв показали, что наилучшими дозами и сочетаниями удобрений на формировании величины урожая козлятника восточного являются соотношения N:P:K, равных 1:4:8 (с шагом класса 45 кг д.в./га). Данные характеризующие взаимосвязь в системе «фосфор удобрений – обменный калий в почве» представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Взаимосвязь применяемых доз P_2O_5 удобрений (X кг д.в.) с содержанием в почве обменного K_2O (Y мг/кг) (2013-2016 гг.)

Варианты опыта	Доза P_2O_5 , кг д.в./га	Содержание K_2O , мг/кг		Уравнение регрессии
		фактическое	прогноз (уравнение 14)	
$N_{45} P_0$	0	68,40	-	$y=0,024x + 68,90$ мг/кг (14) $r=0,98$
$N_{45} P_{180}$	180	74,20	73,2	
$N_{45} P_{360}$	360	76,80	77,5	
$N_{45} P_{540}$	540	81,70	81,9	

При комплексном применении азотно-фосфорно-калийных удобрений в почву возникают так называемые антагонистические или синергетические действия между внесенными и сопутствующими элементами, находящиеся в почвенном поглощающем комплексе. Давно известны антагонистические действия калийных удобрений на такие макроэлементы в почве как: Ca, Mg, Na. Хотя исчерпываю-

щие объяснения и действительные причины, отмечает А. Вуазен (1964), этого антагонизма до сих пор не ясны. В наших исследованиях применение фосфорных удобрений положительно влияло на содержание обменного калия в почве (рисунок 5, уравнение 14).

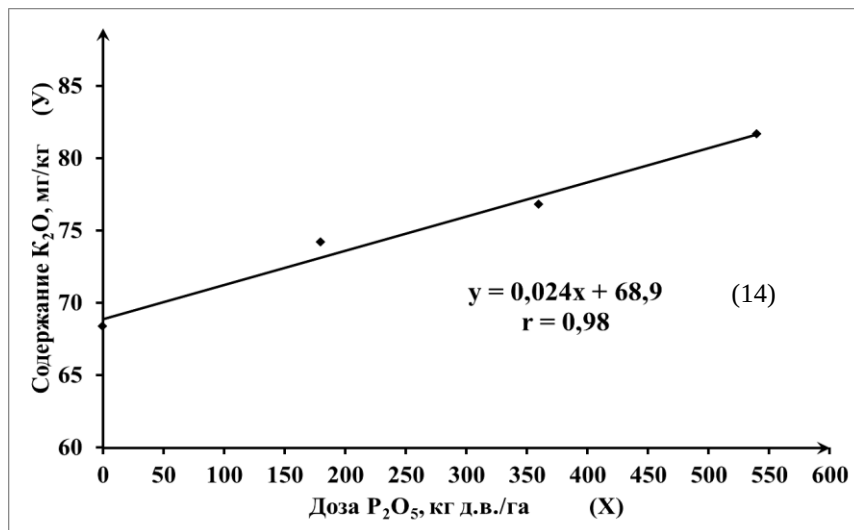


Рисунок 5 – Математическое моделирование связи между применением фосфорных удобрений (X, д.в./га) и содержанием K_2O мг/кг почвы (Y)

Метод математического моделирования в системе «фосфор удобрений – обменный калий в почве» позволяет установить высокий коэффициент корреляции связи ($r=0,98$), который характеризуется уравнением (14).

Согласно данного уравнения (14) можно сделать вывод, каждый килограмм внесенного P_2O_5 /га увеличивает содержание обменного калия в слое почвы 0-30 см на 0,024 мг/кг. Следовательно, увеличение содержания K_2O в почве до 1 мг/кг возможно при внесении в серую лесную почву 41,7 кг P_2O_5 удобрений.

Таким образом, между уровнем внесения доз фосфорных удобрений и содержанием фосфора в почве (см. уравнение 12) и обменного калия (уравнение 14) существует определенное равновесие между фосфором и калием почвы, объединяющего закон минимума и закон максимума. В самом деле, (отмечал в своей работе А. Вуазен, 1964) недостаток одного элемента в почве (в данном случае подвижного фосфора) вызывает недостаток другого, в то же самое время, внесение фосфора, увеличивает содержание другого элемента (калия). Следовательно, по-

являются новые научные принципы применения удобрений, в виде синергизма и антагонизма действия макроэлементов, которые следует учитывать (Буазен А., 1964; Ермохин Ю.И., Синдирева А.В., 2002).

В результате вносимые минеральные удобрения положительно влияют на содержание элементов в почве и этим самым изменяют условия минерального питания и продуктивность растений.

Как известно, фосфор хорошо влияет на развитие корневой системы, улучшает ее ветвистость, в результате на корнях больше образуется клубеньковых бактерий, что приводит к увеличению содержания в почве нитратного азота (таблица 9, уравнение 15 и приложение Б, таблица Б.1.).

Исследованиями 2013-2016 гг. с удобрениями козлятника восточного было выявлено, что на серых лесных почвах средней обеспеченности растений элементами питания, внесение одного азота в дозе N_{45} под козлятник способствовало увеличению $N-NO_3$ в слое 0-30 см на 1,4 мг/кг (на 14,8%), фосфора на 12,5 мг/кг (16,6 %), калия на 5,0 мг/кг (7,9%) (таблица 9).

Таблица 9 – Влияние азотных удобрений, внесенных в серую лесную почву на содержание подвижного фосфора и обменного калия в слое почвы 0-30 см, мг/кг (2013-2016 гг.)

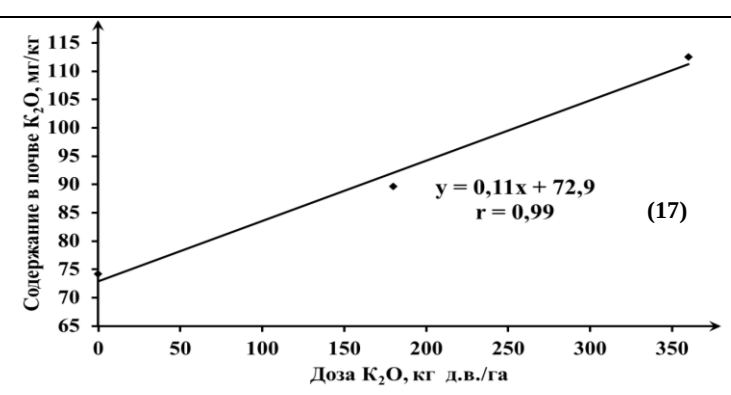
Варианты опыта	Содержание $N-NO_3$, мг/кг	Содержание в почве, мг/кг				Уравнение Y , мг/кг
		P_2O_5	K_2O	bp	bk	
Контроль	9,5 (+/-0,05)	75,4	63,4	0,270	0,111	$Y_{P_2O_5}=0,270 \cdot N_{кг}+75,4$ (15)
N_{45}	10,9 (+/-0,05)	87,9	68,4			$Y_{K_2O}=0,111 \cdot N_{кг}+63,4$ (16)

Эти аналитические данные показывают, что каждый килограмм внесенного азота в серую лесную почву в дозе N_{45} увеличивал содержания подвижного P_2O_5 на 0,270, а обменного K_2O на 0,111 мг/кг (уравнения 15 и 16). Согласно данных уравнений (15 и 16) можно прогнозировать содержание фосфора (87,9), и K_2O – (68,4) мг/кг в почве, что соответствует фактическому химическому составу почвы при внесении N_{45} (таблица 9).

Исследованиями отмечается, что при одновременном внесении азотно-фосфорно-калийных удобрений в серую лесную почву под козлятник восточный происходит взаимовлияние (синергизм по А. Вуазен, 1964 г.) на уровень содержания данных элементов от применения удобрений.

При низком уровне содержания обменного калия в серой лесной почве и сравнительно высоком уровне применения доз калийных удобрений под кормовую культуру козлятник восточный (дозы K_{180} и K_{360}) возникла необходимость установить содержания обменного K_2O в почве от внесенных удобрений в виде нормативных количественных характеристик ($b_{x/y}$) – таблица 10.

Таблица 10 – Зависимость содержания обменного K_2O в почве (Y , мг/кг) при внесении калийных удобрений (X , кг д.в. K_2O) (в среднем за 2013-2016 гг.)

Варианты опыта	Доза K_2O , кг д.в./га	K_2O , мг/кг	Графическое изображение коэффициента корреляции и уравнение регрессии
$N_{45} P_{180}$	0	74,2	
$N_{45} P_{180} K_{180}$	180	89,6	
$N_{45} P_{180} K_{360}$	360	112,5	

Данные таблицы 10 показывают, что в результате математического моделирования связи в системе « K_2O удобрений → калий почвы» получен высокий коэффициент корреляции ($r = 0.99\%$) и уравнение регрессии (17), которое показывает, что с внесением 1 кг д.в. калийного удобрения содержание обменного калия в слое почвы 0-30 см увеличится на 0,110 мг/кг (« b_K »).

Исследования, проведенные в 2013-2016 гг. дали возможность получить математические модели, отображающие зависимость содержания элементов питания в почве от доз вносимых удобрений, которые позволяют связать идентификацию ответной реакции серой лесной почвы на введение элементов (в виде удобрений)

в почву. Использование метода обратной связи в системе «удобрение – почва» позволяет оценить фактическое содержание элементов почвы и выбора путей оптимизации внесения доз удобрений и влияния их на химический состав почвы (b_N ; $b_{P_2O_5}$; b_{K_2O} мг/кг), что позволяет сделать прогноз накопления элементов питания в почве при фактическом применении минеральных удобрений (формула 18):

$$C = C_1 + D \cdot \langle b \rangle, \quad (18)$$

где C – содержание в почве элементов питания растений после применения удобрений, мг/кг; C_1 – содержание в почве элементов питания растений до внесения удобрений, мг/кг; D – доза внесения элемента в почву, кг д.в./га; $\langle b \rangle$ – коэффициент интенсивности действия единицы внесенного удобрения (кг д.в./га) на содержание элемента в почве, мг/кг.

В таблице 11 приводятся коэффициенты действия ($\langle b \rangle$ кг/га) внесенных удобрений на уровень содержания соответствующих элементов в почве, $\langle b \rangle$ мг/кг.

Таблица 11 – Коэффициенты интенсивности действия внесенных удобрений (b х/у) на химический состав почвы, мг/кг

Удобрения	Показатели связи удобрение-почва		
	$\langle b \rangle_{P_2O_5}$	$\langle b \rangle_{K_2O}$	Уровень оптимального баланса, мг/кг
$D_{P_2O_5}$, кг/га	0,131	0,024	$C_{P_2O_5} = C_1 + D_N \cdot b_p + D_p \cdot b_p + D_k \cdot b_p$ (19)
D_{K_2O} , кг/га	0,110	0,110	$C_{K_2O} = C_1 + D_N \cdot b_k + D_k \cdot b_k + D_p \cdot b_k$ (20)
D_N , кг/га	0,270	0,111	

Согласно проведенных полевых опытов с удобрением козлятника восточного наивысшая урожайность биомассы растений за 2013-2016 гг. составила 142,1 т/га при внесении $N_{45}P_{180}K_{360}$, прибавка урожая 45,4 т/га или 46,9%. Для получения данного урожая (142,1 т/га) козлятника оптимальный уровень содержания фосфора в серой лесной почве (мг/кг), согласно формулы (19) составил:

$$C_{P_2O_5, \text{мг/кг}} = C_1 + P_{180} \cdot 0,131 \langle b_p \rangle + K_{360} \cdot 0,11 \langle b_k \rangle; \quad (19)$$

$$C_{P_2O_5, \text{мг/кг}} = 87,9 \text{ мг/кг} + 23,6 \text{ мг/кг} + 39,6 \text{ мг/кг} = 151,1 \text{ мг } P_2O_5/\text{кг почвы}.$$

При учёте влияния азотных удобрений на содержание фосфора в почве («b_p» = 0,270 мг/кг – таблицы 11, уравнение 19) оптимальный баланс по фосфору в почве (мг/кг), при внесении N₄₅P₁₈₀K₃₆₀ составил:

$$C_{P_2O_5, \text{ мг/кг}} = 75,4 \text{ мг} + N_{45} \cdot 0,27 \text{ мг} + P_{180} \cdot 0,131 \text{ мг} + K_{360} \cdot 0,11 \text{ мг} = 150,7 \text{ мг } P_2O_5 / \text{кг почвы};$$

где C₁ – содержание фосфора в почве до внесения фосфорных удобрений (контроль 75,4), мг/кг (таблица 9); N₄₅P₁₈₀K₃₆₀ – наилучший вариант при применении удобрений под козлятник восточный, кг/га.

По содержанию оптимального баланса обменного калия в почве (мг/кг) для урожая козлятника восточного 142,1 т/га используется (без D_N) формула (20), таблица 11:

$$C_{K_2O, \text{ мг/кг}} = C_1 (68,4 \text{ мг}) + D_K \cdot 0,111 \text{ мг/кг} + D_P \cdot 0,024 = 112,7 \text{ мг/кг почвы}; \quad (20)$$

С учётом влияния внесённого азота на содержание обменного калия в почве («b» - 0.111 мг/кг, формула 20) расчёт составил:

$$C_{K_2O, \text{ мг/кг}} = C_1 (63,4 \text{ мг/кг}) + D_K \cdot 0,11 + D_P \cdot 0,024 + N_{45} \cdot 0,111 \text{ мг/кг} = 112,3 \text{ мг/кг}; \quad (20)$$

где C₁ – содержание калия в почве до внесения удобрений, (контроль 63,4 мг/кг); N₄₅P₁₈₀K₃₆₀ – наилучший вариант при применении удобрений под козлятник восточный, кг/га.

Располагая содержанием усвояемых элементов питания в серой лесной почве (количественная сторона питания), характеризующим оптимальный уровень питания (мг/кг почвы), нужно располагать сбалансированным ионным равновесием в почве (качественная сторона питания) отмеченные ранее работами Д.Н. Прянишникова (1945), Д.А. Сабина (1971), Ю.И. Ермохина (1983, 1995) и других.

Сбалансированное (ионное равновесие элементов) питания черноземных почв для зерновых, овощных культур оценивается следующим уравнением (21):

$$P_2O_5 \approx 10 \cdot N-NO_3 \text{ мг/кг} \approx 1,30 \cdot K_2O \text{ мг/кг}, \quad (21)$$

Из уравнения следует, что соотношение между $P_2O_5 / N-NO_3 = 10$, а $P_2O_5 / K_2O = 1,3$.

Равновесное содержание в 30 см слое серой лесной почвы между P_2O_5 / K_2O равно 1,34, т.е. на 1 часть обменного калия почвы должно приходиться 1,34 части подвижного фосфора, определяемого по методу Кирсанова. Козлятник восточный

будет нуждаться в первую очередь в калии, если соотношения между P_2O_5/K_2O в слое почвы 30 см будет больше 1,34.

С помощью математических моделей прямой и обратной связи в системе «удобрение-почва» разработаны оптимальные уровни P_2O_5 и K_2O в почве (P_2O_5 - 150 и K_2O - 112 мг/кг; при соотношении $P_2O_5/K_2O = 1,34$), знание которых позволяет исправлять абсолютный или относительный недостаток данных элементов в питании растений (формула 19, 20, таблица 12).

Таблица 12 – Прогнозирование содержание подвижного P_2O_5 и K_2O в почве по коэффициентам интенсивного действия удобрений на химический состав почвы

Варианты	Содержание в почве, мг/кг				Уравнение прогноза содержания P ₂ O ₅ , K ₂ O, мг/кг
	фактическое		прогнозируемое		
	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	
N ₄₅ P ₁₈₀	125,6	74,2	111,1	72,7	C _{P₂O₅, мг/кг} = C _{1 мг/кг} + D _N · b _p + D _p · b _p + D _K · b _p , (19)
N ₄₅ P ₃₆₀	135,9	76,8	134,7	77,0	
N ₄₅ P ₅₄₀	162,9	81,7	158,3	81,4	
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	156,9	89,6	130,9	92,5	C _{K₂O, мг/кг} = C _{1, мг/кг} + D _N · b _K + D _K · b _K + D _p · b _K . (20)
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	156,5	89,7	154,5	96,8	
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	149,9	112,5	150,7	112,3	
Средний прогноз, %			-7,9	-1,4	

Таким образом, знания ответной реакции почвы при внесении элементов питания с удобрениями (формула 19-20, таблица 12) представляет значительный интерес при диагностике фосфорно-калийного питания растений и применения доз удобрений под кормовую культуру козлятник восточный при возделывании на серой лесной почве.

4.2 Урожайность козлятника восточного в зависимости от уровня содержания элементов питания в почве

Наши исследования в 2013-2016 гг. показали, что в результате применения минеральных удобрений под козлятник восточный в ППК и почвенном растворе

серой лесной почвы возникают сложные взаимодействия, между ионами, в итоге смещается уравниленность в питании растений в положительную или отрицательную сторону. Фактически содержание и соотношение элементов питания в почве, в свою очередь влияет на рост, развитие и урожайность культурных растений. Определение этих зависимостей и переложение их на язык математики посвящены работы А.В. Соколова (1960), Н.С. Авдониной (1982), А.В. Петербургского (1985), Т.Н. Кулаковской (1990), Ю.И. Ермохина (1977; 1983; 1995; 2014) и других.

Несмотря на сложную взаимосвязь величины урожая растений (Y) с химическим составом почвы (X) можно констатировать, что урожайность является функцией химического состава почвы и может быть представлена в общем виде следующим уравнением 22 (таблица 13, рисунки 6, 7).

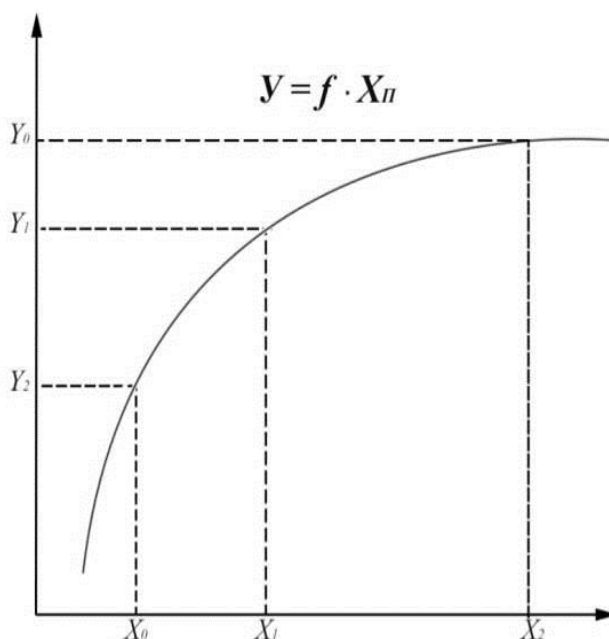


Рисунок 6 – Зависимость между содержанием элементов питания в слое почвы 0-30 см и урожайностью культуры. X – химический состав почвы, мг/кг; Y – урожайность культуры, т/га.

В таблице 13 показаны экспериментальные данные за 2013-2016 гг., которые позволяют интерпретировать связи между урожайностью козлятника восточного и содержанием подвижного фосфора в серой лесной почве. Урожайность (Y_1 , Y_3

т/га) варьировала в широких пределах (от 96,7 до 142,1 т/га) в зависимости от содержания в почве подвижного P_2O_5 в пределах 75,4-150 мг/кг.

Таблица 13 – Зависимость между средней урожайностью биомассы козлятника восточного и содержанием подвижного фосфора в почве (2013-2016 гг.)

Варианты	Сумма урожайности, т/га	Прибавка		Среднее содержание в почве P_2O_5 , мг/кг	P_2O_5 «b _p » - мг/кг
		т/га	%		
Контроль	96.7	-	-	75,4	-
N ₄₅	109.9	13,2	13,6	87,9	12,5
N ₄₅ P ₁₈₀	131.3	34,6	35,8	125,6	50,2
N ₄₅ P ₃₆₀	134.3	37,6	38,9	135,9	75,4
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	142.1	45,4	46,9	149,9	74,5

Используя метод математического моделирования опытных данных 2013-2016 гг. (таблица 13) были получены эмпирические уравнения регрессионного типа зависимости формирования биомассы козлятника (Y_1 , т/га) от содержания в слое почвы 0-30 см P_2O_5 мг/кг (X_p), при внесении в почву различных доз удобрений (рисунок 7, уравнение 22):

$$Y_1 = 0,59 \cdot X_1 + 54,0; r=0,99 \quad (22)$$

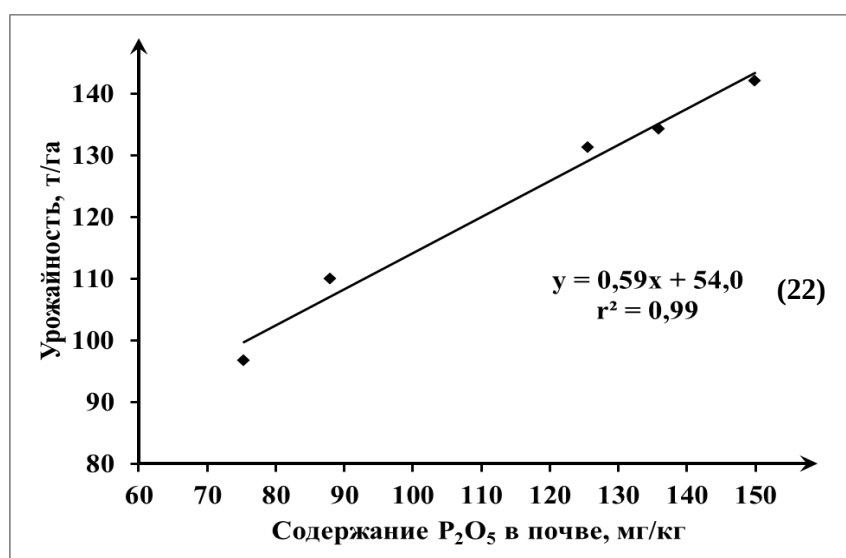


Рисунок 7 – Номограмма зависимости урожайности зеленой массы козлятника восточного (Y , т/га) от содержания подвижного фосфора (X_1 , мг/кг) в серой лесной почве (2013-2016 гг.)

Из уравнения (22) следует, что с увеличением содержания в почве P_2O_5 на один мг/кг – урожайность биомассы козлятника увеличивается на 0,59 т/га. Данное уравнение позволяет спрогнозировать оптимальный уровень содержания подвижного фосфора в почве при планируемых величинах урожая козлятника восточного (ПУ, т/га), сравнивая с фактически полученными урожаями биомассы (ФУ, т/га) на серой лесной почве при соответствующем содержании подвижного фосфора ($X_1 = 75,4$ мг/кг) – формула (23):

$$P_2O_5 \text{ мг/кг} = X_1, \text{ мг/кг} + (ПУ \text{ т/га} - ФУ \text{ т/га}) / 0,59; \quad (23)$$

Расчет по уравнению (23) показывает:

$$P_2O_5 \text{ мг/кг (оптим.)} = 75,4 \text{ мг/кг} + (142,1 \text{ т/га} - 96,7 \text{ т/га}) / 0,59 = 152,3 \text{ мг } P_2O_5 / \text{кг почвы.}$$

Применение удобрений в сочетании 1:4:8 под козлятник восточный (серая лесная почва) позволяет получить урожай биомассы 142,1 т/га при фактическом уровне содержания P_2O_5 в почве 150,0 мг/кг (ошибка прогноза 1,5%).

При статистической обработке данных уровней содержания обменного калия в слое серой лесной почвы 0-30 см (X_k , мг/кг) и урожайности биомассы (Y_k , т/га) была получена высокая корреляционная связь (0,96) и эмпирическое уравнение 24 зависимости формирования урожайности козлятника восточного от содержания в почве обменного калия (таблица 14).

Таблица 14 – Урожайность козлятника восточного в зависимости от содержания обменного калия в серой лесной почве слоя 0-30 см (2013-2016 гг.)

Варианты опыта	Сумма урожайности, т/га	Прибавка зел. массы		Среднее содержание K_2O в почве, мг/кг	$K_2O + "b"$, мг/кг
		т/га	%		
Контроль (без уд.)	96,7	-	-	63,4	-
N_{45}	109,9	13,2	13,8	68,4	5,0
$N_{45}P_{180}K_{180}$	120,5	23,8	24,6	89,6	26,2
$N_{45}P_{360}K_{180}$	131,4	34,7	35,9	89,7	26,3
$N_{45}P_{180}K_{360}$	142,1	45,4	46,9	112,5	49,1

Полученное уравнение регрессии (24) показывает, что каждый мг K_2O /кг почвы увеличивает урожайность козлятника восточного на 0,87 т/га:

$$Y_k = 0,87 \cdot X_k + 44,3; r = 0,96 \quad (24)$$

При планировании получения урожайности (ПУ, т/га) козлятника восточного в условиях Нечерноземья (серая лесная почва) следует использовать следующую формулу (25), для определения оптимального уровня содержания обменного калия (K_2O мг/кг) в почве:

$$K_2O \text{ мг/кг (оптим)} = X_2 \text{ мг/кг} + (ПУ, \text{ т/га} - ФУ, \text{ т /га}) / 0,87); \quad (25)$$

Расчет по формуле 25 показывает:

$$K_2O \text{ мг/кг (оптим.)} = 63,4 \text{ мг/кг} + (142,1 - 96,7) / 0,87) = 115,6 \text{ мг/кг},$$

где ПУ – планируемая урожайность козлятника восточного при возделывании на серой лесной почве, 142,1 т/га; X_2 – фактическое содержание K_2O в почве, 63,4 мг/кг; ФУ – фактическая урожайность за ряд лет, 96,7 т/га.

Пример расчета:

Данные таблицы 15:	Для ПУ ₁ : K_2O мг/кг (оптим.) = $63,4 \text{ мг/кг} + (120,5 \text{ т/га} - 96,7 \text{ т/га}) / 0,87) = 90,8 \text{ мг/кг}$
ПУ ₁ равна – 120,5 т/га	
ПУ ₂ равна – 142,1 т/га	
K_2O для ПУ ₁ = 89,6 мг/кг	Фактически для ПУ ₁ оптимум 89,6 мг/кг (таблица 15)
K_2O для ПУ ₂ = 112,5 мг/кг	(ошибка $\pm 1,2\%$)
K_2O мг/кг оптим. для ПУ ₁ и ПУ ₂	Для ПУ ₂ : K_2O мг/кг (оптим.) = $63,4 \text{ мг/кг} + (142,1 \text{ т/га} - 96,7 \text{ т/га}) / 0,87) = 115,6 \text{ мг/кг}$
	Фактически для ПУ ₂ оптимум 112,5 мг/кг (таблица 15) (ошибка $\pm 3,1\%$)

В таблице 15 представлены данные фактического содержания P_2O_5 , K_2O в почве, ФУ т/га и прогнозирования в почве подвижного фосфора и обменного калия по уравнениям (26, 28) при внесении минеральных удобрений под козлятник восточный на серой лесной почве.

Ответная реакция почвы (мг/кг) на введение элементов с удобрениями (кг д.в./га), позволяет получить количественные характеристики и оптимальные уровни P_2O_5 и K_2O (уравнения 26-29).

$$\text{Смг/кг } \text{P}_2\text{O}_5 = 87,9 \text{ мг/кг} + \text{Д}_\text{N}, \text{ кг} \cdot \text{b}_\text{p} + \text{Д}_\text{p}, \text{ кг} \cdot \text{b}_\text{p} + \text{Д}_\text{K}, \text{ кг} \cdot \text{b}_\text{p}; \quad (26)$$

$$\text{Без внесения N: СмгP}_2\text{O}_5\text{кг} = 75,4 \text{ мг/кг} + \text{Д}_\text{p}, \text{ кг} \cdot \text{b}_\text{p} + \text{Д}_\text{K}, \text{ кг} \cdot \text{b}_\text{p}; \quad (27)$$

$$\text{Смг/кг } \text{K}_2\text{O} = 63,4 \text{ мг/кг} + \text{Д}_\text{N}, \text{ кг} \cdot \text{b}_\text{K} + \text{Д}_\text{p}, \text{ кг} \cdot \text{b}_\text{K} + \text{Д}_\text{K}, \text{ кг} \cdot \text{b}_\text{K}; \quad (28)$$

$$\text{Без внесения N: СмгK}_2\text{Oкг} = 68,4 \text{ мг/кг} + \text{Д}_\text{K}, \text{ кг} \cdot \text{b}_\text{K} + \text{Д}_\text{K}, \text{ кг} \cdot \text{b}_\text{K}. \quad (29)$$

Таблица 15 – Прогнозирование содержания подвижного P_2O_5 и обменного калия в почве и урожайности козлятника восточного при внесении фосфорно-калийных удобрений (2013-2016 гг.)

Варианты опыта	Содержание в почве, мг/кг		Прогноз содержания в почве, мг/кг		Урожайность, т/га		
	P_2O_5	K_2O	P_2O_5 (уравнение 23)	K_2O (уравнение 25)	Фактическая	прогноз	
						P_2O_5 (уравнение 22)	K_2O (уравнение 24)
Контроль (без уд.)	75,4	63,4	-	-	96,7	98,5	99,5
N ₄₅	87,9	68,4	-	-	109,9	105,9	103,8
N ₄₅ P ₁₈₀	125,6	74,2	111,5	72,6	131,3	128,1	108,9
N ₄₅ P ₃₆₀	135,9	76,8	135,1	76,9	134,3	134,2	111,1
N ₄₅ P ₅₄₀	162,9	81,7	158,6	81,3	114,7	150,1	115,4
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	156,9	89,6	131,3	92,4	120,5	146,6	122,3
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	156,5	89,7	154,9	96,7	131,4	146,3	122,3
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	149,9	112,5	151,1	112,2	142,1	142,4	142,2
Ошибка прогноза, %:			-7,5	-1,3	-	8,9	-6,9

Использование метода обратной связи в системе «удобрение – почва – урожай» позволяет оценить оптимальные уровни элементов питания почвы (уравнения 25 -29) и выбора путей оптимизации в системе применения удобрений под планируемые урожаи (ПУ т/га) на основе комплексного метода «ИСПРОД» (уравнения 22, 24):

на основе уравнения 22: $У_{т/га} = 0,59 \cdot \text{P}_2\text{O}_5\text{мг/кг} + 54,0$;

на основе уравнения 24: $У_{т/га} = 0,87 \cdot \text{K}_2\text{Oмг/кг} + 44,3$.

Таким образом, наши исследования показали, что для хорошего роста и развития козлятника восточного на серой лесной почве и в формировании высокого урожая в почве должно содержаться определенное количество и в оптимальном соотношении подвижного фосфора, обменного калия и доступного азота.

В ходе анализа экспериментальных данных нами был сделан прогноз величины возможной урожайности зеленой массы козлятника восточного по содержанию в почве $N-NO_3$, P_2O_5 , K_2O мг/кг по уравнению (30):

$$Y, \text{ т/га (прогноз)} = 75,6 + 0,077 \cdot X_N + 0,017 \cdot X_{P_2O_5} + 0,40 \cdot X_{K_2O}. \quad (30)$$

Прогнозирование величины урожайности козлятника восточного представлены в таблице 16:

Таблица 16 – Прогнозирование урожайности зеленой массы козлятника восточного в зависимости от содержания элементов питания в слое почвы 0-30 см (2013-2016 гг.)

Варианты опыта	Содержание в почве, мг/кг			Урожайность, т/га		
				Фактиче- ская	Прогнозируемая	
	$N-NO_3$	P_2O_5	K_2O		т/га	ошибка, %
Контроль (без уд.)	9,5	75,4	63,4	96,7	103,0	6,3
N_{45}	10,9	87,9	68,4	109,9	109,0	-0,8
$N_{45}P_{180}$	10,3	125,6	74,2	131,3	111,9	-14,8
$N_{45}P_{360}$	11,1	135,9	76,8	134,3	113,2	-15,7
$N_{45}P_{540}$	17,5	162,9	81,7	114,7	116,1	1,22
$N_{45}P_{180}K_{180}$	16,2	156,9	89,6	120,5	119,1	-1,2
$N_{45}P_{360}K_{180}$	16,0	156,5	89,7	131,4	119,1	-9,4
$N_{45}P_{180}K_{360}$	15,5	149,9	112,5	142,1	128,0	-9,9
Коэффициенты (b)	0,077	0,017	0,40	-	-	+/- 7,9

Экспериментальные данные показывают, что прогнозирование величины урожая козлятника восточного, по усредненным 30 параметрам содержания нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия в серой лесной почве (восьми вариантах полевых опытов 2013-2016 гг.), в двух случаях урожайность превышает фактическую на 1,22-10,3% и последующих случаях, заниженный прогноз по сравнению с фактическим составил -0,8...-15,7%.

Отсюда можно сделать вывод о возможности предсказывать формирование конкретных величин урожайности биомассы кормовой культуры козлятника восточного при возделывании в северной зоне Западной Сибири на серой лесной почве, на основе почвенной диагностики, что является венцом любой науки (Ю.И. Ермохин, 2014).

4.3 Влияние доз удобрений на накопление доступного азота в почве под растением и его практическое использование

Известно, что азотное удобрение высокоэффективно на всех типах почвы мира при внесении под сельскохозяйственные культуры, азот является решающим фактором урожая культур. По этой причине земледелец должен всегда следить за тем, чтобы урожай не лимитировался недостатком азота. Широко распространенный дефицит азота представляет научный и практический интерес для агрохимии, изучающие трансформацию азота в системе “почва – удобрение – растение” с целью увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур высокого качества в биологическом отношении. Традиционный вопрос химии азота почвы в настоящее время детально изучен (Кочергин А.Е., 1972; Гамзиков Г.П., Кострик, Г.И., Емельянова В.Н., 1985; Башкин В.Н., 1987; Ермохин Ю.И., 1995).

Особый интерес представляют проблемы диагностики азотного питания различных растений и эффективности применения удобрений. Однако, нередко в публикациях ряда авторов большое внимание уделяется содержанию минерального азота ($N-NO_3$) в почве под растениями в период роста и развития, забывая о том, что фактически в почве определяются “объедки” со стола растений (Ермохин Ю.И. 1995, 2014).

Интересный подход в диагностике азотного питания растения отмечается в рамках системы “ПРОД-ОмГАУ” (почвенно-растительной оперативной диагностики), базирующейся на концепции единства почвы и растений, позволяющий осуществить оптимизацию азотного питания, тесно связывая его с фосфорно-калийным питанием. Данная система рассматривается как новая, целостная орга-

низованная система заранее не связанных элементов, часто обладающих различной автономией. Такая система является интеграционной и основана на трех принципах: 1) способности почвы удовлетворять потребность растений питательными веществами; 2) потребности растений и их способности к усвоению этих веществ в конкретных условиях сельскохозяйственного производства (ПЭУ, КИП, N_m – накопление доступного азота под растением – мобилизация, вынос элементов питания в различные фазы роста и развития и т. д.); 3) состояние питания растений и расчёт доз удобрений в период роста и развития, оптимальные уровни и соотношения макро- и микроэлементов в листьях и целых растениях по фазам роста и развития; K_n – коэффициент потребности в питательных веществах; “b” – коэффициент интенсивности действия внесенного удобрения на его химический состав и т. д.

Определение оптимальных параметров содержания доступного для козлятника восточного азота почвы позволяет определить потребность в азотных удобрениях методом элементарного баланса:

а) учитывают вынос азота козлятником восточным в ответственную фазу роста (цветение-уборка) – N_v , кг/га;

б) наличие весной (перед посевом или начале отрастания) в почве нитратного азота ($N-NO_3$, в слое 0-30 см) – N_n , кг/га;

в) остаток нитратного азота ($N-NO_3$) почвы под растениям в фазу цветения – N_o , кг/га.

Предложенная далее методика накопления доступного азота почвы для растений (N_m , кг/га) в период роста и развития суммарно определяется такими величинами, как вынос азота растениям (N_v , кг/га), остаток минерального азота ($N-NO_3$) почвы под растениями (N_o , кг/га) и размер минерализации органического вещества почвы – текущая нитрификация, кг/га.

В таблице 17 показаны эти величины. Накопление доступного азота почвы под растением козлятника восточного рассчитывается по формуле (31).

$$N_{M, \text{ кг/га}} = B, \text{ кг/га} + N_o - N_n, \text{ кг/га.} \quad (31)$$

Учитывая данные по динамике $N-NO_3$ в почве 8 вариантов опыта (до посева) накопление доступного азота в почве под растением (N_M , кг/га) было в пределах 61,4 – 119,8 кг/га (таблица 17), при содержании нитратного азота в почве при посеве от 22,1 до 41,0 кг на гектар.

При наибольшим формирование биомассы козлятника восточного – 142,1 т/га в период действия и последствий внесенных удобрений (лучший вариант- $N_{45}P_{180}K_{360}$), накопление доступного азота в почве (N_M , кг/га) под растением составило 119,8 кг/га, баланс минерального азота в почве, в виде нитратного азота (B_{N-NO_3}) можно рассчитать по формулам 32 и 33:

$$B_{N-NO_3} = N_H + N_M, \text{ кг/га}, \quad (32)$$

$$B_{N-NO_3} = N_B / \text{КИП}, \text{ кг/га}, \quad (33)$$

Пример расчета баланса:

$$B_{N-NO_3} = 35,5 \text{ кг} + 119,8 \text{ кг} = 155,3 \text{ кг/га},$$

$$B_{N-NO_3} = 118,1 / 0,76 = 155,3 \text{ кг/га}.$$

Таблица 17 – Динамика накопления доступного азота в серой лесной почве под растениями козлятника восточного (2013-2016 гг.)

Варианты опыта	$N-NO_3$ в почве, кг/га		N_B – вынос азота растением кг/га	B_N – баланс азота, кг/га	N_M – мобилизация N под растени- ем, кг/га	КИП азота
	N_H - в начале посева	N_O – остаток в период уборки				
Контроль (без уд.)	22,1	22,7	60,8	83,5	61,4	0,73
N_{45}	25,9	26,3	90,2	116,5	90,6	0,77
$N_{45} P_{180}$	23,3	24,8	88,5	113,3	90,0	0,78
$N_{45} P_{360}$	25,4	26,6	98,1	124,7	99,3	0,79
$N_{45} P_{540}$	41,0	42,0	95,0	137,0	96,0	0,69
$N_{45} P_{180} K_{180}$	37,2	38,9	84,9	123,8	86,6	0,69
$N_{45} P_{360} K_{180}$	37,0	38,5	100,2	138,7	101,7	0,72
$N_{45} P_{180} K_{360}$	35,5	37,2	118,1	155,3	119,8	0,76
Среднее	30,9	32,1	92,0	124,1	93,2	0,74

Таблица 17 показывает параметры азота почвы. Располагая размерами потребности козлятника восточного в азоте в фазу цветения (период уборки) (N_B , кг/га), способности растения усвоить азот почвы (КИП = 0,76, в лучшем варианте) при урожае козлятника восточного 142,1 т/га за 4 года действия и последствий

внесенных удобрений ($N_{45}P_{180}K_{360}$), можно успешно рассчитать дозы азота на планируемый урожай по формулам 34 и 36:

$$D_N = N_B / \text{КИП} - (N_M + N_H), \text{ кг/га}, \quad (34)$$

$$D_N = 35,5 \text{ кг} - N_H, \text{ кг/га}. \quad (35)$$

Данный уровень содержания $N-NO_3$ в почве – 35,5 кг/га, как оптимальная величина, подтверждается и балансовым методом расчета по формуле (36):

$$D_N = (N_B / \text{КИП}) - N_M = (118,1 / 0,76) - 119,8 = 35,6. \quad (36)$$

Таким образом, определение оптимальных параметров накопления доступного (минерализованного) азота почвы под растением и других агрохимических и физиологических характеристик, в рамках концепции единства почвы и растения («ИСПРОД») позволило в районе подтаежной зоны Западной Сибири разработать оптимальный уровень содержания $N-NO_3$ в почве в пределах 35-40 кг/га или около 15-17 мг/кг почвы для получения урожая биомассы козлятника восточного в сумме за четыре года действия и последствий удобрений – 142,1 т/га или 35,5 т/га в среднем за вегетационный период.

В таблице 18 представлены данные содержания N_m в серой лесной почве под растениями козлятника восточного в зависимости от уровня содержания $N-NO_3$ почвы перед посевом, или начала отрастания весной.

Таблица 18 – Содержание $N-NO_3$ и баланс доступного азота в серой лесной почве под растением козлятник восточный (2013-2016 гг.)

Содержание $N-NO_3$ в почве в начале посева, кг/га	Вынос азота растением, кг/га	N_m мобилизация в почве, кг/га	B_N баланс азота, кг/га	КИП, %
22,1	60,8	61,4	83,5	73
23,3	88,5	90,0	113,3	78
25,4	98,1	99,3	124,7	79
35,5	118,1	119,8	155,3	76
41,0	95,0	96,0	137,0	69

Из данных таблицы 18 можно сделать вывод, что изменяется содержание нитратного азота в слое почвы 0-30 см с 22,1 до 35,5 кг/га, т.е. в 1,6 раз, мобилизация доступного ($N-NO_3$) азота почвы (B кг/га + $N_{ост}$ кг/га) в 1,9 раза, с одно-

временным выносом азота из почвы растением козлятника восточного увеличивающегося в 1,90 раза с 60,8 до 118,1 кг/га. Данные по динамике накопления нитратного азота в серой лесной почве под растением козлятник восточного по годам представлены в приложении В, таблица В.1.

С увеличением содержания нитратного азота в почве в период начала посева до определенной величины (41,0 мг/кг) снижается мобилизация азота под растением, что сказывается на общем балансе азота в почве (B_N). Графическое изображение математических моделей связи уровня содержания $N-NO_3$ в почве до посева (отрастания), с содержанием доступного азота в почве под растениями, балансом азота и выносом азота урожаем козлятника восточного представлены на рисунке 8.

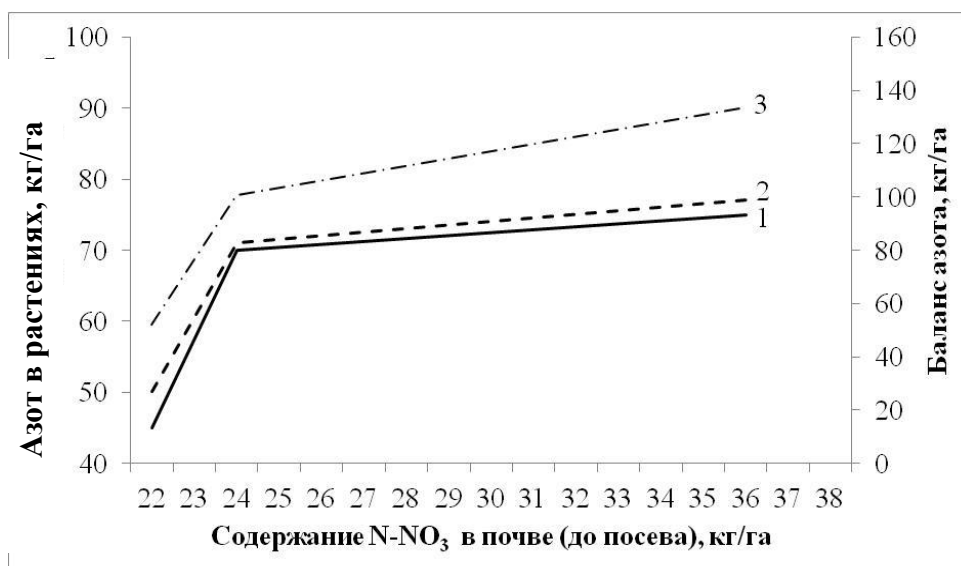


Рисунок 8 – Математические модели связи мобилизации азота в почве, баланса и выноса азота растениями с величиной содержания $N-NO_3$ почвы, кг/га. Обоснование: 1 – вынос азота растением, кг/га; 2 – мобилизация азота (N_m) в почве, кг/га; 3 – баланс азота в почве (B_N), кг/га

На основании полученных математических связей уровни баланса, мобилизации и выноса азота почвы растениями с уровнем содержания нитратного азота в почве до посева (отрастание, N_m кг/га) представляется возможность по уровню содержания $N-NO_3$ в почве до посева диагностировать параметры как N_m , B_N и вынос.

4.4 Физиологические и агрохимические нормативные показатели определения потребности козлятника восточного в удобрениях

Применение удобрений – эффективное средство развития и совершенствования растениеводства. Минеральное питание – один из основных регулируемых факторов используемого для целенаправленного управления ростом и развитием растений с целью создания хорошего урожая высокого качества.

Благодаря процессу питания растение создает свои структурные элементы и при хорошо сбалансированном питании быстро наращивает свою массу. Элементы питания относятся к факторам внешней среды и в тоже время принципиально отличаются от ряда других факторов, так как в процессе поглощения превращаются из внешнего фактора среды во внутренний фактор растительного организма (Церлинг В.В., 1989).

В своих трудах (Пустовой И.В., Филин В.И., Крольков А.В., 1995; Кочергин А.Е., 1983) отмечали необходимость постоянного контроля за плодородием почвы, и в частности за ее способностью обеспечивать растение питательными веществами. Это важно и потому, что естественный биологический круговорот питательных веществ, связанный с ним почвообразовательный процесс и его продукт – органическое вещество почвы, а так же сама почва служат природной основой, опираясь на которую и рационально используя, можно в известной степени регулировать питание и рост растений и их важнейшую функцию создание урожая. Нельзя допускать разрушение этой основы, так как заменить ее в нужных масштабах пока не чем. Применительно к вопросу установления доз удобрений это означает: нужно учитывать необходимость пополнения общих запасов питательных веществ (особенно фосфора) и избегать необоснованного избытка применения минеральных удобрений (в частности азотных, калийных).

Установление потребности выращиваемых культур в элементах минерального питания – один из наиболее сложных вопросов современной агрохимической науки. Эта сложность обусловлена процессом взаимодействия между растением,

удобрением и почвой с учетом особенностей природно-климатической зоны произрастания растений.

Существуют различные методы определения доз удобрений по выносу питательных веществ с планируемой прибавкой урожая; с планируемыми урожаями с учетом коэффициентов использования из почвы и удобрений; для получения планируемых урожаев с учетом последствий ранее внесенных удобрений и использования питательных веществ корневых и пожнивных остатков предшествующих культур и т.д. (Корнилов М.Ф., 1969; Михайлов Н.Н., Книпер В.П., 1971; Афендулов К.П., Лантухова Л.И., 1973; Кочергин А.Е., Кольцов А.Х., 1981; Каюмов М.К., 1982; Сапожников Н.А.). Но так или иначе использование в расчётном методе данных по выносу элементов питания растением даёт возможность создать в почве необходимые соотношения питательных элементов.

При комплексном подходе к диагностике питания козлятника восточного, необходимо иметь такие данные, как оптимальные уровни и соотношения основных элементов питания в почве, их вынос единицей урожая, коэффициенты использования питательных веществ из удобрений, почвы и другие параметры, которые используются при расчете доз удобрений.

Известно, что вынос питательных веществ растением увеличивается за счет увеличения уровней содержания элементов в растениях и величиной полученного урожая (Михайлов Н.Н., Книпер В.П., 1971; Афендулов К.П., Лантухова А.И., 1973).

В проведенных исследованиях наблюдение за выносом козлятиком восточным элементов питания имело цель установить степень влияния этого фактора на величину урожая в связи с применением удобрений.

Данный показатель зависит от почвенных и погодных условий, видов и количества вносимых удобрений. При благоприятных условиях (наличии тепла, влаги, достаточного количества питательных веществ в оптимальном соотношении в почве, высокого уровня агротехники) питательные вещества используются растениями экономно. Вынос определялся по накоплению элементов питания в

продуктивной части урожая, при этом учитывалось содержание соответствующих веществ в биомассе (таблица 19, приложение Г, таблица Г.1).

Таблица 19 – Вынос элементов питания урожаем козлятника восточного из почвы (2013-2016 гг.)

Варианты	Урожай- ность зел. массы, т/га	Вынос урожаем зел. массы, кг/га			Расход элементов пита- ния, кг/т урожая зел. массы		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль (б/у)	24,2	60,8	47,0	88,5	2,5	1,9	3,7
N ₄₅	27,5	90,2	64,4	125,8	3,3	2,3	4,6
N ₄₅ P ₁₈₀	32,8	88,5	62,7	123,4	2,7	1,9	3,8
N ₄₅ P ₃₆₀	33,6	98,1	72,3	98,4	2,9	2,2	2,9
N ₄₅ P ₅₄₀	28,7	95,0	72,6	138,4	3,3	2,5	4,8
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	30,1	84,9	78,7	142,0	2,8	2,6	4,7
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	32,9	100,2	81,7	144,6	3,0	3,0	4,4
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	35,5	118,1	90,1	166,0	3,3	2,5	4,7

По данным полученным в ходе полевого опыта видно, что вынос элементов питания происходит не равномерно. В первый год жизни козлятник восточный больше нуждается в азоте и калии, за счет медленно растущей надземной массы вынос был не высоким. Во второй и последующие годы, когда корневая система прочно сформировалась, урожайность надземной массы увеличилась, соответственно увеличился и вынос элементов питания из почвы. При этом вынос NPK урожаем козлятника восточного в среднем за 2013-2016 гг. составил N – 118,1, P₂O₅ – 90,1 и K₂O – 166,0 (в лучшем варианте согласно урожая) в соотношении N:P:K – 1,3:1,0:1,9, т.е. использовалось больше азота и калия нежели фосфора. При изучении влияния минеральных удобрений на вынос единицей урожая козлятника восточного получена прямая корреляционная зависимость увеличения выноса из почвы нитратного азота (X_1 , кг/га), подвижного фосфора (X_2 , кг/га) и обменного калия (X_3 кг/га), урожаем зеленой массы (Y кг/т) козлятника восточного (уравнения 37-39), расчеты представлены в приложении Г, таблицы Г.2, Г.3, Г.4:

$$Y_{N-NO_3} = 0,005 \cdot X_1 + 30,7; r = 0,77 \quad (37)$$

$$Y_{P_2O_5} = 0,007 \cdot X_2 + 30,7; r = 0,65 \quad (38)$$

$$Y_{K_2O} = 0,003 \cdot X_3 + 30,7. r = 0,55 \quad (39)$$

Таким образом, на основании полученных данных можно сделать вывод, что в первый и во второй год жизни на серых лесных почвах козлятник восточный больше выносит азота и калия. В среднем за четыре года вынос азота и фосфора происходит более равномерно (1:1), с некоторым увеличением K_2O до 1,4-1,9 (с учетом наилучшего варианта). Это обусловлено особенностями химического состава растений, колебаниями уровня формируемого урожая и изменением его структуры. Неодинаковая количественная потребность и интенсивность поглощения растениями отдельных элементов питания должны учитываться при разработке системы применения удобрений. Особенно важно обеспечить благоприятные условия питания растений с начала вегетации и в периоды максимального поглощения. Многие авторы (Михайлов Н.Н., Книпер В.П., 1971; Афендулов К.П., Лантухова А.И., 1973; Кулаковская Т.Н., 1990) считают, что удобрения являются главным фактором, влияющим на абсолютный и относительный вынос питательных веществ. При их внесении вынос питательных веществ на единицу продукции, как правило, увеличивается.

Вынос элементов питания в основном зависит от дозы вносимых удобрений. На всех удобренных вариантах было отмечено увеличение выноса питательных веществ надземной массой по сравнению с вариантом где удобрения не применялись, что является следствием увеличения урожайности с одной стороны и повышением содержания элементов питания в растениях с другой (приложение Г, таблица Г.1).

Растению необходимы элементы питания не только для создания хозяйственной части урожая, но и для формирования корневой системы, стебля, листьев, которые остаются на поле. Вынос питательных веществ на единицу основной продукции, как правило, увеличивается при внесении удобрений. Прежде всего это касается калия, затем азота и в меньшей степени фосфора. Если растение обеспечено питательными веществами, но испытывает не благоприятное

влияние со стороны какого-либо фактора, то вынос питательных веществ на единицу основной продукции в этом случае повышается. И наоборот благоприятное сочетание различных факторов способствует более экономному расходованию питательных веществ на создание урожая.

Коэффициент использования элементов питания (КИП) из естественных запасов почвы показывает долю его потребления по отношению к общему содержанию подвижной формы этого элемента в пахотном слое на 1 га и выражается в процентах. Коэффициент использования фосфора и калия рассчитывается по формуле (40), азота по формуле (41)

$$\text{КИП}_{\text{P}_{2}\text{O}_5, \text{K}_2\text{O}} = \frac{B_y}{C}, \quad (40)$$

где B_y – вынос питательных веществ биомассой, кг/га;

C – содержание питательных веществ в почве, кг/га

$$\text{КИП}_N = \frac{B_N}{B_N + N_{\text{ост.}}}, \quad \text{или} \quad \text{КИП}_N = \frac{B_N}{N_1 + N_M}. \quad (41)$$

где B_N – вынос азота биомассой, кг/га;

$N_{\text{ост}}$ – остаток азота в почве под растением к периоду цветения, кг/га.

КИП по азоту рассчитывали с учетом биологического азота, т.к. по мнению Ю.И. Ермохина (1995), при определении КИП по азоту необходимо учитывать количество нитратов в почве, образующихся в период вегетации растений и накопленного в нижних слоях почвы (таблица 20). Анализ данных по коэффициенту использования питательных веществ из почвы за 2013-2016 гг. приведен в приложении Д, таблица Д.1.

Обогащение почвы азотом (N_M) определяли по формуле:

$$N_M = B + N_{\text{ост}} - N_1. \quad (42)$$

где N_1 и $N_{\text{ост}}$ – содержание нитратного азота в слое почвы 0-30 см до посева (отрастание) и в фазу цветения (уборки), кг/га;

B – вынос азота растением, кг/га.

По данным И.И. Канивца (1965) и Л.М. Державина (1977) коэффициент использования питательных веществ из почвы по азоту может изменяться от 6,9 до 136, по фосфору от 2,6 до 52,6 и по калию – от 12,1 до 89%.

В наших исследованиях КИП по азоту изменялся с 27 до 76% (таблица 20). Коэффициент использования фосфора из почвы варьировал в диапазоне от 3 до 37%, калия от 7 до 77%. В первый год жизни растений козлятника восточного КИП был низким, за счет слабо сформированной биомассы культуры, так как растение развивалось медленно, но при этом больше потребляло азота из почвы.

Таблица 20 – Коэффициенты использования питательных веществ из почвы контрольного и удобренного вариантов.

Возраст козлятника восточного	Вариант	Содержание в почве, кг/га			Вынос, кг/га			КИП, %		
		N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
1-ый год	Контроль	7,6	182,4	152,4	7,9	4,5	11,34	27	2	7
	N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	37,7	350,4	296,4	17,7	25,1	46,8	51	7	16
2-ой год	Контроль	68,6	179,5	149,3	69,1	40,1	100,5	76	22	67
	N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	115,8	338,0	293,0	99,9	78,3	145,6	76	23	50
3-ий год	Контроль	58,1	179,0	152,0	54,8	53,0	92,0	68	29	61
	N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	121,2	371,0	243,0	91,9	96,0	192,0	74	26	79
4-ый год	Контроль	80,1	182,8	155,2	76,8	67,2	105,6	75	37	68
	N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	128,0	379,0	247,0	96,4	106,0	189,0	75	28	77

В дальнейшем (2-й, 3-й, 4-й годы жизни козлятника восточного) за счет хорошо развитой биомассы получено два полноценных укоса и коэффициент использования элементов питания из почвы вырос. На диапазон КИП так же оказывали сильное влияние погодные условия, которые определяли урожайность и химический состав растений козлятника восточного (приложение Д, таблица Д.1).

Коэффициент использования питательных веществ из почвы в варианте с удобрениями показывает, на сколько, увеличился урожай при их использовании. Если условно принять, что прибавка урожая растений создается только за счет дополнительного питания из удобрений, то КИПу рассчитывается по формуле:

$$КИП_y = \frac{B_y \cdot (Y - \Pi)}{Y \cdot C} \quad (43)$$

где V_y – общий вынос элементов питания биомассой растений в исследуемом варианте, кг/га; U – урожай основной продукции, ц/га; P – прибавка урожая основной продукции за счет удобрений, ц/га; C – содержание элементов питания в почве, кг/га.

Умножая величину КИПу на 100 переводим коэффициент использования элементов питания растений в проценты. В ходе исследований был получен следующий КИПу (таблица 21).

Таблица 21 – Коэффициент использования питательных веществ из почвы (2013-2016 гг.)

Варианты	Средняя урожайность за четыре года, т/га	Прибавка т/га	КИПу, % за 2013 -2016 года		
			N*	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль (без уд.)	24,2	-	-	-	-
N ₄₅	27,5	3,3	88	27	67
N ₄₅ P ₁₈₀	32,8	8,6	72	15	51
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	35,5	11,3	67	17	42

* КИПу по азоту рассчитывалась с учетом мобилизации азота (Nm) в почве по формуле 47, см. приложение В, таблица В.1.

Анализ данных коэффициента использования питательных веществ из удобрений за 2013-2016 гг. приведен в приложении Д, таблица Д.2.

Данный коэффициент показывает, что в первый год жизни козлятника восточного влияние удобрений на урожай было незначительное из-за характерных особенностей биологического развития растений.

В последующие годы КИПу возрос в несколько раз, в результате внесенные дозы удобрений эффективно влияли на урожай (приложение Д, таблица Д.1). В среднем по вариантам за четыре года жизни козлятника восточного коэффициент по азоту изменялся в диапазоне от 67 до 88%, по фосфору от 15 до 27%, по калию от 42 до 67%.

Коэффициент использования питательных веществ из удобрений (КИУ) показывает долю их потребления растениями от общего количества вносимого элемента питания на создание прироста урожая.

В пределах одного участка при внесении разных доз минеральных удобрений наблюдается широкое варьирование данных: на варианте где вносился только азот, коэффициент составил в среднем 0,11-0,27. При внесении калийных удобрений отмечается коэффициент использования питательных веществ из удобрений 0,024-0,11. По фосфору он изменялся 0,110-0,131 (таблица 22).

Таблица 22 – Определение коэффициента использования элементов питания из удобрений козлятником восточным (2013-2016 гг.)

Удобрения	Коэффициент действия «b», мг/кг на химический состав почвы, мг/кг		
	b_N	$b_{P_2O_5}$	b_{K_2O}
$D_{P_2O_5}$, кг/га	0,27	0,131	0,024
D_{K_2O} , кг/га	0,11	0,110	0,110

По данным Т.К. Никушиной (1984), коэффициент использования фосфора из удобрений на дерново-подзолистых почвах колеблется в пределах 13-24%, на почвах черноземного типа этот коэффициент составляет 7-14%; В.П. Маданов. Л.М. Войкин (1959) и др. установили, что невысокий коэффициент использования фосфора удобрений приводит к увеличению в почве его доступных для растений форм. В дерново-подзолистой почве накопление фосфатов от применения суперфосфата происходит преимущественно в форме соединений с полуторными окислами, а в черноземах и серых лесных почвах в большей мере за счет фосфатов кальция. Положительное действие калия зависит как от биологических особенностей растений, так и от содержания его в почве. Содержание валового калия, по данным В.П. Серединой (1984), колеблется от 1,69% в дерново-подзолистых почвах до 1,96% в черноземах выщелоченных. Наиболее доступными формами для растений являются калий почвенного поглощающего комплекса и калий почвенного раствора.

Ю.И. Ермохин (1995, 2014) предлагает использовать в качестве нормативной оценки эффективности внесенного удобрения показатель эффективности удобрения (ПЭУ), который определяется по формуле:

$$ПЭУ = (B \cdot П) / (У \cdot Д), \quad (44)$$

где В – вынос питательного вещества биомассой растений в варианте с применением удобрений, кг/га;

П – прибавка урожая основной продукции от удобрения, т/га;

У – урожай основной продукции в варианте с применением удобрений, т/га;

Д – доза питательного вещества в удобрении, кг д.в./га. Расчет ПЭУ в приложении Д, таблица Д.

В первый год действия удобрений процент эффективности был выше по азоту, затем снизился, однако по фосфору и калию увеличился. Таким образом, в первый год жизни козлятника восточного эффективнее использовался азот, потом фосфор и калий.

Данные таблицы 23 показывают, что применение различных доз азотно-фосфорно-калийных удобрений на серой лесной почве под козлятник восточный имеет различное влияние на эффективное плодородие почв и формирование величины урожая, с учетом способности растений усваивать элементы внесенных удобрений в зональных условиях северной зоны Прииртышья.

Таблица 23 – Коэффициенты эффективного использования питательного вещества из удобрений козлятником восточным (2013-2016 гг.)

Варианты	Ср. ур-ть, т/га	Прибавка, т/га	Вынос, кг/га			ПЭУ, %		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль (без уд.)	24,2	-	60,8	47,0	88,5	-	-	-
N ₄₅	27,5	3,3	90,2	64,4	125,8	47,6	-	-
N ₄₅ P ₁₈₀	32,8	8,6	88,5	62,7	123,4	42,7	7,6	-
N ₄₅ P ₃₆₀	33,6	9,4	98,1	72,3	98,4	53,9	5,0	-
N ₄₅ P ₅₄₀	28,7	4,5	95,0	72,6	138,4	56,5	3,6	-
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	30,1	5,9	84,9	78,7	142,0	51,9	12,0	21,7
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	32,9	8,7	100,2	81,7	144,6	65,0	6,6	23,4
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	35,5	11,3	118,1	90,1	166,0	97,1	18,5	17,1

В результате применения азота в виде минеральных удобрений в дозе 45 кг д.в./га в среднем за четыре года показатель эффективности азота удобрений составил 47,6%. При внесении под многолетнюю культуру фосфорных удобрений в

дозе 360 кг д.в./га, из расчета на год действия и три года последствий, показатель эффективности фосфорных удобрений составил 5,0%, в среднем прибавка зеленой массы составила 9,4 ц/га. В целом, суммарно за четыре года действия и последствий данной дозы фосфора урожайность биомассы была свыше 134 т/га. Увеличение дозы Р до 540 кг д.в./га давало заниженный урожай (28,7 т/га) с ПЭУ 3,6%.

При наилучшем варианте применение удобрений ($N_{45}P_{180}K_{360}$) урожайность зеленой массы составила 35,5 т/га (прибавка 11,3 т/га), а разовое внесение NPK доз удобрений в сочетании 1:4:8 на четыре года действия и последствий сформировало урожайность козлятника более 142,1 т/га, что выше неудобренного варианта в 1,5 раза (прибавка 45,4 т/га).

При разовом внесении на ряд лет NPK на серой лесной почве под козлятник восточный позволило установить ежегодный ПЭУ в пределах 2 процентов, с окупаемостью каждого килограмма удобрений 0,78 у бобовой кормовой культуры.

Таким образом, на основании опытных данных 2013-2016 гг. нами были рассчитаны коэффициенты использования питательных веществ из удобрений (КИУ) и показатели эффективности удобрений (ПЭУ) для основных элементов питания (таблица 23). Показатель эффективности использования удобрений в среднем за четыре года по азоту изменялся от 43,0 до 97,1, по фосфору от 3,6 до 18,5 и калию от 17,1 до 23,4%. Самые высокие проценты по этому показателю (без учета азотного фона) отмечены в вариантах с применением калийного удобрения.

5 ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСТЕНИЙ КАК МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО В УДОБРЕНИЯХ (РАСТИТЕЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА)

В основу метода растительной диагностики положена зависимость между ростом (или урожаем) растений и концентрацией элементов питания в их тканях, изображаемая известной кривой (Прево П., Оланье М., 1956).

Основные положения растительной (листовой) диагностики были сформулированы и развиты в работах Лагатю и Мома (Lagatu, Maume, 1926, 1930), Томаса (Thomas, 1937, 1945), В.В. Церлинг (1962, 1978, 1990); З.И. Журбицкого (1958, 1963); К.П. Магницкого (1964, 1965); Н.К. Болдырева (1959, 1961, 1970, 1972).

Данный метод растительной диагностики базируется на содержании элементов в функционирующих, ассимилирующих листьях, являющихся основой лабораторией растения (Thomas, 1945).

В условиях Западной Сибири значительный вклад в развитие растительной диагностики внесли Н.К. Болдырев (1977), Ю.И. Ермохин (1968; 1975; 1983; 1991; 1994; 1995), Н.П. Шерстов (1968), А.Я. Жежер (1989).

В связи с тем, что состав сельскохозяйственных культур является сравнительно устойчивой величиной, всяческие отклонения от него связаны с изменением условий минерального питания. Именно по степени отклонения содержания питательных веществ от оптимальных значений можно судить об обеспеченности растений азотом, фосфором и калием (Кенуори А., 1964; Хилл Х., 1964).

Однако, из основных задач агрохимических исследований является разработка эффективных приемов реализации потенциальной продуктивности растений в системе «почва – удобрение» с учетом конкретных климатических факторов.

Определение потребности растений в элементах питания невозможно без установления оптимальных уровней содержания их в листьях, черешках, или во всей надземной массе (Болдырев Н.К., 1970; Магницкий К.П. 1972; Церлинг В.В. 1990). С увеличением дозы внесения питательных веществ в почву содержание их в листьях и в целых растениях возрастает, одновременно увеличивается урожай-

ность до определенных пределов. Дальнейшее повышение элементов минерального питания в растениях может привести к снижению урожая и его качества (Прево П., Оланье М., 1956; Церлинг В.В., 1990; Ермохин Ю.И., 1995).

Таким образом, химический анализ растений отражает способность культуры извлекать питательные вещества из почвы при конкретном сочетании внешних условий, а также биологически объединяет действие многочисленных факторов на продуктивность культуры.

5.1 Химический состав растений с применением удобрений (система «удобрение↔растение»)

Агрохимическая и физиологическая несбалансированность минерального питания растений является одной из главных причин ограничивающих урожай. В связи с этим очень важна диагностика минерального питания растений, чтобы оперативно управлять урожаем путем точного и обоснованного применения удобрений (Сабинин Д.А., 1971; Эммерт Ф., 1964).

Зная, как меняется концентрация минеральных элементов в ткани в зависимости от возраста и фазы развития растения, можно использовать данные химического анализа растений для диагностики минерального питания. Располагая такими сведениями, можно довольно точно определить какая именно концентрация соответствует недостатку, обеспеченности и избытку питательных веществ. Растения в процессе роста и развития предъявляют некоторые требования к обеспеченности элементами питания, поэтому для каждого вида растений характерны определенные соотношения этих веществ в разные периоды онтогенеза (Ермохин Ю.И., 1983; 1995; 2002; 2014).

Результаты проведенных исследований, позволяют заключить в какой степени содержание элементов минерального питания в почве, тканях растений отражают условия минерального питания козлятника восточного.

По данным З.И. Журбицкого (1963), Ю.И. Ермохина (1968, 1983), Н.П. Шерстова (1968), Н.К. Болдырева (1970), В.В. Церлинг (1962, 1990), Л.М. Лихомано-

вой (1986) и других установлено, что у большинства культур содержание основных элементов питания в растениях снижается от ранних фаз роста к физиологической зрелости растений. В данных исследованиях изучалась многолетняя бобовая кормовая культура козлятник восточный, основной вид получаемой продукции зелёная масса и сено. Следовательно, определение содержания элементов минерального питания в растении проводилось в период роста и развития и к периоду уборки.

Минеральные удобрения оказывают существенное влияние на содержание элементов питания в растении козлятника восточного. Как правило, улучшение условий питания способствует наибольшей концентрации азота, фосфора и калия в надземной массе козлятника восточного (таблица 24, приложение Г, таблица Г.1).

Таблица 24 – Влияние удобрений на содержание элементов питания в растениях козлятника восточного в фазу цветения (2013-2016 гг.)

Варианты	Содержание, %			Увеличение содержания элементов, % в системе «удобрение → растение»			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Удобрение кг д.в./га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	1,56	1,21	2,28				
N ₄₅	1,77	1,26	2,47	N ₄₅ →	0,21	0,05	0,19
N ₄₅ P ₁₈₀	1,78	1,26	2,48	N ₄₅ P ₁₈₀ - N ₄₅ →	0,01		
N ₄₅ P ₃₆₀	1,90	1,40	1,91	N ₄₅ P ₃₆₀ - N ₄₅ →	0,13	0,14	
N ₄₅ P ₅₄₀	1,79	1,37	2,61	N ₄₅ P ₃₆₀ - N ₄₅ P ₁₈₀ →	0,12	0,14	
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	1,58	1,47	2,65				
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	1,82	1,49	2,63	P ₃₆₀ K ₁₈₀ - P ₁₈₀ K ₁₈₀	0,24	0,02	
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	1,91	1,46	2,69	P ₁₈₀ K ₃₆₀ - P ₁₈₀ K ₁₈₀			0,04

На основании экспериментальных данных системы «удобрения – растение» с помощью статистического метода анализа были построены математические модели действия минеральных удобрений на содержание элементов питания в растениях козлятника восточного. С увеличением запасов питательных веществ в почве, благодаря возрастающим дозам удобрений, происходит увеличение процентного содержания элементов питания в растении козлятника восточного. С увели-

чением запаса азота в почве, после внесенной дозы N_{45} (вариант 2), происходит повышение процентного содержания общего азота, фосфора и калия в растениях козлятника восточного соответственно на 0,21, 0,05, 0,19% (таблицы 24-25).

Коэффициенты интенсивности действия («b») одного килограмма азотного удобрения на содержание N, P_2O_5 , K_2O в растениях, в фазу цветения равны, % « b_N » – 0,002, « b_P » – 0,0007, « b_K » – 0,0004. Основные коэффициенты интенсивного действия показывают на сколько изменяется содержание азота, P_2O_5 и K_2O в растениях козлятника восточного при внесении 1 килограмма азотного удобрения (таблица 25).

Таблица 25 – Связь между дозами азота, фосфора и калия удобрений (X кг д.в./га) и валовым содержанием данных элементов в растениях козлятника восточного (2014-2016 гг.)

Удобрения (X)	Увеличение содержания в растениях, %			Коэффициент «b» x/y		
	N	P_2O_5	K_2O	b_N	b_P	b_K
Д N, кг/га	0,21	0,05	0,19	0,002	0,0007	0,0004
Д P_2O_5 , кг/га	0,05	0,16	0,05	0,003	0,0001	0,0002
Д K_2O , кг/га	0,02	0,25	0,60	0,0004	0,0001	0,0003

Применение каждого килограмма P_2O_5 удобрения в почву под козлятник восточный увеличивает в среднем за 2014-2016 гг. в растениях козлятника восточного в фазу цветения (в %) на 0,05 азота и калия, на 0,16 фосфора (P_2O_5), что соответствует коэффициентам (приложение Е, таблицы Е.2) интенсивности внесенных удобрений в почву на химический состав («b» x/y) в фазу цветения: « b_N » – 0,003, « b_P » – 0,0001 и « b_K » – 0,0002 (таблица 25).

Внесение каждого килограмма калийного удобрения в почву под козлятник восточный производит идентификацию ответной реакции растений в виде увеличения содержания NPK, что соответствует коэффициентам интенсивного действия («b»_{x/y}) на химический состав растений в следующих измерениях: « b_N » – 0,0004, « b_P » – 0,0001 и « b_K » – 0,0003 % (приложение Е, таблицы Е.3).

Знание полученных количественных нормативных характеристик («b» – таблица 26) дает возможность предсказывать химический состав растений (%), X_n в результате применения удобрений по формуле:

$$X_n = C_{\phi} + D_N \cdot \langle b_N \rangle + D_P \cdot \langle b_P \rangle + D_K \cdot \langle b_K \rangle, \quad (45)$$

где X_n – прогнозируемое содержание элементов питания в растении в фазу цветения в результате применения удобрений, %;

C_{ϕ} – фактическое содержание в контрольных растениях, %;

D – доза применения удобрений, кг д.в./га;

«b» – коэффициент интенсивного действия единицы внесенного удобрения на химический состав растения, % (таблица 26).

Таблица 26 – Коэффициент интенсивности действия внесенных удобрений («b» x/y) на химический состав растений в фазу цветения и формулы прогноза оптимального уровня питания

Удобрения, кг/га	Коэффициент интенсивности действия «b», % в растениях			
	b_N	b_P	b_K	Формулы оптимального уровня питания
Д N	0,002	0,0007	0,0004	$\%N = \%N_n + N_{45} \cdot 0,002 + P_{180} \cdot 0,0007 + K_{360} \cdot 0,0004$ (46)
Д P_{205}	0,003	0,0001	0,0002	$\%P = \%P_n + N_{45} \cdot 0,003 + P_{180} \cdot 0,0001 + K_{360} \cdot 0,0002$ (47)
Д K_{20}	0,0004	0,0001	0,0003	$\%K = \%K_n + N_{45} \cdot 0,0004 + P_{180} \cdot 0,0001 + K_{360} \cdot 0,0003$ (48)

В связи с тем, что в почве существует тесная связь между содержанием в ППК различных уровней усвояемых элементов растением возникает ситуация когда недостаток одного элемента вызывает в тоже самое время избыток другого и даже нескольких антагонистических элементов и наоборот, избыток какого-либо элемента вызывает недостаток одного или нескольких других элементов – антагонистов.

Следовательно, закон максимума, имеющий силу для одного элемента, может одновременно действовать как закон минимума другого элемента, находящегося в антагонизме к первому.

В наших исследованиях, связанных с применением элементов удобрений в серую лесную почву, с низким уровнем содержания доступного азота (N-NO_3 - 9,5 мг/кг), фосфора (75,4 мг P_2O_5 /кг) и калия (63,4 мг/кг – почвы) и равновесии (уравнение 46):

$$\text{P}_2\text{O}_5 \approx 8,0 \text{ N-NO}_3 \approx 1,2 \cdot \text{K}_2\text{O}. \quad (49)$$

представляет особый и важный вопрос.

При внесении высоких доз удобрений в серую лесную почву под козлятник восточный (вариант $\text{N}_{45}\text{P}_{180}\text{K}_{360}$ – при соотношении между элементами 1:4:8) возникает новая ситуация с абсолютным иным содержанием усвояемых элементов N-NO_3 (15,5 мг/кг), подвижного фосфора (P_2O_5 150 мг/кг), обменного калия (K_2O 112,5 мг/кг) в почве, и их равновесии (уравнение 47), объединяющего закон минимума и закон максимума (Ермохин Ю.И., 1995; Ермохин Ю.И., Неклюдов А.Ф., 1994; Ермохин Ю.И., Бобренко И.А., 2005; Ермохин Ю.И., Синдерева А.В., 2002; Ермохин Ю.И., 2014):

$$\text{P}_2\text{O}_5 \approx 10 \cdot (\text{N-NO}_3) \approx 1,33 \cdot \text{K}_2\text{O}. \quad (50)$$

Наши исследования по оптимизации минерального питания козлятника восточного при возделывании на серой лесной почве показывают, что применение трех классических удобрений – азотного, фосфорного, калийного изменяет равновесие минеральных веществ почвы и ведет к усвоению каждого элемента в почве (« b_N », « b_P » и « b_K » – таблица 26) растением, вследствие этого улучшается эффективность внесенных удобрений, повышая урожайность козлятника почти в 1,5 раза по сравнению с контрольным вариантом.

В таблице 27 показаны расчеты оптимальных уровней содержания элементов питания в растениях козлятника восточного в активную фазу цветения.

Так из уравнений 51-53 можно видеть, что каждый килограмм внесенного азота, фосфора и калия в почву (соотношение 1:4:8) изменяет равновесие между НРК в растениях, что в процессе «синергизма» ведет к повышению усвояемых элементов, соответственно на 0,01, 0,05 и 0,27 %, увеличивают абсолютное содержание усвояемого элемента (N-NO_3), а в уравнениях 52 и 53 показаны количе-

ственные характеристики, включающие фосфор и калий в усвояемое состояние для растений под влиянием внесенных элементов в почву.

Таблица 27 – Оптимальные уровни содержания элементов питания в растениях козлятника восточного в фазу цветения

Варианты	Расчет оптимального уровня элементов в растениях			
	%N	%P ₂ O ₅	%K ₂ O	Формулы расчета
Контроль	1,56	1,21	2,28	%N _{опт.} = 1,56 + 0,09 + 0,126 + 0,144 = 1,92%N (51)
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	1,91	1,50	2,69	%P ₂ O _{5опт.} = 1,21 + 0,135 + 0,018 + 0,072 = 1,45%P ₂ O ₅ (52)
				%K ₂ O _{опт.} = 2,28 + 0,018 + 0,018 + 0,108 = 2,42%K ₂ O (53)
Ошибка прогноза: %N +0,01%; %P ₂ O ₅ +0,05; %K ₂ O +0,27%				

Согласно, математического моделирования экспериментальных данных системы «удобрение – почва – растение», прямой и ответной реакции в системе, получены формулы расчета оптимальных уровней содержания и равновесия элементов в растениях козлятника восточного. Оптимальные уровни (%) в растениях, для формирования биомассы козлятника восточного, в пределах 35-40 т/га: азота – 1,91, фосфора (P₂O₅) – 1,50, калия (K₂O) – 2,69 (таблица 27). Установленные абсолютные оптимальные уровни элементов в растениях и их равновесие (уравнения 51-53) позволили сформировать урожайность кормовой культуры за четыре года в пределах 142-150 т/га по сравнению с уровнем содержания азота – 1,56%, P₂O₅ – 1,21%, K₂O – 2,28% и урожайностью – 96,7 т/га (не удобренный вариант).

Таким образом, полученные показатели («b»_{НПК}) интенсивности действия внесенных удобрений под культурное растение в почву, оказывают влияние на химический состав и почвы и растений, позволяют в дальнейшем диагностировать и определять конкретные дозы и сочетания минеральных удобрений по формуле Ю.И. Ермохина:

$$Д = \frac{(\mathcal{E}_o - \mathcal{E}_ф)^2}{\langle b \rangle \cdot \mathcal{E}_o}, \quad (54)$$

Примечание: $\mathcal{E}_o$ и $\mathcal{E}_ф$ – оптимальное и фактическое содержание элементов питания.

и внедрять гибкую систему удобрения полей.

5.2 Оптимальные уровни и соотношения элементов питания в почве и растениях и их связь с урожаем

На продуктивность растений влияют все химические элементы, поглощаемые из окружающей среды (почвы), которые являются жизненно необходимыми и незаменимыми для растений. В ходе проведения исследований было установлено положительное влияние удобрений на накопление элементов в растениях козлятника восточного (таблица 28).

Таблица 28 – Содержание элементов питания в абсолютно-сухом веществе растений в зависимости от периода уборки и применяемых удобрений (2014-2016 гг.)

Вариант опыта	Содержание азота, %		Содержание фосфора, %		Содержание калия, %	
	1-ый укос	2-ой укос	1-ый укос	2-ой укос	1-ый укос	2-ой укос
Контроль (без уд.)	1,41	1,63	0,93	1,47	2,43	2,10
N ₄₅	1,58	1,87	1,00	1,50	2,53	2,37
N ₄₅ P ₁₈₀	1,67	1,80	1,00	1,50	2,54	2,40
N ₄₅ P ₃₆₀	1,71	2,00	1,17	1,60	1,75	1,83
N ₄₅ P ₅₄₀	1,63	1,83	1,07	1,63	2,66	2,53
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	1,18	1,77	1,27	1,63	2,72	2,57
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	1,53	1,97	1,23	1,70	2,68	2,57
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	1,60	2,07	1,30	1,57	2,72	2,63

В таблице 28 химический состав растений показывает, что с увеличением применения различных доз удобрений под растения увеличивается и содержание элементов питания и в почве и в растениях. Подобная зависимость содержания элементов в растении наблюдается как в первом, так и во втором укосах.

В первом укосе растений азота накапливалось 1,18-1,71%, фосфора 0,93-1,30%, калия 2,43-2,72%, а во втором укосе, соответственно 1,63-2,10%, фосфора 1,47-1,63%, калия 1,83-2,63%. В связи с этим можно сделать вывод, что растения второго укоса больше содержат азота, фосфора и калия по сравнению с растениями первого укоса.

Обобщая химический состав растений первого и второго укосов козлятника восточного в полевых опытах 2014-2016 гг. и полученные урожайные данные вегетативной массы (У, т/га) в фазу цветения, путем ранжирования результатов и математической обработки данных приходим к выводу о связи урожая биомассы с содержанием элементов питания в растениях (таблица 29).

Таблица 29 – Содержание элементов питания в растениях и урожайность козлятника восточного (2014-2016 гг.)

Первый укос						Второй укос					
Урожай, т/га	N, %	Урожай, т/га	P ₂ O ₅ , %	Урожай, т/га	K ₂ O, %	Урожай, т/га	N, %	Урожай, т/га	P ₂ O ₅ , %	Урожай, т/га	K ₂ O, %
-	-	-	-	19,4	1,75	13,9	1,63	13,9	1,47	13,9	2,10
12,0	1,29	20,1	0,98	20,5	2,43	18,0	1,80	17,4	1,50	16,0	2,37
20,9	1,55	21,5	1,20	22,4	2,54	19,4	1,97	18,2	1,63	18,3	2,40
23,0	1,67	22,4	1,27	23,6	2,67	20,3	2,00	19,4	1,70	19,4	2,57
23,6	1,60	23,5	1,30	23,0	2,72	21,1	2,07	21,1	1,57	21,1	2,63

В таблице 29 представлены средние ранжированные данные урожая зелёной массы козлятника восточного первого и второго укосов культуры и химического состава растений. Статистическая обработка данных показывает, что формирование биомассы растений зависит от уровня обеспеченности азотом, фосфором и калием, поступивших в растения к периоду цветения. Согласно уравнений (55-56) наивысшие урожаи биомассы были получены при оптимальном уровне содержания в растениях первого укоса: %N – 1,60, %P₂O₅ – 1,30 и % K₂O – 2,72; второго укоса: %N – 2,10; %P₂O₅ – 1,57, % K₂O – 2,63 и сбалансированном соотношении:

$$\text{Растение I укоса: \%N} \approx 1,23 \text{ \%P}_2\text{O}_5 \approx 0,59 \text{ \%K}_2\text{O}; \quad (55)$$

$$\text{т.е. \%N : \%P}_2\text{O}_5 = 1,23; \text{ \%N : \%K}_2\text{O} = 0,59;$$

$$\text{Растение II укоса: \%N} \approx 1,3 \text{ \%P}_2\text{O}_5 \approx 0,8 \text{ \%K}_2\text{O}; \quad (56)$$

$$\text{т.е. \%N : \%P}_2\text{O}_5 = 1,3; \text{ \%N : \%K}_2\text{O} = 0,8.$$

При пересчете окислов на элементы сбалансированное питание NPK оценивается следующими уравнениями:

$$\text{Растения I укоса: \%N-1,60; \%P}_2\text{O}_5 - 0,57; \text{ \%K}_2\text{O} - 2,26; \quad (57)$$

Уравнение ионного равновесия:

$$\%N \approx 2,96 \cdot \%P_2O_5 \approx 0,75 \cdot \%K_2O; \quad (58)$$

$$\text{Растение II укоса: } \%N - 2,10; \%P_2O_5 - 0,68; \%K_2O - 2,18. \quad (59)$$

Уравнение ионного равновесия:

$$N = 3,1 \cdot \%P_2O_5 = 0,96 \cdot \%K_2O. \quad (60)$$

Полученные нами уравнения показывают взаимодействие ионов при оптимальном уровне питания, которое обусловлено различным содержанием элементов питания. Низкое содержание какого-либо элемента в ткани может объясняться не малым количеством его в почве, а антагонистическим действием другого элемента. В таком случае правильнее воздерживаться от применения ингибирующего элемента, нежели вносить дополнительное количество дефицитного элемента. Как отмечают Ф. Эммерт (1964), Ю.И. Ермохин (1983), Ю.И. Ермохин, Н.К. Трубина, А.В. Синдирева (2002) и другие, высокое содержание какого-либо элемента в растениях может быть результатом обратного процесса – синергетического действия пар ионов. Ниже приводим уравнение, показывающее изменение концентрации питательных элементов в растениях связи с изменением содержания элементов в почве и формирования величины урожая:

Контроль (без удобрения)

I укос: $\%N \approx 3,0$ $\%P_2O_5 \approx 0,67$ $\%K_2O$

II укос: $\%N \approx 2,55$ $\%P_2O_5 \approx 0,94$ $\%K_2O$

Вариант $N_{45}P_{180}K_{360}$

I укос: $\%N \approx 2,96$ $\%P_2O_5 \approx 0,75$ $\%K_2O$

II укос: $\%N \approx 3,1$ $\%P_2O_5 \approx 0,96$ $\%K_2O$

Наивысшая урожайность козлятника восточного была при внесении оптимальных доз и сочетаний удобрений. При биосинтезе урожая, при оптимальном равновесии элементов питания в растениях, каждый процент фосфора притягивает 2,96 и 3,1 % азота, а один % калия 0,75 и 0,96 % при первом и втором укосах урожая при формировании 142,1 т/га зелёной массы за год действия и три года последствия удобрений.

Несколько иное равновесие элементов наблюдается при низком уровне содержания и соотношениях в растениях контрольного варианта. На примере оптимального сбалансированного питания N:P:K можно отметить: если отношение

между $N : P$ будет больше 2,96 (первый укос) и 3,1 (второй укос), изменение концентрации азота во внешней среде (почва) слабо влияет на поглощение N , тогда как дополнительное внесение азота понижает содержание фосфора (P). Если же $N : P < 2,96$ (первый укос) и $< 3,1$ (второй укос), то роль регулятора переходит к фосфору, который ограничивает поглощение азота, тогда как изменение концентрации азота слабо влияет или не влияет на поступление фосфора. Ранее о стехиометрии (взаимодействие ионов) на обратимость взаимодействия пары ионов отмечал Лундегард (1951).

Следует отметить, что в настоящее время в небольшом количестве опубликованных работ механизм взаимодействия ионов является главной темой (Эммерт Т.Ф., 1964; Лундегард Н., 1951; Ермохин Ю.И., 1983).

Однако во многих теоретических исследованиях поглощение и передвижение ионов в растениях затрагивается тема их взаимодействия. Считают, что взаимодействие ионов происходит в результате изменения сходства тканей с питательными элементами, что влияет на распределение последних в растении. Ионы освобождаются из одной ткани и происходит усвоение их другой тканью. Происходит внутреннее распределение, которое характеризуется взаимодействием ионов тканей, из которых состоит растение (Эммерт Т.Ф., 1964; Ермохин Ю.И., 1983).

Таким образом, основой диагностики питания растений является определение оптимального содержания и соотношения элементов питания в растениях (Соколов А.В., 1960; Магницкий К.П., 1972; Петербургский А.В., 1985; Церлинг В.В., 1990; Ермохин Ю.И., 1975, 1995; Ермохин Ю.И., Бобренко И.А., 2005; Синдерева А.В., 2002;).

Химический анализ растений отражает способность культуры извлекать питательные вещества из почвы при определенном сочетании внешних условий, а также биологически объединяет действия многочисленных факторов в формировании величины и качества урожая. Взаимодействие всех факторов на растение козлятника восточного отражается в химическом составе ионного равновесия на основании многолетних полевых опытов с удобрениями козлятника восточного,

полученных величин урожая и химического состава культуры. На основании выявленных математических закономерностей в процессе исследований были установлены оптимальные уровни содержания и соотношения макроэлементов (N-NO₃, P₂O₅, K₂O) питания в серой лесной почве (таблица 30), в растениях козлятника восточного сорта Гале (таблица 31).

Таблица 30 – Оптимальные уровни содержания и соотношения элементов питания в серой лесной почве (2013-2016 гг.)

Содержание	Макроэлементы					Микроэлементы					
	P ₂ O ₅	N-NO ₃	N-NH ₄	K ₂ O	S	Mn	Cu	Zn	B	Co	Mo
Оптим., мг/кг	150	15,0	2,5	112	34	44	9,5	2,8	1,7	1,2	1,3
Оптимальное соотношение											
мг/кг	P ₂ O ₅ ≈10(N-NO ₃)≈2,6(N-NH ₄)≈1,33(K ₂ O)≈4,4S; Mn≈4,6Cu≈15,7Zn≈25,9B≈36,7Co≈33,8Mo										

Дополнительно, на основании проведенных химических анализов серой лесной почвы, для отображения полной картины ионного равновесия приведены данные по содержанию и соотношению микроэлементов, а так же аммиачного азота и серы, которые поясняют, что именно при таком химическом составе в почве проявляются положительные действия внесенных минеральных удобрений (таблица 30, приложение Д, таблица Д.4).

Таблица 31 – Оптимальные уровни содержания и соотношения элементов питания в растениях козлятника восточного в фазу цветения с учётом применения удобрений (2013-2016 г.)

Фаза цветения	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Соотношения
Укосы:	валовые, %			для окислых форм
Первый	1,60	1,30	2,72	%N≈1,23%P≈0,59%K; (60)
Второй	2,10	1,57	2,63	%N≈1,34%P≈0,80%K. (61)
Укосы:	N	P	K	при пересчете на элемент
Первый	1,60	0,57	2,26	% N≈2,96%P≈0,75%K; (62)
Второй	2,10	0,68	2,18	% N≈3,1%P≈0,96%K. (63)

Согласно комплексного метода “ИСПРОД” эффективности удобрений, минерального питания растений научной школы профессора Ю.И. Ермохина, (овощных, кормовых, зерновых, масличных, лекарственных, культур и корне- клубне- плодов) оптимальное содержание элементов питания в растениях и их уравновешенное состояние можно с успехом использовать при прогнозировании действий и очередности применения удобрений. Для этого применяется коэффициент потребности в элементе, показывающий на сколько отклоняется фактическое содержание или соотношение элементов в целых растениях от оптимальных величин:

$$K_n = \frac{N, P, K, \text{ мг/кг или \% (опт.)}}{N, P, K, \text{ мг/кг или \% (факт.)}} \quad \text{или} \quad K_n = \frac{N:P, N:K, P:K \text{ и т.д. (опт.)}}{N:P, N:K, P:K \text{ и т.д. (факт.)}}$$

Если $K_n > 1$, то растения нуждаются в данном элементе и тем сильнее, чем больше коэффициент. При $K_n < 1$ – потребность культуры в этом элементе отсутствует.

Разработанные количественные нормативные агрохимические и физиологические параметры почвы и растений, характеризующие фактическое состояние минерального питания растений в конкретных зональных почвенно-климатических условиях, позволяют прогнозировать эффективность удобрений, величину и качество урожая и управлять эффективным почвенным плодородием и питанием культурных растений, в нашем случае козлятника восточного (Ермохин Ю.И. 1983, 2005, 2014; Лихоманова Л.И., 1986; Володина Т.И., 1986; Масалкин С.Д., 1986; Ракицкий А.Ф., 1989; Трубина Н.К., 1993; Свешников И.А., 1993; Проберж Е.С., 2002; Синдирева А.В., 2002; Бобренко И.А., 2005 и др.).

Таким образом, с помощью многолетних полевых опытов с удобрением козлятника восточного на серых лесных почвах, почвенной и растительной диагностики были выявлены условия питания данной культуры, рассчитаны дозы и эффективность удобрений, используя формулу расчета доз на основе почвенной диагностики:

$$Д = K_n \cdot П \cdot Н. \quad (64)$$

Которая с успехом использовалась научной школой «ИСПРОД» - ОмГАУ при разработанной гибкой системы удобрения овощных, зерновых, кормовых, масличных культур, лекарственных трав в Западной Сибири и Северного Казахстана в 70-90-х годах прошлого столетия и в начале XXI в. (Ермохин Ю.И., 1968, 1975, 1977, 1983, 1991, 1994, 1999, 2014).

6 УДОБРЕНИЯ И КАЧЕСТВО УРОЖАЯ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО

В Омской области по данным ФГБУ «ЦАС «Омский» и ФГБУ САС «Тарская» анализ многолетних исследований показывает, что основная доля заготовленных в хозяйствах кормов имеет 3 и 4 класс качества. На протяжении многих лет в области прослеживается низкая обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином, дефицит которого, при планируемых в области 110 г в кормовой единице, составляет 25 %.

Во всех видах проанализированных кормах отмечается низкое содержание фосфора. При ориентировочной норме в рационе 5,0 г дефицит в отдельные годы достигал 48%.

В северной зоне Омской области на многолетних травах минеральные удобрения в последние двадцать лет не используются в хозяйствах, однако растения растущие длительное время на одном и том же месте и убираемые на корм ежегодно с урожаем выносят особо значимые элементы питания. Отсюда прослеживается снижение урожайности и качества получаемой сельскохозяйственной продукции в виде кормов.

Сравнивая козлятник восточный с другими традиционными кормовыми культурами возделываемыми в Омской области в условиях производства можно увидеть, его высокое кормовое достоинство (таблица 32). Обеспеченность кормовых единиц переваримым протеином составляет в среднем по области 23%, сырого протеина 14,3 %, сырой золы 7,5 %. Поэтому возделывая козлятник восточный как кормовую культуру в Омской области можно получить не только высокий урожай зеленой массы, но и полноценный высокопитательный корм, который по своим достоинствам не уступает другим культурам.

Не смотря на южное происхождение данной культуры, в Омской области ее в основном возделывают в северной зоне, т.е. там, где преобладают почвы с низким естественным плодородием. Однако, даже в таких условиях получают высокий выход зеленой массы, сена, силаж, сенажа и силоса с хорошей питательной цен-

ностью. Корма из растений козлятника характеризуются высокой питательностью, сбалансированным минеральным составом, в том числе по содержанию 18 незаменимых аминокислот.

Таблица 32 – Химический состав и питательная ценность сена многолетней кормовой культуры козлятник восточный по зонам Омской области (Красницкий В.М., 2015)

Зона	В 1 кг корма					
	К.ед., кг	ОЭ, МДж/кг	Перевар. протеин, г	Са, г	Р, г	Каротин, мг
Северная лесостепь	0,47	7,9	98,1	10	1,8	17
Подтайга и тайга	0,49	7,9	97,0	9,5	1,7	17
По области	0,48	7,9	97,6	9,8	1,8	17
Химический состав, %						
Зона	Сух. в-во	Сыр. прот.	Сыр. кл-ка	Сыр. зола	Обеспеченность к.ед. перев. протеином	
Северная лесостепь	88,3	14,8	27,0	7,5	209	
Подтайга и тайга	87,0	13,8	27,5	7,4	198	
По области	87,7	14,3	27,2	7,5	203	

Сравнительный анализ биохимического состава и питательной ценности козлятника и клевера, проведенный агрохимическими лабораториями ФГБУ «ЦАС «Омский» и ФГБУ САС «Тарская», показал, что по качеству сена новая культура не уступает традиционной. В одном килограмме зеленой массы козлятника содержится 0,48 кг кормовых единиц, концентрация переваримого протеина – 97,6 г, а обменной энергии 7,9 МДж на 1 кг сухого вещества. Для сравнения показатели клевера соответственно 0,54 кг, 56,7 г и 7,5 МДж, люцерны соответственно 0,54 кг, 68,3 г и 7,6 МДж (Приложение Л, таблица Л.1).

Определение химического состава зеленой массы козлятника восточного дает полную оценку влияния удобрений не только на величины урожая растений, но и на качество получаемой продукции. Для оценки качества урожая следует знать количественное содержание сухого вещества в нем.

Опыты по изучению влияния минеральных удобрений на урожай и химический состав козлятника восточного показали, что минеральные удобрения не

только повышают урожайность травостоев, но и изменяют его химический состав (таблица 33).

Таблица 33 – Влияние минеральных удобрений на показатели качества козлятника восточного в среднем за первый укос (2014-2016 гг.)

Варианты	Ур-ть сух.в- ва, т/га	Содержание в абсолютно- сухом в-ве, %				Выход сыр. про- теина, кг/га	К.ед., кг/кг	К.ед., кг/га
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	сыр. протеин			
Контроль (без уд.)	2,5	1,41	0,93	2,43	8,69	217	0,54	1350
N ₄₅	3,0	1,58	1,00	2,53	9,81	294	0,62	1860
N ₄₅ P ₁₈₀	3,0	1,67	1,00	2,54	10,38	311	0,66	1980
N ₄₅ P ₃₆₀	3,1	1,71	1,17	1,75	10,69	331	0,69	2139
N ₄₅ P ₅₄₀	3,1	1,63	1,07	2,66	10,13	314	0,71	2201
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	3,2	1,18	1,27	2,72	7,38	236	0,73	2336
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	3,1	1,53	1,23	2,68	9,63	298	0,75	2325
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	3,4	1,60	1,30	2,72	9,94	338	0,87	2958
HCP ₀₅	0,4	-	-	-	-	120	0,06	930,2

Биохимический анализ зелёной массы козлятника восточного в первом укосе показал высокую питательность получаемого корма. Установлено, что наибольшая обеспеченность растений сырым протеином, питательными веществами наблюдалась в варианте с внесением дозы удобрений N₄₅P₁₈₀K₃₆₀. Содержание сырого протеина в зелёной массе козлятника восточного в период первого укоса (бутонизация-цветение) составляло 9,94% (в пересчёте на сухое вещество), то в варианте без использования удобрений снижалось до 8,69%, а доля кормовых единиц при этом уменьшалась до 0,54 кг/кг зеленой массы или до 1350,0 килограмм выхода с одного гектара. Такие различия связаны с особенностями роста и развития козлятника в процессе вегетации (таблица 33, уравнение 65).

Содержание сырого протеина в абсолютно-сухой массе козлятника восточного имеет тесную зависимость от содержания в растении валового азота. Данная зависимость представлена на рисунке 8. Согласно полученным расчетам уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$\text{Первый укос } Y_N = 6,25 \cdot X + 0,007. \quad r = 0,99 \quad (65)$$

Если рассматривать связь по всем вариантам и сравнивать с контролем, то можно увидеть сильную зависимость ($r^2=0,99$) между содержанием в абсолютно-сухом веществе азота и сырого протеина (рисунок 9). При этом для получения сырого протеина в абсолютно-сухом веществе от 8,69 до 10,69% необходимо, чтобы в растении содержалось от 1,18 до 1,71 % общего азота.

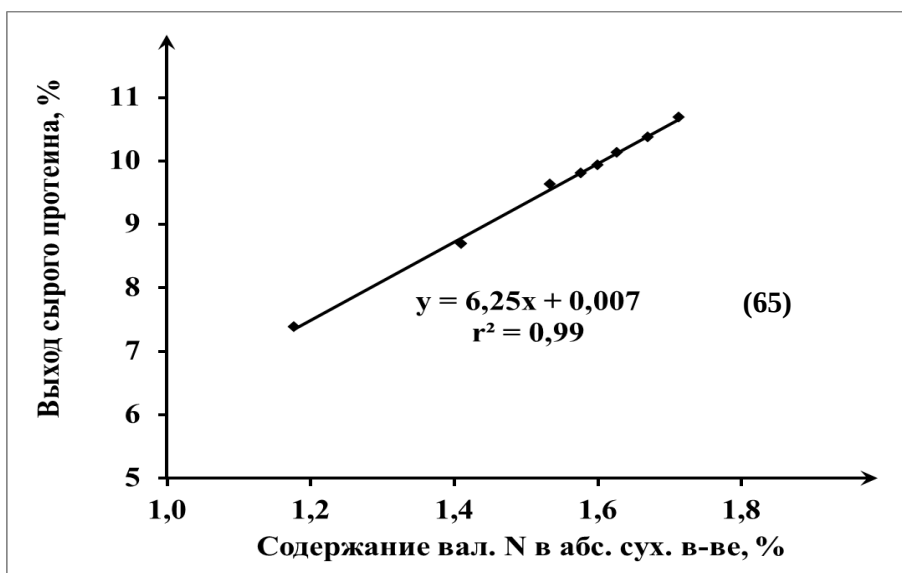


Рисунок 9 – Связь между содержанием %N в растениях первого укоса козлятника восточного и биосинтезом сырого протеина

Во втором укосе кормовая ценность растений козлятника была выше, чем в первом, что связано с преобладанием в травостое отавы листьев – 70-80%. При втором укосе козлятника восточного сырого протеина в растениях контрольного варианта было больше на 1,52%, чем при первом (таблица 34).

Согласно биохимических анализов листья по питательности значительно превосходят стебли. Доля их в биомассе первого укоса составляла 55-60, второго – до 80%. Высокая зависимость ($r=0,99$) наблюдается между содержанием в растении козлятника восточного валового азота и сырого протеина (рисунок 10, уравнение 66):

$$\text{Второй укос } Y_{\text{протеина}} = 6,18 \cdot X + 0,12. \quad r = 0,99 \quad (66)$$

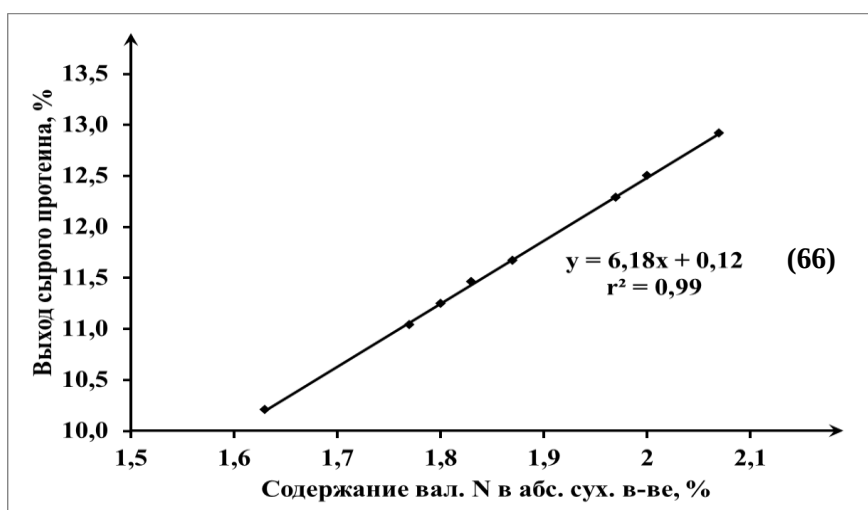


Рисунок 10 – Связь между содержанием в абсолютно-сухом веществе растений козлятника восточного азота и биосинтезом сырого протеина во втором укосе (2014-2016 гг.)

Содержание сырого протеина в зависимости от дозы вносимых удобрений изменялось от 11,06 до 12,94% (таблица 34).

Таблица 34 – Влияние минеральных удобрений на показатели качества козлятника восточного в среднем за второй укос (2014-2016 гг.)

Варианты	Ур-ть сух. в- ва, т/га	Содержание в абсолютно- сухом в-ве, %				Выход сыр. про- теина кг/га	К.ед., кг/кг	К.ед., кг/га
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Сыр. протеин			
Контроль (без уд.)	1,9	1,63	1,47	2,10	10,19	193,6	0,58	1102
N ₄₅	2,7	1,87	1,50	2,37	11,69	315,6	0,64	1728
N ₄₅ P ₁₈₀	2,5	1,80	1,50	2,40	11,25	281,3	0,70	1750
N ₄₅ P ₃₆₀	2,7	2,00	1,60	1,83	12,50	337,5	0,73	1971
N ₄₅ P ₅₄₀	2,8	1,83	1,63	2,53	11,44	320,3	0,69	1932
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	2,8	1,77	1,63	2,57	11,06	309,8	0,65	1820
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	2,9	1,97	1,70	2,57	12,31	357,1	0,74	2146
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	3,2	2,07	1,57	2,63	12,94	414,0	0,81	2592
НСР ₀₅	0,5	-	-	-	-	100	0,05	1024,33

Содержание фосфора в процентах на абсолютно сухое вещество составляло в среднем за 2014-2016 гг. от 1,50 до 1,70% и, судя по рекомендуемым (Ю.К. Оллем, 1967) нормам (2,5-3,5 %), удовлетворяет потребности в нём КРС (Казанцев В.П., 2012). Калия (норма 0,9-1,0%) в корме достаточно от 1,83 до 2,63%.

Применение удобрений значительно увеличивает содержание основных минеральных веществ в зеленой массе, а соответственно и общий вынос элементов с единицы площади (Авдонин Н.С., 1940). Особенно высокий вынос азота из почвы растениями в варианте при полном сочетании удобрений $N_{45}P_{180}K_{360}$, при этом так же увеличивался коэффициент использования питательных веществ из почвы и коэффициент использования удобрений.

Данные таблицы 35 показывают, что в зависимости от уровней и соотношений применяемых доз минеральных удобрений на серых лесных почвах под кормовую культуру козлятник восточный изменяется и уровень обеспеченности растений азотом, что сказывается на формировании протеина.

Таблица 35 – Биосинтез протеина в зависимости от уровня обеспеченности растением азотом в фазу цветения, в среднем за два укоса (2014-2016 гг.)

Варианты	Содержание в %				
	N в растениях	Сырого протеина, % П			
		факт.	Прогноз		
			к 6,25	к 6,18	Уравнение:
Контроль (без уд.)	1,52	9,44	8,69	10,19	$\%П = 6,25 \cdot X + 0,007$ (67)
N_{45}	1,72	10,75	9,81	11,69	
$N_{45}P_{180}$	1,74	10,82	10,38	11,25	
$N_{45}P_{360}$	1,86	11,60	10,69	12,50	$\%П = 6,18 \cdot X + 0,120$ (68)
$N_{45}P_{540}$	1,73	10,79	10,13	11,44	
$N_{45}P_{180}K_{180}$	1,47	9,22	7,38	11,06	
$N_{45}P_{360}K_{180}$	1,75	10,97	9,63	12,31	
$N_{45}P_{180}K_{360}$	1,84	11,44	9,94	12,94	

В результате применения удобрений в соотношении N : P равном 1 : 8, растение козлятника восточного было обеспечено азотом (1,84 : 1,52) в 1,21 раза выше. Коэффициентом 1,18 (1,47 : 1,25) оценивается уровень питания фосфором. Если при внесении азотных-фосфорных удобрений под козлятник восточный в сочетании 1:8 соотношение между азотом и фосфором в растении в фазу цветения было 1:5, то вариант $N_{45}P_{180}K_{180}$ отмечен самым низким уровнем формирования протеина, соотношение N : P было очень низким (0,98), что указывает на несбалансированность азотно-фосфорного питания (таблица 36).

При внесении различных сочетаний азотно-фосфорно-калийных удобрений в серую лесную почву происходит взаимовлияние между катионами и анионами почвы на растворимость солей и их доступность растениям, о чём было отмечено нами ранее в разделе 4 и рядом ученых (Буазен, 1964; Ермохин Ю.И., 1993, 2014 т.2; Ермохин Ю.И., Синдирева А.В., 2002).

Таблица 36 – Влияние минеральных удобрений на показатели качества козлятника восточного в среднем за два укоса (2014-2016 гг.)

Варианты	Ур-ть сух.в- ва, т/га	Содержание в абсолютно- сухом в-ве, %				Выход сыр. про- теина, кг/га	К.ед., кг/кг	К.ед., кг/га
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	сыр. про- теин			
Контроль (без уд.)	2,20	1,52	1,20	2,27	9,44	208	0,56	1232,0
N ₄₅	2,85	1,72	1,25	2,45	10,75	306	0,59	1681,5
N ₄₅ P ₁₈₀	2,75	1,74	1,25	2,47	10,82	298	0,62	1705,0
N ₄₅ P ₃₆₀	2,90	1,86	1,38	1,79	11,6	336	0,64	1841,5
N ₄₅ P ₅₄₀	2,95	1,73	1,35	2,60	10,79	318	0,62	1814,3
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	3,00	1,47	1,45	2,65	9,22	277	0,60	1785,0
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	3,00	1,75	1,47	2,62	10,97	329	0,64	1920,0
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	3,30	1,84	1,44	2,68	11,44	378	0,68	2227,5
HCP ₀₅	0,45	-	-	-	-	110	0,06	1130,2

Химический анализ растений козлятника восточного в фазу цветения показывает, что определение содержания общего азота позволяет успешно диагностировать уровень сырого протеина по укосам урожая, что указывает на максимальный сбор сырого протеина с единицы площади. В работе представлены формулы (67, 68) прогноза сырого протеина в растениях козлятника восточного первого и второго укоса за 2014-2016 гг.

Таким образом, на основании полученных результатов появилась возможность в период роста и развития растений (фаза цветения) диагностировать и управлять формированием качества растениеводческой продукции на основе метода растительного анализа представленными ранее в литературе такими учеными как: Н.К. Болдырев, 1961, 1965; А.В. Петербургский, 1964; Ю.И. Ермохин, 1968, 1975, 2014; И.А. Бобренко, 2005 и другие.

7 БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД КОЗЛЯТНИК ВОСТОЧНЫЙ НА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

7.1 Биоэнергетическая эффективность применения минеральных удобрений

Растениеводство, базирующееся на производстве различных групп культур зерновых (многолетние и однолетние травы, силосные, корнеплоды и зернофуражные культуры), требует значительных энергетических затрат и характеризуется интенсивным воздействием на окружающую среду. В связи с этим анализ затрат энергии и разработка принципов ресурсосбережения в растениеводстве является приоритетным направлением научных исследований и актуальной практической задачей (Казанцев В.П., 2008).

Проблема увеличения урожайности культур в сельском хозяйстве связана с интенсификацией производства и сопровождается увеличением затрат невозобновляемой энергии, в том числе и за счет возрастающего применения минеральных удобрений. Поэтому важно, уже сегодня разрабатывать и использовать энергопротивозатратные технологии производства, при которых меньше расходуется энергии на производство растениеводческой продукции. В настоящее время разработана методика определения энергетической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур, позволяющая оценить энергетическую эффективность применения минеральных удобрений (Булаткин Г.А., 1983; Жученко А.А., 1990; Ермохин Ю.И., Неклюдов А.Ф., 1994; Абрамов Н.В., 1993).

Мероприятия по применению удобрений в сельском хозяйстве должны быть энергетически целесообразны. В нашей стране удельный вес удобрений в приросте урожая в Черноземной зоне составляет 40-50%, в Нечерноземной зоне, где преобладают менее плодородные дерново-подзолистые и серые лесные почвы —

до 60-75%, в Средней Азии на орошении – до 50-60% (Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т., 1993).

Расчеты энергетической эффективности дают более объективное и долгосрочное представление об эффективности удобрений. Суть энергетического анализа состоит в том, что все количественные показатели – фактическая прибавка урожая сельскохозяйственных культур от удобрений и затраты на применение удобрений – выражаются в энергетическом эквиваленте – джоулях (Ермохин Ю.И., Неклюдов А.Ф., 1994).

Энергетическую эффективность минеральных удобрений определяли по энергоотдаче или по биоэнергетическому коэффициенту полезного действия (КПД) их применения. Для его определения использовали и вычисляли следующие показатели:

- приходная часть – количество энергии (V_{f0} , МДж/га), накопленной в надземной массе от применения минеральных удобрений:

- расходная часть – энергетические затраты (A_o , МДж) на применение минеральных удобрений, на уборку урожая, уход за посевами и т.д.

В нашем опыте при наилучшем варианте с дозами удобрений ($N_{90}P_{180}K_{360}$) урожайность козлятника восточного за 2013-2016 гг. составила в сумме 142,1 т/га биомассы, а на контроле – 96,7 т/га (прибавка 45,4 т/га).

Количество энергии (V_{f0} = МДж/га), накопленной в надземной массе козлятника восточного определяли по формуле:

$$V_{f0} = Y_n \cdot R_{il} \cdot 100, \quad (69)$$

где Y_n – прибавка сухого вещества козлятника восточного от применения удобрений, ц/га;

100 – коэффициент перевода ц в кг;

R_{il} – коэффициент перевода единицы с.-х. продукции в сухое вещество;

Для козлятника восточного содержание энергии в 1 кг сухого вещества – 18,91 МДж (Ю.И. Ермохин, В.М. Красницкий, 2000). Отсюда:

$$V_{f0} = 454 \cdot 5,46 \cdot 100 = 247884 \text{ МДж/га.}$$

Энергетические затраты (A_0 , МДж) на применение минеральных удобрений определяли по формуле 70:

$$A_0 = (H_N \cdot a_N) + (H_P \cdot a_P) + (H_K \cdot a_K) + (U_P \cdot a_{уб}) + (H_{ф.в.} \cdot a_{в.н}), \quad (70)$$

где H_N, H_P, H_K – фактические дозы внесения азотных, фосфорных, калийных удобрений, кг д.в./га;

U_P – прибавка урожая от применения удобрений, ц/га;

$H_{ф.в.}$ – дозы азота, фосфора и калия в физической массе, ц/га;

$a_{уб}, a_{в.н}$ – затраты энергии на уборку и внесение удобрений, МДж;

$a_{Nар}, a_K$ – энергозатраты в расчете на 1 кг д.в. азотных, фосфорных и калийных удобрений.

В наших исследованиях энергозатраты равны:

$$A_0 = (45 \cdot 86,8) + (180 \cdot 12,6) + (360 \cdot 8,3) + (454 \cdot 16,1) + (12,26 \cdot 587,7) = 21540,9 \text{ МДж.}$$

Расчет энергетической эффективности (энергоотдача или биоэнергетический КПД) применения удобрений (η) определяем по формуле 71:

$$\eta = \frac{V_{f_0} \text{ МДж / га}}{A_0 \text{ МДж / га}} = \frac{247884,0}{21540,9} = 11,5 \text{ ед. : 4 года} = 2,88 \text{ ед.} \quad (71)$$

где V_{f_0} – количество энергии, получаемой в прибавке продукции от минеральных удобрений, МДж;

A_0 – энергетические затраты на применение минеральных удобрений, МДж.

При $\eta = 2,88$ можно сделать вывод, что с энергетической точки зрения применения удобрений при возделывании козлятника восточного было эффективным, так как энергоотдача превышала единицу. Ежегодно, в течение четырех лет действия и последствий разового внесения удобрений под козлятник восточный на серой лесной почве на единицу энергетических затрат энергии содержащейся в прибавке урожая от минеральных удобрений получено 2,88 единиц энергии.

Таким образом, при внесении минеральных удобрений в следующем сочетании $N_{45}P_{180}K_{360}$ под козлятник восточный за 2013-2016 гг. на единицу энергетических затрат за один вегетационный период получено 2,88 единиц

энергии содержащейся в прибавке урожая от минеральных удобрений в год. Результаты подобного расчета энергетической эффективности применения минеральных удобрений под козлятник восточный представлены в таблице 37.

Таблица 37 – Биоэнергетическая эффективность применения минеральных удобрений на серых лесных почвах под козлятник восточный рассчитанная на прибавку урожайности зеленой массы (т/га), в сумме за 2013-2016 гг.

Варианты	Сумма урожаев за 4 года, т/га	Прибавка урожая, т/га	Затраты энергетические (A_0), МДж/га	Общее содержание энергии в продукции (V_0), МДж	Прирост энергии, МДж/га	Энергетическая эффективность, $\eta_{ед}$	За один вегетационный период, $\eta_{ед}$
Контроль	96,7	-	-	-	-	-	-
N ₄₅	109,9	13,2	6436,4	72072,0	65635,6	11,20	2,80
N ₄₅ P ₁₈₀	131,3	34,6	13836,9	188916,0	175079,1	13,65	3,41
N ₄₅ P ₃₆₀	134,3	37,6	18279,1	205296,0	187016,9	11,23	2,81
N ₄₅ P ₅₄₀	114,7	18,0	19078,6	98280,0	79201,4	5,15	1,29
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	120,5	23,8	15080,7	129948,0	114867,3	8,62	2,16
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	131,4	34,7	20794,8	189462,0	168667,2	9,11	2,28
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	142,1	45,4	21540,9	247884,0	226343,1	11,51	2,88

По данным таблицы можно наблюдать, что при выращивании козлятника восточного с применением полного минерального удобрения в сочетании азота, фосфора и калия коэффициент полезного действия изменялся в пределах от 2,16 до 2,88 МДж, при внесении фосфорного удобрения по азотному фону величина КПД может составить 1,29-3,41 МДж. При внесении сочетаний удобрений N₄₅P₁₈₀K₃₆₀ коэффициент полезного действия получен достаточно высокий 2,88 МДж, что указывает на высокую энергоотдачу совместного применения азотно-фосфорно-калийных удобрений в сочетании 1:4:8 в оптимальных дозах.

Таким образом, расчет энергетической эффективности применения удобрений позволит наиболее точно, объективно и всесторонне оценить систему

удобрений во всех технологических процессах, связанных с возделыванием козлятника восточного.

7.2 Экономическая эффективность применения минеральных удобрений

Главным критерием оценки прикладных научных исследований является получение экономической эффективности от реализации предлагаемых результатов.

Экономическая оценка научных исследований осуществляется путем сравнения натуральных и стоимостных показателей рассчитываемого варианта (нового) с базовым. За эталон для сравнения принимается высший фактически достигнутый уровень. Сопоставление вариантов производится при равенстве всех условий, кроме тех изменений, которые предполагается получить в производстве от внедрения результатов научных исследований.

Для экономической оценки внесения удобрений, а также комплекса агромероприятий использовалась система показателей, основными из которых являются выход продукции с 1 га посева в натуральном и стоимостном выражении; себестоимость 1 ц продукции, трудоемкость продукции, чистый доход, рентабельность и окупаемость затрат.

При расчете экономической эффективности сумма затрат на возделывание козлятника восточного включает расходы на подготовку поля перед посевом, высев семян, уход за посевами, уборку урожая, транспортировку, сушку. Эти затраты определялись путем расчета технологических карт (приложение Н, таблицы Н.1-Н.15).

Стоимость ГСМ и удобрений бралась согласно ценам, сложившимся на рынке в 2013-2016 гг. Стоимость используемых удобрений определяли по оптовым ценам 2013 г. (год когда удобрения вносились в запас), на тот момент цена карбамида составила – 9999 руб./т, калий сернокислый – 9420 руб./т, двойного суперфосфата – 14100 руб./т. В дальнейшем (2014-2016 гг.) в связи с тем, что минеральные удобрения не вносились в затраты учитывались стоимостные показатели потраченные на боронование посевов, уборку и транспортировку полученной продукции.

Чистый доход от применения минеральных удобрений рассчитывался по формуле 72:

$$\text{Чд} = \text{С} - \text{А}_0, \quad (72)$$

где С – стоимость полученной продукции, руб.; А_0 – сумма затрат, связанных с применением удобрений для получения прибавки урожая, руб.

Рентабельность применения удобрения определялась по формуле 73:

$$\text{Р} = (\text{Чд} / \text{А}_0) \cdot 100, \quad (73)$$

где Чд – чистый доход, руб.; А_0 – сумма затрат, связанных с применением удобрений для получения прибавки урожая, руб.

Себестоимость продукции рассчитывали по формуле 74:

$$\text{Сс} = \text{А}_0 / \text{У}, \quad (74)$$

где У – урожайность, ц/га; А_0 – сумма затрат, связанных с применением удобрений для получения прибавки урожая, руб.

Экономическая эффективность возделывания козлятника восточного сорта Гале в зависимости от доз вносимых минеральных удобрений рассчитывалась по следующим показателям: урожайность, затраты, себестоимость, стоимость продукции, чистый доход, рентабельность. Экономические показатели рассчитывались на основе технологических карт (приложения Н, таблицы Н.1-Н.14), расчета фонда заработной платы и себестоимости единицы продукции (приложение Н, таблицы Н.15, Н.16). В приложении М, таблица М.1 приведены расчеты экономической эффективности по годам. Расчёты экономической эффективности системы возделывания козлятника восточного на биомассу с применением различных доз и сочетаний минеральных удобрений в сумме за 2013-2016 гг. представлены в таблице 38.

Наибольшие экономические затраты при выращивании козлятника восточного и внесении минеральных удобрений получены в вариантах с внесением самых высоких доз фосфорных ($\text{N}_{45}\text{P}_{540}$) и фосфорно-калийных удобрений ($\text{N}_{45}\text{P}_{360}\text{K}_{180}$) (таблица 38). Это связано с тем, что при внесении минеральных удобрений учитываются затраты на их приобретение. При внесении только фосфорных на фоне азотных удобрений наибольший экономический эффект полу-

чен в варианте $N_{45}P_{180}$, затем $N_{45}P_{360}$ при уровне рентабельности 73,8 и 63,1% соответственно.

Таблица 38 – Экономическая эффективность возделывания козлятника восточного на зеленую массу с применением различных доз и сочетаний минеральных удобрений в сумме за 2013-2016 гг

Варианты	Затраты на 1 га	Стоимость продукции	Условный чи- стый доход	Себесто- имость	Рента- бельность, %
	руб./га				
Контроль (без уд.)	52442	71620	19178	542	36,6
N ₄₅	51152	81880	30728	465	60,1
N ₄₅ P ₁₈₀	55282	96065	40783	421	73,8
N ₄₅ P ₃₆₀	59402	96880	37478	442	63,1
N ₄₅ P ₅₄₀	63532	85925	22393	554	35,2
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	58032	90665	32633	482	56,2
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	62162	100810	38648	473	62,2
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	60792	113810	53018	428	87,2

Применение минеральных удобрений способствовало снижению себестоимости получаемого урожая зеленой массы с единицы площади, особенно при комбинации $N_{45}P_{180}$ и $N_{45}P_{180}K_{360}$, на данном варианте снижение себестоимости произошло на 22 % по сравнению с контролем. Внесение одного азотного удобрения снижало себестоимость продукции до 465 руб./га, по сравнению с контролем. При этом отмечается резкое увеличение себестоимости козлятника восточного при внесении разных доз азотно-фосфорных удобрений, по сравнению с другими удобренными вариантами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Под многолетнюю кормовую культуру козлятник восточный в условиях подтаежной зоны Западной Сибири на серой лесной почве при содержании в слое 0-30 см нитратного азота – 9,5, подвижного фосфора – 75,4, обменного калия – 63,4 мг/кг, установлены оптимальные дозы минеральных удобрений ($N_{45}P_{180}K_{360}$). Максимальная урожайность биомассы козлятника восточного за 2013-2016 г.г. от одного года действия и трех лет последействия азотно-фосфорно-калийных удобрений ежегодно на этом варианте составила 35,5 т/га, что на 46,7% выше контрольного. Положительное действие и последействие минеральных удобрений, при разовом применении под козлятник восточный, проявилось в течении 4-х лет, что позволило получить в сумме 142,1 т/га, при контрольном варианте урожая 96,7 т/га. Каждый килограмм внесенных в почву удобрений в сочетании 1:4:8 дал дополнительно за четыре года 77,6 кг биомассы кормовой культуры.

2. С целью прогнозирования содержания элементов питания в серой лесной почве и расчета доз вносимых минеральных удобрений на основе математических моделей связи в системе: «NPK удобрений – почва» – идентификации ответной реакции данной почвы, установлены количественные характеристики ($\langle b \rangle_{x/y}$) интенсивности действия единицы поступившего элемента удобрений на химический состав почвы, мг/кг (D_N , кг/га: $\langle b_N \rangle$ – 0,27, $\langle b_{K_2O} \rangle$ – 0,11; DP_2O_5 , кг/га: ($\langle b \rangle_{P_2O_5}$ – 0,131: $\langle b \rangle_{K_2O}$ – 0,024; DK_2O , кг/га: $\langle b \rangle_{P_2O_5}$ – 0,11, $\langle b \rangle_{K_2O}$ – 0,11) и предложены формулы (19-20).

3. Установлена высокая зависимость урожайности козлятника восточного от содержания подвижного фосфора и обменного калия в слое 0-30 см почвы (уравнения 22, 23), что создало предпосылки к разработке оптимальных уровней содержания (а, мг/кг) и соотношения (б, в мг/кг) элементов в почве для конкретных урожаев данной культуры, мг/кг:

а) $N-NO_3$ – 15,5; $N-NH_4$ – 2,5; P_2O_5 – 150; K_2O – 112; S – 34; Mn – 44, Cu – 9,5; Zn – 2,8; B – 1,7; Co – 1,2; Mo – 1,3 мг/кг;

б) $P_2O_5 \approx 9,7(N-NO_3) \approx 2,6(N-NH_4) \approx 1,33(K_2O) \approx 4,4S$;

в) $Mn \approx 4,6$; $Cu \approx 15,7$; $Zn \approx 25,9$; $B \approx 36,7$; $Co \approx 33,8$; Mo ;

4. Разработаны агрохимические и физиологические характеристики эффективности применения азотно-фосфорно-калийных удобрений под козлятник восточный при возделывании на серой лесной почве: коэффициенты использования элементов питания из почвы (КИП, %): $N-NO_3 - 76$; $P_2O_5 - 25$; $K_2O - 62$; показатель эффективности удобрений (ПЭУ, %): $N-NO_3 - 97,1$; $P_2O_5 - 18,5$; $K_2O - 17,1$. Количественная характеристика мобилизации азота в почве под растением в процессе онтогенеза культуры – $N_m = 119,8$ кг/га.

5. На основе математического моделирования связи в системе «почва-растение-урожай» с использованием данных полевых опытов почвенного и растительных анализов были установлены оптимальные уровни и соотношения элементов питания в растениях (%) в фазу цветения: первый укос $N - 1,60$, $P_2O_5 - 0,57$ и $K_2O - 2,26$; второй укос: $N - 2,10$; $P_2O_5 - 0,68$, $K_2O - 2,18$. Согласно, ионного равновесия в растении - каждый процент фосфора притягивает 2,96 и 3,1 % азота, а один % калия 0,75 и 0,96 % процента азота при биосинтезе сухого вещества (уравнения 62, 63), что позволяет по формулам растительного анализа на ходу процесса роста и развития влиять на величины и качество урожая.

6. Установлены зависимости между содержанием азота в растениях в фазу цветения и биосинтезом протеина, что позволило предложить формулы расчета протеина в фазу цветения растений козлятника восточного:

$$\text{Первый укос } Y_N = 6,25 \cdot X + 0,007; r = 0,99;$$

$$\text{Второй укос } Y_N = 6,18 \cdot X + 0,12. r = 0,99$$

Предложенный комплексный метод почвенно-растительной оперативной диагностики в условиях Западно-Сибирского Нечерноземья позволяет создать гибкую систему удобрения полей, нести дежурство в применении удобрений, чтобы не нарушить равновесие элементов питания в почве и растениях и улучшить биологическое качество растениеводческой продукции. Использование полученных характеристик позволяет научно прогнозировать действие азотно-фосфорно-калийных удобрений на урожайность, химический состав почвы и растений и

проводить коррекцию питания козлятника восточного, используя формулы растительного анализа: $D = (\Theta_o - \Theta_f)^2 / (\langle b \rangle \cdot \Theta_o)$; $D = K_p \cdot P \cdot H$

где, Θ_o и Θ_f – оптимальное и фактическое содержание элементов питания; $\langle b \rangle$ – коэффициент интенсивности действия единицы внесённого минерального удобрения (1 кг д.в./га) на химический состав почвы (мг/кг); K_p – потребность культуры во внесении минеральных удобрений, кг/га; P – прибавка урожая, т/га; D – доза удобрения, кг/га.

7. Установлена высокая биоэнергетическая и экономическая эффективность применения азотно-фосфорно-калийных минеральных удобрений под козлятник восточный ($\eta = 2,88$). Не смотря на высокие затраты связанные с технологией возделывания козлятника восточного ($N_{45}P_{180}K_{360}$) – 60792 руб. за гектар и 21540,9 МДж/га, чистый доход за счет удобрения составил 53018 рублей, прирост энергии 226343,1 МДж/га, при рентабельности 87,2%, себестоимости продукции 428 руб./га ниже не удобренного варианта в 1,3 раза.

8. При возделывании козлятника восточного на серой лесной почве Западной Сибири с целью получения высокого и качественного урожая минеральные удобрения следует применять на основе разработанных нормативных показателей комплексного метода почвенно-растительной диагностики (система «ИСПРОД-ОмГАУ», Ю.И. Ермохина, 1983) учитывающего три основных принципа:

1) способности почв удовлетворить потребность растений козлятника восточного в питательных веществах (NPK и ряда микроэлементов);

2) потребности растений и их способности к усвоению питательных веществ в конкретных условиях сельскохозяйственного производства (КИУ, ПЭУ, КИП, N_m , вынос элементов питания);

3) состоянии питания растений и расчета доз удобрений в период роста и развития (оптимальные уровни и соотношение макро- и микроэлементов в растениях козлятника восточного в фазу (цветения), K_p – коэффициент потребности в питательных веществах, $\langle b_N \rangle$, $\langle b_P \rangle$, $\langle b_K \rangle$ – коэффициенты интенсивности действия внесенных удобрений на его химический состав). Модель режима минерального питания козлятника восточного приведена на рисунке 11:

МОДЕЛЬ РЕЖИМА МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО СИСТЕМА «ИСПРОД-ОмГАУ»

«СИСТЕМА РД»
ОПТИМАЛЬНЫЕ
УРОВНИ В
РАСТЕНИЯХ

Укосы растений	Содержание в %							
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mo	Co	Mn	Cu	Zn
первый	1,60	1,30	2,72	2,25	0,118	32,10	3,31	26,1
второй	2,10	1,57	2,63	2,41	0,134	32,26	3,47	26,26

Расчет доз вносимых минеральных удобрений, кг д.в./га:
- на основе РД, для коррекции питания:
$$Д = \frac{(\mathcal{E}_0 - \mathcal{E}_\Phi)^2}{\langle b \rangle \cdot \mathcal{E}_0}, \quad Д = K_n \cdot П \cdot Н.$$

- на основе ПД, в основное внесение:
$$Д_n = \frac{Д_0 - X_n}{X_n}.$$



	Первый год жизни			Второй год жизни			Третий год жизни			Четвертый год жизни		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вынос, кг/га	18	25	47	99	78	146	92	96	192	96	106	189
КНИ, %	35	7	16	76	23	50	72	26	79	73	28	77
Nм, кг/га	37	-	-	116	-	-	121	-	-	128	-	-

«СИСТЕМА ПД»	
Оптимальное содержание:	Оптимальное соотношение:
а) N-NO ₃ – 15,0; N-NH ₄ – 2,5; P ₂ O ₅ – 150; K ₂ O – 112; S – 34; Mn – 44, Cu – 9,5; Zn – 2,8; B – 1,7; Co – 1,2; Mo – 1,3 мг/кг. P ₂ O ₅ ≈ 10(N-NO ₃) ≈ 2,6(N-NH ₄) ≈ 1,33(K ₂ O) ≈ 4,4S; Mn ≈ 4,6Cu ≈ 15,7Zn ≈ 25,9B ≈ 36,7Co ≈ 33,8Mo.	

Рисунок 11 – Модель режима минерального питания козлятника восточного на основе интеграционной системы почвенно (ПД)-растительной (РД) оперативной диагностики «ИСПРОД-ОмГАУ» (Ю.И. Ермохина, 1983), разработанная на основе научно-исследовательской работы 2013-2016 гг.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

На серой лесной почве Западной Сибири при возделывании козлятника восточного, минеральные удобрения (вносимые под основную обработку в запас на 4 года с целью получения наивысшей урожайности, а так же экономии трудовых и денежных ресурсов), следует применять в дозах $N_{45}P_{180}K_{360}$ кг д.в./га или в соотношении 1:4:8, на основе разработанных нормативных показателей комплексного метода почвенно-растительной диагностики (система «ИСПРОД»):

1. Оптимальный состав (**а, мг/кг**) и соотношение (**б, мг/кг**) макроэлементов, (**в, мг/кг**) и дополнительно микроэлементов, обеспечивающий стабильный урожай зеленой массы:

а) $N-NO_3 - 15,5$; $N-NH_4 - 2,5$; $P_2O_5 - 150$; $K_2O - 112$; $S - 34$; $Mn - 44$, $Cu - 9,5$; $Zn - 2,8$; $B - 1,7$; $Co - 1,2$; $Mo - 1,3$ мг/кг;

б) $P_2O_5 \approx 9,7(N-NO_3) \approx 2,6(N-NH_4) \approx 1,33(K_2O) \approx 4,4S$;

в) $Mn \approx 4,6Cu \approx 15,7Zn \approx 25,9B \approx 36,7Co \approx 33,8Mo$;

2. Коэффициенты использования элементов питания из почвы, %:

а) $N-NO_3 - 76$; **б)** $P_2O_5 - 25$; **в)** $K_2O - 62$;

3. Показатель эффективности удобрений в слое почвы 0-30 см, %:

$N-NO_3 - 97,1$; $P_2O_5 - 18,5$; $K_2O - 17,1$;

4. Нормы потребления элементов питания, кг/т: $N - 3,3$; $P_2O_5 - 2,5$; $K_2O - 4,7$.

5. Оптимальные уровни содержания и соотношения элементов питания в растениях козлятника восточного в фазу цветения.

Фаза цветения	Валовое содержание, %					
	N	P_2O_5	K_2O	N	P	K
Первый укос	1,60	1,30	2,72	1,60	0,57	2,26
Второй укос	2,10	1,57	2,63	2,10	0,68	2,18
Оптимальное соотношение						
$\% N = 2,96 \cdot \% P_2O_5 = 0,75 \cdot \% K_2O$				$\% N = 3,1 \cdot \% P_2O_5 = 0,96 \cdot \% K_2O$		

6. Расчет доз вносимых минеральных удобрений проводить по формулам:

— в основное внесение на основе химического состава почвы:

$$D_N = 427,5 / N-NO_3 \text{ мг/кг};$$

$$D_{P_{2O_5}} = 13572,0/P_2O_5 \text{ мг/кг};$$

$$D_{K_2O} = 22824/K_2O \text{ мг/кг};$$

– для коррекции питания на основе растительной диагностики:

$$D = \frac{(\Theta_o - \Theta_{\phi})^2}{\text{«b»} \cdot \Theta_o}, \quad D = K_{\Pi} \cdot \Pi \cdot H.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов А.А. Роль козлятника восточного в биологическом земледелии / А.А. Абрамов // Козлятник восточный – проблемы возделывания и использования: тез.докл. 3-го межрегион. научн.-произв. семинара 7-11 июня. – Пенза, 1993. – С. 45-46.
2. Авдонин Н.С. Критические периоды и периоды максимальной эффективности в питании растений / Н.С. Авдонин // Химизация соц. земледелия. – 1940. – №7. – С. 25-31.
3. Авдонин Н.С. Агрохимия / Н.С. Авдонин. – М.: Изд-во МГУ, 1982. – 344с.
4. Агроклиматические ресурсы Омской области. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 188 с.
5. Алабушев В.А. Растениеводство: Учебное пособие / В.А. Алабушев. – Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2001. – 384 с.
6. Алтунин А.Д. Удобрение сенокосов и пастбищ в Нечерноземной зоне / А.Д. Алтунин. – М.: Россельхозиздат, 1983. – 143 с.
7. Андреев Н.Г. Луговое хозяйство / Н.Г. Андреев. – М.: Колос, 1966. – 511 с.
8. Афондулов К.П. Удобрения под планируемый урожай / К.П. Афондулов, А.И. Лантухова. – М.: Колос, 1973. – 273 с.
9. Бадмаев В.В. Использование сена из козлятника восточного в рационах баранчиков на откорме: Автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.02.02 / Бадмаев В.В. – п. Дубровицы, Московской обл., 2004. – 23 с.
10. Башкин В.Н. Агрогеохимия азота / В.Н. Башкин. – Пушкино: ОНТИ ИН-НЦБИ АН СССР, 1987. – 270 с.
11. Бергман В. Анализ почв и применение удобрений / В. Бергман, А. Гютер, В. Виттер. – М.: Колос, 1969. – 103 с.
12. Бенц В.А. Интенсификация технологии возделывания кормовых культур: теория и практика / В.А. Бенц, Г.А. Демарчук, А.А. Закладная, Г.Н. Калюк. – М., 1990. – 13-22 с.

13. Бойко В.С. Многолетние травы в системе орошаемого кормопроизводства / В.С. Бойко // Аграрная наука. – 1998. – №9-10. – С.19-21
14. Болдырев Н.К. Анализ листьев как метод определения потребности растений в удобрениях (Листовая диагностика): Учебное пособие. / Н.К. Болдырев. – Омск: ОмСХИ, 1970. – 125 с.
15. Болдырев Н.К. Анализ листьев как метод определения потребности растений в удобрениях: Учебное пособие / Н.К. Болдырев. – Омск: ОмСХИ, 1970. – 125 с.
16. Болдырев Н.К. Комплексный метод листовой диагностики условий питания, величины и качества урожая сельскохозяйственных культур: Автореф. дис. доктора с.-х. наук / Н.К. Болдырев. – М., 1972. – 48 с.
17. Болдырев Н.К. Листовая диагностика условий питания и качества зерна яровой пшеницы в связи с применением удобрений: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. / Болдырев Н.К. – Омск, 1961. – 26 с.
18. Болдырев Н.К. Опыт повышения эффективности химизации земледелия в Омской области / Болдырев Н.К. – Омск: ОмСХИ, 1977. – 36 с.
19. Болдырев Н.К. Опыт применения методов почвенной и листовой диагностики для определения доз удобрений / Н.К. Болдырев, Н.П. Шерстов, Н.П. Белов // Агрохимия. – 1965. – №7. – С. 119-130.
20. Браунштейн А. Е., Главные пути ассимиляции и диссимиляции азота у животных, "Баховские чтения" – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 12 с.
21. Брезгунов В.С. Растительная диагностика как основа контроля и регулирования пищевого режима в современной земледелии / В.С. Брезгунов, Е.С. Белохвост // сб. науч. тр. / Белорус. НИИ мелиорации и вод. хоз-ва. – Минск: Изд-во ВППТЗО, 1982. – С. 97-106.
22. Булаткин Г.А. Энергетическая эффективность применения удобрений в агроценозах. Методические указания / Г.А. Булаткин. – Пущино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1983. – 46 с.

23. Державин Л.М. Методических указаний по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / Л.М. Державин, Д.С. Булгаков. – М. ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.
24. Булаткин Г.А. Сравнительная энергетическая эффективность возделывания многолетних трав и кукурузы на силос на серых лесных почвах / Г.А. Булаткин // Доклад ВАСХНИЛ. – 1985. – №10. – С.18-14.
25. Бушуева В.И. Экономическая и энергетическая эффективность возделывания многолетних бобовых трав на корм и семена / В.И. Бушуева // Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. – 2009. – № 2. – С. 40-45.
26. Бушуева В.И. Галега восточная (биология, селекция, семеноводство и технология возделывания культуры): Рекомендации / В.И. Бушуева. – Горки, 2004. – 28 с.
27. Вавилов П.П. Новые кормовые культуры // П.П. Вавилов, А.А. Кондратьев. – М.: Россельхозиздат, 1975. – 351 с.
28. Вавилов П.П. Возделывание и использование козлятника восточного / П.П. Вавилов, Х.А. Райг. – Л.: Колос, 1982. – 72 с.
29. Вильдфлуш И.Р. Агрохимия: Учебник – 2-е изд., доп. и перераб // И.Р. Вильдфлуш, С.П. Кукреш, В.А. Ионас. – Минск.: Ураджай, 2001. – 488 с.
30. Визнер Э.А. Кормление и плодовитость сельскохозяйственных животных / Э.А. Визнер – М.: Колос, – 1976. –160 с.
31. Вуазен А. Новые научные принципы применения удобрений / А. Вуазен. – Квебек, 1964. – 133 с.
32. Владимиров А.В. Физиологические основы применения азотных и калийных удобрений / А.В. Владимиров . – М.: Сельхозиздат, 1948. – 272 с.
33. Власюк П.А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений / П.А. Власюк. – Киев: Наукова думка, 1969. – 516 с.
34. Воллейдт Л.П. Поступление и использование минеральных удобрений на синтез белков в зерне озимой пшеницы / Л.П. Воллейдт, Г.Г. Кузнецова. – М., 1974. – 509 с.

35. Волков Е.Д. Листовая диагностика условий минерального питания и качества урожая яровой пшеницы и кукурузы в условиях Северо-Казахстанской и Омской областей: Автореф. дис. канд. с.-х. наук. / Е.Д. Волков. – Пермь, 1969. – 24 с.
36. Володина Т.И. Оптимизация минерального питания капусты при программировании урожаев в условиях Северного Казахстана: Дис... канд. с.-х. наук / Т.И. Володина. – Омск, 1986. – 215 с.
37. Гамзиков Г.П. Баланс питательных веществ в земледелии Западной Сибири / Г.П. Гамзиков, Г.А. Жуков // Повышение плодородия почв и продуктивности сельского хозяйства при интенсивной химизации. – М.: Знание, 1983. – С. 295-307.
38. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири / Г.П. Гамзиков. – М.: Наука, 1981. – 267 с.
39. Гамзиков Г.П. Почвенная диагностика питания растений и применение удобрений на черноземах / Г.П. Гамзиков // Особенности формирования и использования почв Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск: Изд-во АН СССР Сиб. отделение, 1982. – С. 191-203.
40. Гамзиков Г.П. Баланс и превращение азота удобрений / Г.П. Гамзиков, Г.И. Кострик, В.Н. Емельянова – Новосибирск: Наука, 1985. – 161 с.
41. Градобоев Н.Д. Почвы Омской области / Н.Д. Градобоев, В.М. Прудникова, И.С. Сметанин. – Омск: Омское книжное изд-во, 1960. – 373 с.
42. ГОСТ 26951-86 Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 10 с.
43. ГОСТ 26213-91 Почвы. Метод определения органического вещества. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 8 с.
44. ГОСТ 26483-85 Почвы. Определение рН солевой вытяжки, обменной кислотности, обменных катионов, содержания нитратов, обменного аммония, и подвижной серы методом ЦИНАО. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 5 с.

45. ГОСТ 54650-2011 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. – М.: Изд-во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2011. – 11 с.

46. ГОСТ 50684-94 Почвы. Определение подвижных соединений меди по методу Пейве и Ринькиса в модификации ЦИНАО. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 14 с.

47. ГОСТ 50682-94 Почвы. Определение подвижных соединений марганца по методу Пейве и Ринькиса в модификации ЦИНАО. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 14 с.

48. ГОСТ 50687-94 Почвы. Определение подвижных соединений кобальта по методу Пейве и Ринькиса в модификации ЦИНАО. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 16 с.

49. ГОСТ 26490-85 Почвы. Определение подвижной серы по методу ЦИНАО. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 16 с.

50. ГОСТ 50688-94 Почвы. Почвы. Определение подвижных соединений бора по методу Бергера и Труога в модификации ЦИНАО – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 16 с.

51. ГОСТ 50689-94 Почвы. Определение подвижных соединений молибдена по методу Григга в модификации ЦИНАО – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 18 с.

52. ГОСТ 50686-94 Почвы. Определение подвижных соединений цинка по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 18 с.

53. ГОСТ 27548-97 Корма растительные. Методы определения содержания влаги. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 18 с.

54. ГОСТ 26226-95 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой золы. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 8 с.

55. ГОСТ 26657-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора. – Минск: Изд-во стандартов, 1997. – 68 с.

56. ГОСТ 30504-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Пламенно-фотометрический метод определения содержания калия. – Минск: Изд-во стандартов, 1997. – 67 с.
57. ГОСТ 4808-87 Сено. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 34 с.
58. ГОСТ 51417-99 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина. Метод Кьельдаля. – М.: Изд-во стандартов, 1999. – 8 с.
59. Гинзбург К.Е. Ускоренный метод сжигания почв и растений / К.Е. Гинзбург, Г.М. Щеглова, Е.В. Вульфус // Почвоведение. – 1963. – №5. – С. 89-96.
60. Гуссейнов Р.К., Шабандаев Д.З. Влияние калийных удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы на эродированных почвах / Р.К. Гуссейнов, Д.З. Шабандаев // Агрохимия. – 1978. – 207 с.
61. Докунин Ю.В. Продуктивность козлятника восточного в поздние сроки уборки на зелёный корм / Ю.В. Докунин // Кормопроизводство. – 2008. – № 9. – С. 22-24.
62. Державин Л. М. Эффективность минеральных удобрений/ Л.М. Державин //Химия в сел. хоз-ве. – 1977. – № 11. – С. 35-38.
63. Детковская Л.Г. Баланс питательных веществ и динамика плодородия дерново-подзолистых почв, круговорота и баланса питательных веществ в земледелии СССР / Л.Г. Детковская // Тез. докл. – Пущино, 1981. – С.52-56.
64. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. 5-ое изд. доп. и перераб. / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
65. Ермохин Ю.И. Листовая диагностика условий питания и химического состава клубней раннего картофеля: Дис... канд. с-х. наук. / Ю.И. Ермохин. – Омск, 1968. – 320 с.
66. Ермохин Ю.И. Химическая диагностика потребности картофеля и овощных культур в удобрениях: Учебное пособие / Ю.И. Ермохин. – Омск: ОмСХИ, 1975. – 63 с.

67. Ермохин Ю.И. Анализ листьев и применение удобрений в овощеводстве / Ю.И. Ермохин. – Омск: ОмСХИ, 1977. – 60 с.
68. Ермохин Ю. Определение потребности растений в удобрениях на планируемый урожай: Рекомендации. / Ю.И Ермохин, А.Е. Кочергин. – Омск: ОмСХИ, 1983. – 43 с.
69. Ермохин Ю.И. Почвенно-растительная диагностика потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях: Лекция. – 2-е изд., доп. / Ю.И Ермохин. – Омск: ОмСХИ, 1991. – 44 с.
70. Ермохин Ю.И. Экономическая и биоэнергетическая оценка применения удобрений: Метод. рекомендации / Ю. И. Ермохин, А. Ф. Неклюдов. – Омск: ОмСХИ, 1994. – 44 с.
71. Ермохин Ю.И. Почвенно-растительная оперативная диагностика «ПРОД-ОмСХИ» минерального питания, эффективности удобрений, величины и качества урожая сельскохозяйственных культур: Монография / Ю.И. Ермохин. – Омск: ОмСХИ, 1995. – 208 с.
72. Ермохин Ю.И. Отечественный и зарубежный опыт диагностики азотного питания растений и применение азотных удобрений: Учебное пособие / Ю.И. Ермохин. – Омск: ОмГАУ, 1999. – 80 с.
73. Ермохин Ю.И. Программирование урожая в Западной Сибири: Учебное пособие / Ю.И. Ермохин, А.Ф.Неклюдов. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2002. – 88 с.
74. Ермохин Ю.И. Агроэкологическая оценка действия кадмия, никеля, цинка в системе почва-растение-животное: Монография / Ю.И. Ермохин, Н.К. Трубина, А.В. Синдирёва. – Омск: ОмГАУ, 2002. – 117 с.
75. Ермохин Ю. И. Оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур (на основе «ПРОД»): Монография / Ю. И. Ермохин, И. А. Бобренко. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005. – 284 с.
76. Ермохин Ю.И. Управление почвенным плодородием и питанием культурных растений: в 4 т. Т.1. Плодородие почв и эффективность удобрений // Ю.И. Ермохин – Омск: ЛИТЕРА, 2014. – 304 с.

77. Ермохин Ю.И. Управление почвенным плодородием и питанием культурных растений: в 4 т. Т.2. Моделирование и оптимизация режима минерального питания и качества зерновых и овощных культур в условиях Западной Сибири и Северного Казахстана, в 2 частях // Ю.И. Ермохин – Омск: ЛИТЕРА, 2014. – 340 с.

78. Ермохин Ю.И. Управление почвенным плодородием и питанием культурных растений: в 4 т. Т.3. Диагностика микроэлементного состояния почв и обеспеченности культурных растений в агроценозе // Ю.И. Ермохин – Омск: ЛИТЕРА, 2014. – 336 с.

79. Ермохин Ю.И. Управление почвенным плодородием и питанием культурных растений: в 4 т. Т.4. Моделирование и оптимизация режима минерального питания кормовых и лекарственных культур в условиях Западной Сибири и Северного Казахстана: в 2 ч. // Ю.И. Ермохин – Омск: ЛИТЕРА, 2014. – 210 с.

80. Жежер А.Я. Система удобрений в земледелии Алтайского края (на примере лесостепи) / А.Я. Жежер. А.В. Жежер. // Интенсификация степного земледелия в Сибири и Зауралья. – Новосибирск, 1989. – С.71-78.

81. Жерудков Б.Х. Козлятник восточный – ценная культура / Б.Х. Жерудков // Земледелие. – 2003. – №2 – 23 с.

82. Журбицкий З.И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений / З.И. Журбицкий. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 294 с.

83. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство / А.А. Жученко. – Кишинева: Штиинца, 1990. – 432 с.

84. Заболоцкая Т.Г. Биологический круговорот элементов в агроценозах и их продуктивность / Т.Г. Заболоцкая. – Л.: Наука Ленингр. отд-ние, 1985. – 179 с.

85. Зарипова Л.П. Состояние и пути решения проблемы кормового белка в Республике Татарстан / Л.П. Зарипова, Ф.С. Гибадуллина // Кормопроизводство. – 2009. – № 3. – С. 2-5.

86. Исаев М.Д. Технология возделывания козлятника восточного на корм в условиях Республики Татарстан / М.Д. Исаев // Инф. бюлл. – Казань. – 2009. – № 5. – С. 8-18.
87. Казанцев В.П. Луговое кормопроизводство: Монография / В.П. Казанцев. – Новосибирск, 2002. – 184 с.
88. Казанцев В.П. Продуктивность многолетних бобовых трав при сенокосном использовании в нечернозёмной полосе Западной Сибири / В.П. Казанцев // Вестник ОмГАУ. – 2012. – № 1. – С.158-161.
89. Каюмов М.К. Справочник по программированию продуктивности полевых культур / М.К. Каюмов. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 288 с.
90. Клименко В.П. Приготовление силоса высокого качества из козлятника восточного / В.П. Клименко, В.М. Косолапов / Достижения науки и техники АПК. – 2010. – №10 – С.34-37.
91. Канивец И.И. Агрохимическая характеристика почв Полесья и северной окраины лесостепи УССР и основные принципы дифференцированного внесения удобрений / И.И. Канивец // Удобрение и урожай на Полесье. – Киев, 1965. – 380 с.
92. Кенуори А. Истолкование показателей состава листьев плодовых деревьев / А. Кенуори // Анализ растений и проблемы удобрений. – М., 1964. – 125с.
93. Кидин В.В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур / В.В. Кидин. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2009. – 412 с.
94. Кореньков Д.А. Продуктивность использования минеральных удобрений / Д.А. Кореньков. – М., 1985. – 221 с.
95. Кормин В.П. Диагностика минерального питания рапса и сурепицы на выщелоченных черноземах лесостепи Западной Сибири: Дис. ... канд. с.-х. наук / В.П. Кормин. – Омск, 1988. – 175 с.
96. Корякина В.Ф. Особенности роста и развития многолетних кормовых растений / В.Ф. Корякина. – М., 1964. – 68 с.

97. Кочергин А.Е. Дозы удобрений на планируемую урожайность / А.Е. Кочергин, А.Х. Кольцов // Уральские Нивы. – 1981. – №10. – С. 24-26.
98. Кочергин А.Е. Технология внесения фосфорных удобрений в почвы / А.Е. Кочергин // Почвы Западной Сибири и повышение их биологической активности. – Омск, 1983. – С. 3-8.
99. Кочергин А.Е. Эффективность азотных удобрений в черноземной зоне Сибири / А.Е. Кочергин, Г.П. Гамзиков // Агрохимия. – 1972. – №6. – С.3-10.
100. Кочергин А.Е. Эффективность удобрений на черноземах Западной Сибири // Агрохимическая характеристика почв СССР: районы Западной Сибири / А.Е. Кочергин. – М.:Наука, – 1968. – С. 316-336.
101. Кочергин А.Е. Условия азотного питания зерновых культур на черноземах Сибири / А.Е. Кочергин //Агробиология. – 1956. – №2. – С. 76-88.
102. Красницкий В.М. Качество и питательная ценность кормов Омской области: Справочник / В.М. Красницкий, М.В. Смирнов, В.Н. Ильичев. – Омск: Изд-во ЛИТЕРА, 2015. – 68 с.
103. Красницкий В.М. Работаем в Омской области и для области: информационный материал об опыте работы агрохимцентра «Омский» / ФГУ «ЦАС «Омский». Под редакцией Департамента растениеводства, химизации и защиты растений Минсельхоза России, член-корреспондента П.А. Чекмарева // В.М. Красницкий, А.Г. Шмидт. – Омск, 2011. – 5 с.
104. Кретович В.Л. Биохимия автотрофной ассимиляции азота / В.Л. Кретович. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 16 с.
105. Кубарев В.А. Возделывание и использование козлятника восточного в Западной Сибири: Лекция / В.А. Кубарев. – Омск.: ОмГАУ, 2005. – 30 с.
106. Кутузов Г.П. Роль козлятника восточного в кормопроизводстве и сохранении пашни от деградации / Г.П. Кутузов // Кормопроизводство. – 2008. – № 9. – 9-11 с.
107. Кулаковская Т.Н. Применений удобрений / Т.Н. Кулаковская. – М.: Агропромиздат, 1990. – 219 с.

108. Кузьмин Н.А. Кормопроизводство / Под ред. проф. Н.А. Кузьмина. – М.: Колос, 2004. – 280 с.
109. Кшникаткина А.Н. Козлятник восточный: Монография / А.Н. Кшникаткина. – Пенза: РИО ПГСХА, 2001. – 287 с.
110. Кшникаткина А.Н. Технология выращивания и использования нетрадиционных кормовых и лекарственных растений / А.Н. Кшникаткина, В.А. Гущина, В.А. Варламова и др. – М.: ВНИИССОК, 2003. – 373 с.
111. Кубарев В.А. Использование торфяных почв в связи с особенностями азотного питания / В.А. Кубарев, А.Ф. Степанов // Пути увеличения производства кормов и их качества: Сб. науч тр. – Омск, 1987. – С. 51-55.
112. Лебедевцев А.Н. Процесс нитрификации как фактор усиления зольного питания растений. Избранные труды / А.Н. Лебедевцев. – М.: Сельхозгиз, 1960. – С. 157-174.
113. Левен Ф.И. Биологический круговорот азота и зольных элементов на посевах зерновых культур на дерново-подзолистых почвах / Ф.И. Левен // Агрохимия. – 1965. – №8. – С. 56-64.
114. Лихоманова Л.М. Диагностика минерального питания, эффективности применения удобрений и качества корнеплодов столовой свеклы: Автореф. дис...канд. с.-х. наук / Л.М. Лихоманова. – Омск, 1986. – 16 с.
115. Леплявченко Л.И. Растительная диагностика для применения удобрений / Л.И. Леплявченко, Н.Г. Малюга, Л.П. Леплявченко. – М., 1983. – 63 с.
116. Магницкий К.П. Диагностика потребности растений в удобрениях / К.П. Магницкий. – М.: Московский рабочий, 1972. – 271 с.
117. Макарова Г.И. Многолетние кормовые травы Сибири / Г.И. Макарова. – Омск: Западно-Сибирское кн. изд-во, 1974. – 248 с.
118. Масальская, А.А. Козлятник восточный – новая перспективная кормовая культура / А.А. Масальская, Т.Г. Белоножкина // Информационный листок Липецкого ЦНТИ. – Калуга, 1996. – 2 с.

119. Масалкин С.Д. Диагностика минерального питания и качества люцерны на черноземных почвах Омского Прииртышья / С.Д. Масалкин: Автореф. дис. ...канд.с.-х.наук / ОмСХИ. – Омск, 1986. –16 с.
120. Минеев В.Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения / В.Г. Минеев, Б. Дебрецени, Т. Мазур. – М.: Колос, 1993.– 415 с.
121. Минеев В.Г. Минеральные и органические удобрения – резерв увеличения производства растительного кормового белка / В.Г. Минеев, Н.А. Атрашкова // Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. – М.: Наука, 1980. – С. 12-27.
122. Минеев В.Г. Удобрение и качество продукции: Новое в жизни, науке и технике / В.Г. Минеев // Сельское хозяйство. – М.: Знание, 1980. – 64 с.
123. Минеев В.Г. Экологические проблемы агрохимии: Учебное пособие / В.Г. Минеев. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 285 с.
124. Митрофанов А.С. Методика полевых опытов с кормовыми травами / А.С. Митрофанов, Ю.К. Новоселов, Г.Ю. Харьков. – М.: Колос, 1971. – 158 с.
125. Михайлов Н.Н. Определение потребности растений в удобрениях / Н.Н. Михайлов, В.П. Книпер. – М.: Колос, 1971. – 256 с.
126. Мищенко Л.Н. Почвы Омской области и их сельскохозяйственное использование / Л. Н. Мищенко. – Омск: ОмСХИ, 1991. – 164 с.
127. Мищенко Л.Н. Почвы Западной Сибири: Учебное пособие / Л.Н. Мищенко, А. Л. Мельников – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2007. – 248 с.
128. Мищенко Л.Н. Классификация, диагностика и агроэкологические особенности почв Западной Сибири: Учебное пособие / Л.Н. Мищенко, В.В. Леонова, В.Е. Кушнарченко – Омск: изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2010. – 102 с.
129. Маданов П.В. Приспособление для внесения минеральных удобрений одновременно со вспашкой // П.В. Маданов, Л.М. Войкин, И.С. Возовик – М.: Земледелие, 1959. – 80 с.

130. Мосин С.В. Особенности формирования травостоя козлятника восточного в зависимости от высоты скашивания и сроков уборки / С.В. Мосин // Агро XXI. – 2007. – № 1-3. – С. 35-36.

131. Мязин Н.Г. Система удобрения: учебное пособие / Н.Г. Мязин. – Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2009. – 350 с.

132. Научно-производственный отчёт федерального государственного бюджетного учреждения станции агрохимической службы «Тарская» (ФГБУ САС «Тарская»). – Тара, 2015. – 32 с.

133. Никитенко Г.Ф. Опытное дело в полеводстве / Г.Ф. Никитенко, С.С. Сдобников, А.А. Зенин и др. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 190 с.

134. Никулина Н.И. Продуктивность и кормовая ценность козлятника восточного в условиях Кировской области / Н.И. Никулина, Н.П. Сунуева // Козлятник восточный – проблемы возделывания и использования: тезисы докладов I Всесоюзного научно-производственного семинара. – Челябинск, 1991. – С. 35-36.

135. Никушина Т.К. Эффективность фосфорных удобрений на серых лесных почвах Рязанской области: Автореф. дис.. канд. с. х. наук: 06.01.04 / Т.К. Никушина. – Рязань, 1975. – 24 с.

136. Никушина Т.К. Влияние длительного применения форм фосфорных удобрений на продуктивность севооборота и свойства почвы / Т.К. Никушина // Сб. трудов ТСХИ. – М., 1984. – С. 57.

137. Новоселов Ю.К. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / Ю. К. Новоселов. – М.: РАСХН, 1997. – 156 с.

138. Олль Ю.К. Минеральное питание животных в различных природно-хозяйственных условиях / Ю.К. Олль. – Л.: Колос, 1967. – 207 с.

139. Петербургский А.В. Круговорот и баланс питательных веществ в земледелии / А.В. Петербургский. – М.: Наука, 1979. – 105 с.

140. Петербургский А.В. Почва, удобрения и урожай/ А.В. Петербургский // Серия Новое в жизни, науке, технике. Сельское хозяйство. – М.: Знание, 1985. – 64 с.

141. Петербургский А.В. Агрохимия и физиология питания растений / А.В. Петербургский. – М.: Россельхозиздат, 1971. – 334 с.
142. Петрушкина А.С. Режим укосного использования козлятника восточного в Самарском Заволжье / А.С. Петрушкина, А.А. Толпекин // Изв. ФГОУ ВПО СГСХА. – 2006. – № 4. – С 26-29.
143. Пискунов А.С. Методы агрохимических исследований: Учебное пособие / А.С. Пискунов. – М.: Колос, 2004. – 312 с.
144. Пузырева М.Л. Технология возделывания козлятника восточного на корм и семена в подтаёжной зоне Томской области: Методические рекомендации / М.Л. Пузырева. – Томск: СибНИИСХиТ, 2006. – 28 с.
145. Прянишников Д.Н. Азот в жизни растений и в земледелии СССР / Д.Н. Прянишников. – Л.-М.: Изд-во АН СССР, 1945 – 312 с.
146. Практикум по агрохимии – 5-е изд., перераб. и доп. / И.В. Пустовой, В. И.Филин, А. В. Корольков. – М.: Колос, 1995. – 336 с.
147. Практикум по агрохимии / Б.А. Ягодин [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.
148. Прево П. Применение листовой диагностики / П. Прево, М. Олландье // Физиология растений. – 1956. – Т. 3. – Вып.6. – 573 с.
149. Прошляков А.А. О выносе азота, фосфора и калия урожаем на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве/ А.А. Прошляков, А.А. Бубнов //Агрохимия. –1971. – С. 69-77.
150. Проберж Э.С. Оптимизация питательного режима сельскохозяйственных растений на южных черноземах Северного Казахстана: Дис. ... д-ра с.-х. наук / Э.С. Проберж. – Челябинск, 2002. – 295 с.
151. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения / Д.Н. Прянишников. – М.: Сельхозгиз, 1963. – Т.1. – 735 с.
152. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения / Д.Н. Прянишников // Агрохимия. – М.: Колос, 1965. – Т. 1. – 767 с.

153. Пустовой И.В. Практикум по агрохимии / И.В. Пустовой, В.И. Филин, А.В. Крольков – М.: Колос, 1995. – 336 с.
154. Ракицкий И.А. Оптимизация минерального питания овсяно-гороховой травосмеси в лесостепной зоне Северного Казахстана: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / И.А. Ракицкий. – Омск: ОмСХИ, 1989. – 16 с.
155. Работнов Т.А. Влияние отдельных видов бобовых на урожай и ботанический состав травостоя пойменного луга / Т.А. Работнов // Агрохимия. – 1966. – С. 88-104.
156. Ринькис Т.Я. Оптимизация минерального питания / Т.Я. Ринькис. – Рига, 1972. – 247 с.
157. Роллов А.Х. Дикорастущие растения Кавказа, их распространение, свойства и применение: (С обозначением тузем. назв. растений) / А.Х. Роллов. – Тифлис: Тип. К.П. Козловского, 1908. – 599 с.
158. Романенко Г.А. Кормовые растения России / Г.А. Романенко, А.И. Тютюнников, П.Л. Гончаров. – М.: Изд-во ФГБОУ ВО МГАВМиБ-МВА им. К.И. Скрябина, 1999 – 265 с.
159. Ромашов П.И. Удобрение сенокосов и пастбищ / П.И. Ромашов. – М.: Колос, 1969. – 184 с.
160. Рыжков Н.Г. Продуктивность сеяных сенокосов в зависимости от вносимых минеральных удобрений / Н.Г. Рыжков, А.Н. Киселев // Вопросы оптимизации почвенных условий для растений: Тр. Сибирского отделения ВАСХНИЛ. – 1972. – Т. 29. – С. 59-61.
161. Рыжков Н.Г. Улучшение пойменных лугов / Н.Г. Рыжков, Э.И. Ильющенко. – Омск, 1976. – 125 с.
162. Рыжков Н.Г. Эффективность минеральных удобрений на пойменных лугах / Н.Г. Рыжков // Науч. тр. – Омск, 1971. – Т.1. – 215 с.
163. Сабинин Д.А. Избранные труды по минеральному питанию растений / Д.А. Сабинин. – М.: Наука, 1971. – 512 с.

164. Сабинин Д.А. Диагностирование потребности растений в удобрениях по физиологическим признакам / Д.А. Сабинин. // Химизация соц. земледелия. – 1932. – №1. – С. 50-63.
165. Сагирова Р.А. Особенности роста, развития и продуктивности галеги восточной в разных почвенно-климатических зонах Предбайкалья и Забайкалья / Р.А. Сагирова // Сибирский вестник с.-х. науки. – 2010. – №2 – С. 33-39.
166. Сапожников Н.А. Научные основы системы удобрения в Нечерноземной полосе / Н.А. Сапожников, М.Ф. Корнилов. – Л., 1969. – 304 с.
167. Свешников И.А. Диагностика минерального питания, величины и качества урожая козлятника восточного: Автореф. канд... с.-х. наук / И.А. Свешников. – Омск, 1993. – 16 с.
168. Середина В.П. Калий в автоморфных почвах на лессовидных суглинках / В.П. Середина – Томск: Изд-во Томск, 1984. – 216 с.
169. Синдирёва А.В. Агроэкологическая оценка действия кадмия, никеля, цинка в системе почва-растение-животное: Дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / А.В. Синдирёва – Омск, 2002. – 199 с.
170. Синдирева А.В. Критерии и параметры действия микроэлементов в системе почва-растение-животное: Автореф. дис...докт. биол. наук / А.В. Синдирева. – Тюмень, 2012. – 32 с.
171. Синягин И.И. Применение удобрений в Сибири / И.И. Синягин, Н.Я. Кузнецов. – М.: Колос, 1979. – 373 с.
172. Синягин И.И. Прогрессивная технология внесения минеральных удобрений/ И.И. Синягин. – М.: Колос, 1975. – 29 с.
173. Складорова М.А. Влияние цинковых удобрений на содержание цинка в растениях кукурузы на лугово-черноземной почве Западной Сибири / М.А. Складорова // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2016. – Т. 2. – № 7. – С. 189-193.

174. Соколов А.В. Диагностика питания растений: Методы определения потребности растений в удобрениях / А.В. Соколов // Справочник по минеральным удобрениям. – М.: Сельхозгиз, 1960. – С. 407-408.
175. Спасов В.П. Удобрение сенокосов и пастбищ в Псковской области / В.П. Спасов, Н.Ф. Мусетова // Удобрение сенокосов и пастбищ в Нечерноземной зоне: Тр. ВИУА. –1980. – Вып. 58. – С.116-128.
176. Степанов А.Ф. Удобрение многолетних трав и травосмесей в условиях степной зоны Омской области / А.Ф. Степанов // Тр. СО ВАСХНИЛ. 1979. – Т.29. – С. 65-68.
177. Степанов А.Ф. Удобрение и формирование урожая многолетних трав в лесостепи Омской области / А.Ф. Степанов // Пути увеличения производства кормов и повышения их качества. – Омск: ОмСХИ, 1987. – С. 38-46.
178. Степанов А.Ф. Возделывание козлятника восточного в Западной Сибири: Рекомендации / А.Ф. Степанов. – Омск: ОмСХИ, 1992. – 22 с.
179. Степанов А.Ф. Создание и интенсивное использование многолетних травостоев в Западной Сибири: Автореферат дисс. ... д-ра с.-х. наук / А.Ф. Степанов / Омск, 1996. – 32 с.
180. Степанов А.Ф. Многолетние малораспространенные кормовые культуры: Лекция / А.Ф. Степанов. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2004. – 72 с.
181. Степанов А.Ф. Создание и использование многолетних травостоев: монография / А.Ф. Степанов. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2006. – 312 с.
182. Ступаков И.А. Возделывание козлятника восточного на корм и семена / И.А. Ступаков, А.В. Шумаков // Достижение науки и техники АПК. – 2006. – № 12. – С. 33-34.
183. Сычев В.Г. Приемы оптимизации фосфатного режима почв в агротехнологиях / В.Г. Сычев, Н.А. Кирпичников. – М.: ВНИИА, 2009. – 176 с.
184. Тазина Н.Г. Особенности биологии и агротехники козлятника в Нечерноземной зоне / Н.Г. Тазина // Кормопроизводство. – 1999. – №10. – 12-16 с.
185. Тен А.Г. Кормопроизводство / А.Г. Тен. – М., 1982. – 463 с.

186. Тимирязев К.А. Земледелие и физиология растений / К.А. Тимирязев. – М.: Изд-во с.-х. литературы, 1957. – 115 с.
187. Трубина Н.К. Диагностика условий минерального питания лука репчатого: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Н.К. Трубина. – Омск: ОмСХИ., 1993. – 16 с.
188. Трубина Н.К. Влияние поступления кадмия, никеля, цинка на их содержание в почве / Н.К. Трубина // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – №3. – С. 12-13.
189. Тупикова-Фрейман А.Ю. Новые кормовые растения / А.Ю. Тупикова-Фрейман // Семеноводство. – 1931. – №8. – С.10.
190. Турчин К.В. Методы определения соединений азота в почве / К.В. Турчин // Агрохимические методы использования почв. – М.: Наука, 1965 – С. 64-83.
191. Турчин Ф.В. Азотное питание растений и применение азотных удобрений / Ф.В. Турчин. – М.: Колос, 1972. – 335 с.
192. Тюменцев Н.Ф. Эффективность удобрений в Нечерноземной полосе Западной Сибири / Н.Ф. Тюменцев. – М., 1968. – С. 337-372.
193. Тюльдюков В.А. Технология возделывания многолетних трав на кормовые цели / В.А. Тюльдюков, С.С. Михалев. – М.: Агропромиздат, 1982. – 76 с.
194. Кретович В.Л. Усвоение и превращение азота у растений / В.Л. Кретович, З.С. Каган // Физиология сельскохозяйственных растений. Т. 2. – М.: Изд-во МГУ, 1967. – 452 с.
195. Утеуш Ю.А. Система оценки кормовых интродуцентов и введение в культуру / Ю.А. Утеуш. - Сыктывкар, 1993. – С. 164-165.
196. Федотов В. А. Агротехнологии полевых культур в Центральном Черноземье / В.А. Федотов, С.В. Кадыров, Д.И. Щедрина. – Воронеж: Изд-во «Истоки», 2011 – 206 с.
197. Федоров В.А. Удобрение, урожай и потребление влаги растением / В.А. Федоров // Агрохимия. – 1982. – С. 75-78.
198. Фердман Д.Л. Биохимия, 3 изд. / Д.Л. Фердман. – М.: Высшая школа, 1966 – 644 с.;

199. Филимонов Д.А. Азотные удобрения на сенокосах и пастбищах / Д.А. Филимонов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 176 с.
200. Харьков Г.Д. Ориентир – многолетние травы / Г.Д. Харьков, К.И. Смирнова // Кормопроизводство. – 2001. – №9. – С. 17-22.
201. Храмцов И.Ф. Система применения удобрений и воспроизводство плодородия почв в полевых севооборотах лесостепи Западной Сибири: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / И.Ф. Храмцов. – Омск, 1997. – 32 с.
202. Христич В.В. Особенности возделывания и использования козлятника восточного в Южной лесостепи Омской области: Дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / В.В. Христич. – Омск, 2002. – 191 с.
203. Хилл Х. Использование анализа листьев для определения потребности яблонь и некоторых овощных культур в удобрениях / Х. Хилл, Х. Хини. – М., 1964. – 153 с.
204. Церлинг В.В. Обмен веществ. Формирование урожая и диагностика потребности растений в удобрениях: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук / В.В. Церлинг. – М., 1962. – 36 с.
205. Церлинг В.В. Агрохимические основы диагностики минерального питания сельскохозяйственных культур / В.В. Церлинг. – М.: Наука, 1978. – 216 с.
206. Церлинг В.В. Развитие исследований и практика применения методов диагностики питания растений / В.В. Церлинг // Комплексная диагностика потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях. – Омск, 1989. – С. 11–17.
207. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: Справочник / В.В. Церлинг. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.
208. Чириков Ф.В. Агрохимия калия и фосфора / Ф.В. Чириков. – М., 1956. – 464 с.
209. Черников В.А. Агроэкология / В.А. Черников, Р.М. Алексахин и др.; под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
210. Черкашина Е.Ф. Агроклиматические ресурсы Омской области: справочник / под ред. Е.Ф. Черкашина. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 188 с.

211. Човжик А.Д. Исследование действия возрастающих доз минеральных удобрений на продуктивность многолетних трав и последующих культур севооборота на дерново-подзолистой почве / А.Д. Човжик, Е.П. Трепачев // Агрохимия. – 1982. – №3. – С. 84-94.

212. Шатилов И.С. Научные основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур / И.С. Шатилов, А.Г. Замараев, Г.В. Чаповская. – М.: Колос, 1978. – 120 с.

213. Шатилов И.С. Руководство по программированию урожаев / И.С. Шатилов, А.И. Столяров, А.А. Зиганшин. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 151 с.

214. Шерстов Н.П. Диагностика потребности гороха в удобрениях по химическому составу листьев и почвы в Нечерноземной зоне Омской области: Дис. ... канд. с.-х. наук / Н.П. Шерстов:– Омск, 1968. – 27 с.

215. Шерстов Н.П. Эффективность применения удобрений в звене многолетних трав полевого севооборота в южной лесостепи Омской области / Н.П. Шерстов, А.Г. Туркин // Почвы Западной Сибири и повышение их биологической активности. – Омск: ОмСХИ, 1983. – С. 31-34.

216. Шкрабак В.С. Безопасность жизнедеятельности в сельскохозяйственном производстве / В.С. Шкрабак, А.В. Луковников, А.К. Тургиев. – М.: Колос, 2004. – 512 с.

217. Шкилев Н.П. Режимы использования, урожайность и кормовая ценность зелёной массы козлятника восточного: Дис. ... канд. с.-х. наук / Н.П. Шкилев. – Нижний Новгород, 2000. – 124 с.

218. Шмелева Н.И., Неворотов В.Г. Травосмеси и качество корма. Создание культурных сенокосов и пастбищ в Омской области / Н.И. Шмелева, В.Г. Неворотов. – Омск, 1976. – 223 с.

219. Эммерт Ф. Влияние взаимодействия ионов на состав растительных тканей / Ф. Эммерт. – М.: Мир, 1964. – 233 с.

220. Ягодин Б.А. Агрохимия / Б.А. Ягодин, П.М. Смирнов, А.В. Петербургский. – М.: Агропромиздат, 1989. – 639 с.

221. Ягодин Б.А. Агрохимия / Б.А. Ягодин, Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И.; под ред. Б.А. Ягодина. – М.: Колос, 2002 – 584 с.
222. Ярошевич, М.И. Галега восточная – перспективная кормовая культура / М.И. Ярошевич, Л.В. Кухарева, М.С. Бореяша. – Минск: Навука і тэхніка, 1991. – 68 с.
223. Lagatu, H. Diagnostic de l'alimentation d'un vegetal par l'évolution chimique d'une fenille convenablement choisie / H. Lagatu, L. Maume. C. r. Acad. Sei. Paris. – 1926. – P. 653.
224. Lagatu H. Le Diagnostic Foliare de la pomme de terre / H. Lagatu, L. Maume. Ann.Sei. Agron. Paris, 1930. – P. 664.
225. Lundegardh H. Yeaf analysis Hilger and Watts Ytd. Hilger Div, London, 1951 – P. 258.
226. Thomas W. Foliar Diagnosis: principles and practice // Plant Physiol., 1937, – № 3. – P. 571-599.
227. Thomas W. Present status of diagnosis of mineral requirements of plants by means of leaf analysis // Soil Sei., 1945. № 5. – P. 479.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Таблица А.1 – Агрохимическая характеристика метрового слоя серой лесной почвы (2013-2016 гг.)

Слой почвы, см	Содержание, мг/кг		рН	Гумус, %	Обменные формы, мг-экв/100 г почвы		Азот, мг/кг		S, мг/кг
	P ₂ O ₅	K ₂ O			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	N-NO ₃	N-NH ₄	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
среднее за 2013-2016 гг									
0-10	69	44	5,6	4,56	12	1,88	9,0	2,03	0,64
0-20	91	75	5,6	4,50	13	1,87	10,5	2,41	0,62
20-30	91	65	5,5	3,73	12,4	1,88	8,4	1,16	1,72
30-40	87	62	5,5	2,90	12,5	1,88	6,6	1,14	1,63
40-50	74	65	5,6	1,87	13,6	0,50	3,4	1,45	2,50
50-60	35	31	5,6	1,30	13,4	0,51	3,3	1,31	2,48
60-70	36	29	5,6	0,61	14,1	1,00	2,9	1,36	2,51
80-90	24	23	5,5	0,27	14	0,52	4,6	1,42	2,51
90-100	12	19	5,5	-	13,9	0,53	1,8	1,33	2,02
2013									
0-10	74	46	5,6	4,56	12,0	1,88	11,8	2,25	0,64
0-20	95	77	5,6	4,50	13,1	1,86	12,5	2,78	0,62
20-30	95	67	5,5	3,73	12,4	1,89	8,4	1,18	1,72
30-40	87	64	5,5	2,90	12,6	1,89	6,6	1,23	1,63
40-50	73	67	5,6	1,87	13,8	0,5	3,4	1,40	2,50
50-60	36	33	5,6	1,33	13,4	0,51	3,3	1,42	2,48
60-70	37	31	5,6	0,65	14,3	1,00	2,9	1,46	2,51
80-90	24	25	5,5	0,29	14,0	0,52	4,4	1,49	2,51
90-100	12	21	5,5	-	13,9	0,53	1,8	1,40	2,00
2014									
0-10	69	50	5,6	4,31	11,9	1,71	8,5	2,07	0,63
0-20	93	81	5,6	4,25	13,0	1,70	10,5	2,59	0,61
20-30	93	71	5,5	3,48	12,4	1,71	8,4	1,14	1,71
30-40	89	69	5,5	2,65	12,4	1,69	6,6	1,15	1,59
40-50	77	71	5,6	1,82	13,7	0,34	3,4	1,32	2,49
50-60	33	37	5,6	1,25	13,4	0,35	3,3	1,31	2,47
60-70	34	35	5,5	0,58	14,2	0,84	2,9	1,33	2,50
80-90	22	29	5,5	0,25	13,8	0,36	4,6	1,43	2,50
90-100	11	25	5,5	-	13,9	0,37	1,8	1,35	1,98
2015									
0-10	67	40	5,6	4,44	11,5	1,93	7,12	1,97	0,70
0-20	90	70	5,6	4,40	12,8	1,96	9,10	2,29	0,68
20-30	90	60	5,5	3,70	12,0	1,92	8,52	1,09	1,80
30-40	87	59	5,5	2,92	12,2	1,98	6,72	0,97	1,69
40-50	75	62	5,5	1,85	13,2	0,63	3,52	1,28	2,53

Продолжение таблицы А.1									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50-60	36	29	5,6	1,29	13,0	0,64	3,42	1,15	2,58
60-70	38	26	5,6	0,60	13,8	1,15	3,02	1,25	2,54
80-90	27	19	5,5	0,25	14,1	0,65	4,72	1,31	2,54
90-100	9	15	5,5	-	13,7	0,66	1,92	1,21	2,10
2016									
0-10	66	41	5,60	4,91	12,60	1,98	8,70	1,81	0,60
0-20	86	71	5,60	4,83	13,20	1,97	10,00	1,98	0,58
20-30	86	62	5,50	3,99	12,90	1,98	8,40	1,24	1,65
30-40	85	61	5,50	3,14	12,60	1,97	6,60	1,20	1,62
40-50	72	61	5,60	1,94	13,60	0,52	3,40	1,36	2,47
50-60	35	26	5,60	1,32	13,70	0,53	3,30	1,34	2,38
60-70	36	25	5,60	0,61	14,10	1,00	2,90	1,39	2,48
80-90	23	20	5,50	0,28	14,20	0,54	4,60	1,43	2,48
90-100	14	16	5,50	-	13,90	0,55	1,80	1,37	2,00

Таблица А.2 - Метеорологические условия вегетационного периода за 2013 - 2016 года

Месяц	Декада	Среднесуточная температура, °С						Осадки, мм					
		Средне много- летняя	2013 год	2014 год	2015 год	2016 год	2013- 2016	Средне много- летние	2013 год	2014 год	2015 год	2016 год	2013- 2016
Май	1	7,6	7,1	11,2	14,8	9,2	11,0	8	51,6	18,2	14,7	9,9	23,6
	2	9,5	5,9	8,3	15,6	15,9	9,9	16	18	13,5	7,6	15,1	13,6
	3	12	10,7	20,1	17,2	18,6	16,0	15	15,4	10,4	19,6	19	16,1
	месяц	9,7	7,9	13,2	15,9	14,6	12,3	39	85	42,1	41,9	44	53,3
Июнь	1	14,1	9,5	10,1	22,6	20,9	14,1	20,9	14	18,1	12,5	27,8	18,1
	2	16,7	14,5	15,2	20,6	22,6	16,8	17	17,8	13,3	45,2	41,4	29,4
	3	17,5	14,6	16,3	23,9	21,6	18,3	23,1	3,8	21,5	1,3	0	6,7
	месяц	16,1	12,9	13,9	22,4	21,7	16,4	61	35,6	52,9	59	69,2	54,2
Июль	1	18,8	16,7	19	17,9	22,7	17,9	24	24	18,3	36,4	28,2	26,7
	2	18,5	19,7	20	21,1	24,4	20,3	22,4	34,3	19	9,7	0,7	15,9
	3	17,9	18,8	19,2	21,3	21,3	19,8	25	26	5,9	39,9	19,6	22,9
	месяц	18,6	18,4	19,4	20,1	22,8	19,3	71,4	84,3	43,2	86	48,5	65,5
Август	1	16,2	18,3	16,8	16,6	23,8	17,2	21	54,3	11,8	33,7	9	27,2
	2	15,5	16,6	14,8	18,1	26,2	16,5	19	17,6	11,6	26,4	33	22,2
	3	12,9	12,8	16	13,3	21,1	14,0	22	11,4	25,3	77,7	29,9	36,1
	месяц	14,9	15,9	15,9	16,0	23,7	15,9	59	83,3	48,7	137,8	71,9	85,4
Сентябрь	1	11,5	13,4	11,5	15,4	21,2	13,4	15	1,6	20,9	3,3	3,4	7,3
	2	9,5	6,8	10,6	8,4	18,1	8,6	14	4,3	10,1	22,4	31,5	17,1
	3	7,4	6,9	11,1	8,1	15,2	8,7	14	22,1	5,2	2,8	4,9	8,8
	месяц	9,4	9,0	11,1	10,6	18,2	10,2	43	28	31	28,5	39,8	31,8
Май - сентябрь		13,7	12,8	14,7	17,0	20,2	14,8	272	316,2	217,9	353,2	273,4	295,8

Таблица А.3 - Содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы,
по срокам отбора

Слой почвы	Дата определения влажности почвы, мм				Ср. мм вл-ти
	27.05.13	20.06.13	24.07.13	27.08.13	
0-20	37	27	21	12	24,3
20-40	28	24	19	11	20,5
40-60	25	21	18	16	20,0
60-80	25	21	18	14	19,5
80-100	24	20	19	14	19,3
Сумма	139	113	95	67	103,5
Слой почвы	27.05.14	20.06.14	24.07.14	27.08.14	Ср. мм вл-ти
0-20	36	23	20	18	24,3
20-40	22	20	18	12	18,0
40-60	20	19	19	12	17,5
60-80	20	20	18	14	18,0
80-100	19	19	20	14	18,0
Сумма	117	101	95	70	95,8
Слой почвы	27.05.15	20.06.15	24.07.15	27.08.15	Ср. мм вл-ти
0-20	18	38	33	22	27,8
20-40	18	27	25	19	22,1
40-60	17	24	23	17	20,6
60-80	18	20	23	18	19,7
80-100	17	18	18	17	17,8
Сумма	117	101	95	70	95,8
Слой почвы	27.05.16	20.06.16	24.07.16	27.08.16	Ср. мм вл-ти
0-20	19	36	30	18	25,8
20-40	18	25	21	13	19,3
40-60	16	23	22	13	18,5
60-80	17	21	21	15	18,5
80-100	17	19	16	16	17,1
Сумма	87	124	110	75	99,1

Приложение Б

Таблица Б.1 - Влияние минеральных удобрений на содержание в почве элементов питания кг/га, за 2013-2016 гг.

Варианты опыта	Ур-ть, биомассы, т/га		Содержание в почве мг/кг			Содержание в почве, кг/га		
	в сумме за 4 года	прибавка	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2013 год								
Контроль (б/у)	2,4	-	9,2	76,00	63,50	22,08	182,40	152,40
N ₄₅	3,4	1,0	10,8	88,50	69,00	25,92	212,40	165,60
N ₄₅ P ₁₈₀	3,9	1,5	9,7	111,20	72,50	23,28	266,88	174,00
N ₄₅ P ₃₆₀	3,8	1,4	10,6	136,50	79,50	25,44	327,60	190,80
N ₄₅ P ₅₄₀	3,8	1,4	17,1	163,50	83,00	41,04	392,40	199,20
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	4,3	1,9	15,5	157,50	90,00	37,20	378,00	216,00
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	5,9	3,5	15,4	155,00	106,00	36,96	372,00	254,40
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	9,0	6,6	14,8	146,00	123,50	35,52	350,40	296,40
2014 год								
Контроль (б/у)	22,3	-	9,1	74,8	62,2	21,8	179,5	149,3
N ₄₅	24,2	1,9	10,8	87,3	67,7	25,9	209,5	162,5
N ₄₅ P ₁₈₀	25,2	2,9	9,9	134,8	78,2	23,8	323,5	187,7
N ₄₅ P ₃₆₀	24,4	2,1	10,8	135,3	71,2	25,9	324,7	170,9
N ₄₅ P ₅₄₀	25,1	2,8	17,3	162,3	81,7	41,5	389,5	196,1
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	27,1	4,8	15,7	156,3	88,7	37,7	375,1	212,9
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	27,1	4,8	15,6	153,8	71,2	37,4	369,1	170,9
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	27,8	5,5	15,0	140,8	122,2	36,0	337,9	293,3
2015 год								
Контроль (б/у)	30,6	-	9,0	74,8	63,3	21,6	179,5	151,9
N ₄₅	33,0	2,4	10,2	87,3	67,8	24,5	209,5	162,7
N ₄₅ P ₁₈₀	44,9	14,3	10,0	134,8	72,4	24,0	323,5	173,8
N ₄₅ P ₃₆₀	45,0	14,4	10,6	135,3	77,5	25,4	324,7	186,0
N ₄₅ P ₅₄₀	34,3	3,7	16,9	162,3	80,3	40,6	389,5	192,7
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	31,2	0,6	15,9	156,3	89,2	38,2	375,1	214,1
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	39,0	8,4	15,7	153,8	90,2	37,7	369,1	216,5
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	42,0	11,4	15,2	154,6	101,4	36,5	371,0	243,4

Продолжение таблицы Б.1								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2016 год								
Контроль (б/у)	41,4	-	10,6	76,2	64,7	25,4	182,8	155,2
N ₄₅	49,3	7,9	12,0	88,7	69,2	28,8	212,8	166,0
N ₄₅ P ₁₈₀	57,3	15,9	11,8	121,4	73,8	28,3	291,5	177,0
N ₄₅ P ₃₆₀	61,1	19,7	12,4	136,7	78,9	29,7	328,0	189,2
N ₄₅ P ₅₄₀	51,5	10,1	18,7	163,7	81,7	44,8	392,8	196,0
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	57,9	16,5	17,7	157,7	90,6	42,4	378,4	217,3
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	59,4	18,0	17,5	163,4	91,6	42,0	392,2	219,7
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	63,3	21,9	17,0	158,0	102,8	40,8	379,2	246,6
2013-2016								
Контроль (б/у)	96,7	-	9,5	75,4	63,4	22,7	181,1	152,2
N ₄₅	109,9	13,2	10,9	87,9	68,4	26,3	211,1	164,2
N ₄₅ P ₁₈₀	131,3	34,6	10,3	125,6	74,2	24,8	301,3	178,1
N ₄₅ P ₃₆₀	134,3	37,6	11,1	135,9	76,8	26,6	326,3	184,2
N ₄₅ P ₅₄₀	114,7	18,0	17,5	162,9	81,7	42,0	391,1	196,0
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	120,5	23,8	16,2	156,9	89,6	38,9	376,7	215,1
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	131,4	34,7	16,0	156,5	89,7	38,5	375,6	215,4
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	142,1	45,4	15,5	149,9	112,5	37,2	359,6	269,9

Приложение В

Таблица В.1 – Динамика накопления доступного азота в серой лесной почве под растениями козлятника восточного (2013-2016 гг.)

Варианты опыта	N-NO ₃ в почве, кг/га		N _в –	Б _N –	N _м –мобилизация	КИП
	N _н - в начале посева	N _о – остаток в период уборки	вынос азота растением кг/га	баланс азота, кг/га	N под растением, кг/га	азота
1	2	3	4	5	6	7
среднее, 2013-2016 гг.						
Контроль (без уд.)	22,1	22,7	60,8	83,5	61,4	0,73
N ₄₅	25,9	26,3	90,2	116,5	90,6	0,77
N ₄₅ P ₁₈₀	23,3	24,8	88,5	113,3	90,0	0,78
N ₄₅ P ₃₆₀	25,4	26,6	98,1	124,7	99,3	0,79
N ₄₅ P ₅₄₀	41,0	42,0	95,0	137,0	96,0	0,69
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	37,2	38,9	84,9	123,8	86,6	0,69
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	37,0	38,5	100,2	138,7	101,7	0,72
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	35,5	37,2	118,1	155,3	119,8	0,76
Среднее	30,9	32,1	92,0	124,1	93,2	0,74
2013 год						
Контроль (без уд.)	22,1	21,8	7,9	29,7	7,6	0,27
N ₄₅	25,9	25,9	12,3	38,2	12,3	0,32
N ₄₅ P ₁₈₀	23,3	23,8	15,0	38,8	15,5	0,39

Продолжение таблицы В.1						
1	2	3	4	5	6	7
N ₄₅ P ₃₆₀	25,4	25,9	14,6	40,5	15,1	0,36
N ₄₅ P ₅₄₀	41,0	41,5	14,9	56,4	15,4	0,26
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	37,2	37,7	16,4	54,1	16,9	0,30
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	37,0	37,4	23,3	60,7	23,7	0,38
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	35,5	36,0	37,2	73,2	37,7	0,51
Среднее	30,9	31,3	17,7	49,0	18,0	0,35
2014 год						
Контроль (без уд.)	22,1	21,6	69,1	90,7	68,6	0,76
N ₄₅	25,9	24,5	94,8	119,3	93,4	0,79
N ₄₅ P ₁₈₀	23,3	24,0	104,7	128,7	105,4	0,81
N ₄₅ P ₃₆₀	25,4	25,4	99,6	125,0	99,6	0,80
N ₄₅ P ₅₄₀	41,0	40,6	107,0	147,6	106,6	0,72
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	37,2	38,2	102,6	140,8	103,6	0,73
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	37,0	37,7	106,9	144,6	107,6	0,74
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	35,5	36,5	114,8	151,3	115,8	0,76
Среднее	30,9	31,1	99,9	131,0	100,1	0,76
2015 год						
Контроль (без уд.)	22,1	25,4	54,8	80,2	58,1	0,68

Окончание таблицы В.1						
1	2	3	4	5	6	7
N ₄₅	25,9	28,8	98,2	127,0	101,1	0,77
N ₄₅ P ₁₈₀	23,3	28,3	86,0	114,3	91,0	0,75
N ₄₅ P ₃₆₀	25,4	29,7	99,1	128,8	103,4	0,77
N ₄₅ P ₅₄₀	41,0	44,8	102,0	146,8	105,8	0,69
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	37,2	42,4	77,5	119,9	82,7	0,65
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	37,0	42,0	101,6	143,6	106,6	0,71
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	35,5	40,8	115,9	156,7	121,2	0,74
Среднее	30,9	35,3	91,9	127,2	96,2	0,72
2016 год						
Контроль (без уд.)	22,1	25,4	76,8	102,2	80,1	0,75
N ₄₅	25,9	28,8	96,3	125,1	99,2	0,77
N ₄₅ P ₁₈₀	23,3	28,3	94,4	122,7	99,4	0,77
N ₄₅ P ₃₆₀	25,4	29,7	120,3	150,0	124,6	0,80
N ₄₅ P ₅₄₀	41,0	44,8	88,3	133,1	92,1	0,66
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	37,2	42,4	73,5	115,9	78,7	0,63
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	37,0	42,0	99,2	141,2	104,2	0,70
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	35,5	40,8	122,7	163,5	128,0	0,75
Среднее	30,9	35,3	96,4	131,7	100,8	0,73

Приложение Г

Таблица Г.1 - Вынос элементов питания урожаем козлятника восточного из почвы, 2013-2016 гг.

Варианты опыта	Урожай абс. сух.в-в, т/га		ур-ть в сумме, абс. сух. в- ва, т/га	ср. ур- ть, зел. массы , т/га	Вынос ЭП, кг/га			Содержание в растениях, %						Среднее содержа- ние в растениях, %		
	укосы				N- NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	1-ый укос			2-ой укос			N- NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
	I	II						N- NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N- NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
2013 год																
Контроль (без уд.)	0,45	-	0,45	2,40	7,88	4,50	11,34	1,75	1,00	2,52	-	-	-	1,75	1,00	2,52
N ₄₅	0,63	-	0,63	3,40	12,29	6,93	16,82	1,95	1,10	2,67	-	-	-	1,95	1,10	2,67
N ₄₅ P ₁₈₀	0,73	-	0,73	3,90	14,97	8,03	19,35	2,05	1,10	2,65	-	-	-	2,05	1,10	2,65
N ₄₅ P ₃₆₀	0,71	-	0,71	3,80	14,63	9,23	18,96	2,06	1,30	2,67	-	-	-	2,06	1,30	2,67
N ₄₅ P ₅₄₀	0,71	-	0,71	3,80	14,91	8,52	19,31	2,10	1,20	2,72	-	-	-	2,10	1,20	2,72
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	0,80	-	0,80	4,30	16,40	11,20	21,84	2,05	1,40	2,73	-	-	-	2,05	1,40	2,73
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	1,10	-	1,10	5,90	23,32	15,40	30,36	2,12	1,40	2,76	-	-	-	2,12	1,40	2,76
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	1,67	-	1,67	9,00	37,24	25,05	46,76	2,23	1,50	2,80	-	-	-	2,23	1,50	2,80
2014 год																
Контроль (без уд.)	2,81	1,22	4,03	22,30	69,11	40,10	100,55	1,73	0,99	2,49	1,70	1,00	2,50	1,72	1,00	2,50
N ₄₅	3,02	1,93	4,95	24,20	94,79	54,45	128,70	1,93	1,10	2,60	1,90	1,10	2,60	1,92	1,10	2,60
N ₄₅ P ₁₈₀	3,13	2,09	5,22	25,20	104,66	57,42	136,24	2,01	1,10	2,62	2,00	1,10	2,60	2,01	1,10	2,61
N ₄₅ P ₃₆₀	3,05	1,88	4,93	24,40	99,59	64,09	79,87	2,04	1,30	1,64	2,00	1,30	1,60	2,02	1,30	1,62
N ₄₅ P ₅₄₀	3,11	2,01	5,12	25,10	107,01	61,44	137,98	2,08	1,20	2,69	2,10	1,20	2,70	2,09	1,20	2,70
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	3,30	1,79	5,09	27,10	102,56	71,26	141,76	2,03	1,40	2,77	2,00	1,40	2,80	2,02	1,40	2,79

Продолжение таблицы Г.1																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	3,24	1,85	5,09	27,10	106,89	71,26	138,19	2,10	1,40	2,73	2,10	1,40	2,70	2,10	1,40	2,72
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	3,38	1,84	5,22	27,80	114,84	78,30	145,38	2,20	1,50	2,77	2,20	1,50	2,80	2,20	1,50	2,79
2015 год																
Контроль (без уд.)	2,81	1,57	4,38	30,50	54,75	52,56	91,98	1,20	0,80	2,10	1,30	1,60	2,10	1,25	1,20	2,10
N ₄₅	3,85	2,93	6,78	33,00	98,24	84,69	149,05	1,30	0,90	2,20	1,60	1,60	2,20	1,45	1,25	2,20
N ₄₅ P ₁₈₀	3,80	2,35	6,15	44,90	86,03	76,81	135,19	1,40	0,90	2,20	1,40	1,60	2,20	1,40	1,25	2,20
N ₄₅ P ₃₆₀	3,84	2,36	6,20	45,00	99,12	83,63	92,93	1,50	1,10	1,50	1,70	1,60	1,50	1,60	1,35	1,50
N ₄₅ P ₅₄₀	4,08	3,48	7,56	34,30	101,99	101,99	181,32	1,30	1,00	2,40	1,40	1,70	2,40	1,35	1,35	2,40
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	4,19	3,20	7,39	31,20	77,54	103,39	177,24	0,70	1,20	2,40	1,40	1,60	2,40	1,05	1,40	2,40
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	3,94	3,32	7,26	39,00	101,57	101,57	174,12	1,20	1,10	2,40	1,60	1,70	2,40	1,40	1,40	2,40
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	4,27	3,73	8,00	42,00	115,93	95,94	191,88	1,20	1,20	2,40	1,70	1,20	2,40	1,45	1,20	2,40
2016 год																
Контроль (без уд.)	1,90	2,90	4,80	41,40	76,83	67,23	105,64	1,30	1,00	2,70	1,90	1,80	1,70	1,60	1,40	2,20
N ₄₅	2,13	3,22	5,35	49,30	96,34	74,93	136,48	1,50	1,00	2,80	2,10	1,80	2,30	1,80	1,40	2,55
N ₄₅ P ₁₈₀	2,11	3,14	5,25	57,30	94,43	73,44	136,40	1,60	1,00	2,80	2,00	1,80	2,40	1,80	1,40	2,60
N ₄₅ P ₃₆₀	2,43	3,74	6,17	61,10	120,26	92,51	138,76	1,60	1,10	2,10	2,30	1,90	2,40	1,95	1,50	2,25
N ₄₅ P ₅₄₀	2,08	2,96	5,04	51,50	88,25	75,65	136,16	1,50	1,00	2,90	2,00	2,00	2,50	1,75	1,50	2,70
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	2,19	3,26	5,45	57,90	73,51	84,40	149,74	0,80	1,20	3,00	1,90	1,90	2,50	1,35	1,55	2,75
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	2,26	3,41	5,67	59,40	99,17	90,67	155,84	1,30	1,20	2,90	2,20	2,00	2,60	1,75	1,60	2,75
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	2,66	3,98	6,64	63,30	122,75	106,16	189,10	1,40	1,20	3,00	2,30	2,00	2,70	1,85	1,60	2,85
среднее, 2013-2016 гг.																
Контроль (без уд.)	1,99	1,90	3,89	24,15	60,84	46,95	88,54	1,50	0,95	2,45	1,63	1,47	2,10	1,56	1,21	2,28
N ₄₅	2,41	2,69	5,10	27,48	90,19	64,39	125,82	1,67	1,03	2,57	1,87	1,50	2,37	1,77	1,26	2,47

Продолжение таблицы Г.1																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
N ₄₅ P ₁₈₀	2,44	2,53	4,97	32,83	88,54	62,71	123,37	1,77	1,03	2,57	1,80	1,50	2,40	1,78	1,26	2,48
N ₄₅ P ₃₆₀	2,51	2,66	5,17	33,58	98,14	72,32	98,42	1,80	1,20	1,98	2,00	1,60	1,83	1,90	1,40	1,91
N ₄₅ P ₅₄₀	2,49	2,82	5,31	28,68	95,03	72,59	138,38	1,75	1,10	2,68	1,83	1,63	2,53	1,79	1,37	2,61
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	2,62	2,75	5,37	30,13	84,85	78,72	142,02	1,40	1,30	2,73	1,77	1,63	2,57	1,58	1,47	2,65
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	2,63	2,86	5,49	32,85	100,16	81,71	144,58	1,68	1,28	2,70	1,97	1,70	2,57	1,82	1,49	2,63
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	2,99	3,18	6,18	35,53	118,09	90,06	166,00	1,76	1,35	2,74	2,07	1,57	2,63	1,91	1,46	2,69
сумма, 2013-2016 гг.																
Контроль (без уд.)	7,97	5,69	13,66	96,70	743,21	559,46	1100,47	5,98	3,79	9,81	4,90	4,40	6,30	5,44	4,10	8,06
N ₄₅	9,63	8,08	17,71	109,90	1087,21	761,40	1537,85	6,68	4,10	10,27	5,60	4,50	7,10	6,14	4,30	8,69
N ₄₅ P ₁₈₀	9,76	7,58	17,34	131,30	1080,34	745,66	1514,74	7,06	4,10	10,27	5,40	4,50	7,20	6,23	4,30	8,74
N ₄₅ P ₃₆₀	10,02	7,98	18,00	134,30	1188,13	864,10	1207,03	7,20	4,80	7,91	6,00	4,80	5,50	6,60	4,80	6,71
N ₄₅ P ₅₄₀	9,98	8,45	18,43	114,70	1149,91	856,90	1687,08	6,98	4,40	10,71	5,50	4,90	7,60	6,24	4,65	9,16
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	10,47	8,25	18,72	120,50	1018,37	945,36	1740,96	5,58	5,20	10,90	5,30	4,90	7,70	5,44	5,05	9,30
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	10,53	8,58	19,11	131,40	1205,97	974,71	1766,90	6,72	5,10	10,79	5,90	5,10	7,70	6,31	5,10	9,25
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	11,97	9,55	21,52	142,10	1423,55	1086,76	2030,41	7,03	5,40	10,97	6,20	4,70	7,90	6,62	5,05	9,44
среднее, 2014-2016 гг.																
Контроль (без уд.)	2,51	1,90	4,40	31,40	66,90	53,30	99,75	1,41	0,93	2,43	1,63	1,47	2,10	1,52	1,20	2,27
N ₄₅	3,00	2,69	5,69	35,50	96,46	71,36	139,46	1,58	1,00	2,53	1,87	1,50	2,37	1,72	1,25	2,45
N ₄₅ P ₁₈₀	3,01	2,53	5,54	42,47	95,04	69,23	136,76	1,67	1,00	2,54	1,80	1,50	2,40	1,74	1,25	2,47
N ₄₅ P ₃₆₀	3,10	2,66	5,76	43,50	106,32	80,08	103,18	1,71	1,17	1,75	2,00	1,60	1,83	1,86	1,38	1,79
N ₄₅ P ₅₄₀	3,09	2,82	5,91	36,97	99,08	79,69	153,46	1,63	1,07	2,66	1,83	1,63	2,53	1,73	1,35	2,60
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	3,22	2,75	5,97	38,73	84,54	86,35	157,99	1,18	1,27	2,72	1,77	1,63	2,57	1,47	1,45	2,65
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	3,14	2,86	6,00	41,83	102,54	87,83	157,40	1,53	1,23	2,68	1,97	1,70	2,57	1,75	1,47	2,62
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	3,43	3,18	6,62	44,37	117,84	93,47	177,22	1,60	1,30	2,72	2,07	1,57	2,63	1,83	1,43	2,68

Таблица Г.2 – Расчет взаимосвязи между выносом нитратного азота из почвы (X, мг/кг) и урожайностью (Y, %) козлятника восточного (в среднем за 2014-2016 гг.).

Варианты опыта	X, вынос	Y, урожайность	XY	X ²	y ²
Контроль (без уд.)	60,8	24,2	1471,4	3696,6	585,6
N ₄₅	90,2	27,5	2480,5	8136,0	756,3
N ₄₅ P ₁₈₀	88,5	32,8	2902,8	7832,3	1075,8
N ₄₅ P ₃₆₀	98,1	33,6	3296,2	9623,6	1129,0
N ₄₅ P ₅₄₀	95,0	28,7	2726,5	9025,0	823,7
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	84,9	30,1	2555,5	7208,0	906,0
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	100,2	32,9	3296,6	10040,0	1082,4
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	118,1	35,6	4204,4	13947,6	1267,4
Сумма	735,8	245,4	22933,8	69509,2	7626,2
Средняя	92,0	30,7	2866,7	8688,7	953,3

$$b = \frac{\sum xy - n \cdot x_{\text{ср.}} \cdot y_{\text{ср.}}}{\sum x^2 - n \cdot (x_{\text{ср.}})^2} = (22933,8 \cdot 10 - 8 \cdot 92,0 \cdot 30,7 \cdot 10) / (69509,2 \cdot 10 - 8 \cdot (92 \cdot 92)) = 0,005\%$$

Таблица Г.3 - Расчет взаимосвязи между выносом подвижного фосфора из почвы (X, мг/кг) и урожайностью (Y, %) козлятника восточного (в среднем за 2014-2016 гг.).

Варианты опыта	X, вынос	Y, урожайность	XY	X ²	y ²
Контроль (без уд.)	47,0	24,2	1137,4	2209,0	585,6
N ₄₅	64,4	27,5	1771,0	4147,4	756,3
N ₄₅ P ₁₈₀	62,7	32,8	2056,6	3931,3	1075,8
N ₄₅ P ₃₆₀	72,3	33,6	2429,3	5227,3	1129,0
N ₄₅ P ₅₄₀	72,6	28,7	2083,6	5270,8	823,7
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	78,7	30,1	2368,9	6193,7	906,0
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	81,7	32,9	2687,9	6674,9	1082,4
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	90,1	35,6	3207,6	8118,0	1267,4
Сумма	569,5	245,4	17742,2	41772,3	7626,2
Средняя	71,2	30,7	2217,8	5221,5	953,3

$$b = \frac{\sum xy - n \cdot x_{\text{ср.}} \cdot y_{\text{ср.}}}{\sum x^2 - n \cdot (x_{\text{ср.}})^2} = (17742,2 \cdot 10 - 8 \cdot 71,2 \cdot 30,7 \cdot 10) / (41772,3 \cdot 10 - 8 \cdot (71,2 \cdot 71,2)) = 0,007\%$$

Таблица Г.4 - Расчет взаимосвязи между выносом обменного калия из почвы (X, мг/кг) и урожайностью (Y, %) козлятника восточного, (в среднем за 2014-2016 гг.)

Варианты опыта	X, вынос	Y, урожайность	XY	X ²	Y ²
Контроль (без уд.)	88,5	24,2	2141,7	7832,3	585,6
N ₄₅	125,8	27,5	3459,5	15825,6	756,3
N ₄₅ P ₁₈₀	123,4	32,8	4047,5	15227,6	1075,8
N ₄₅ P ₃₆₀	98,4	33,6	3306,2	9682,6	1129,0
N ₄₅ P ₅₄₀	138,4	28,7	3972,1	19154,6	823,7
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	142,0	30,1	4274,2	20164,0	906,0
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	144,6	32,9	4757,3	20909,2	1082,4
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	166,0	35,6	5909,6	27556,0	1267,4
Сумма	1027,1	245,4	31868,2	136351,7	7626,2
Средняя	128,4	30,7	3983,5	17044,0	953,3

$$b = \frac{\sum xy - n \cdot x_{cp} \cdot y_{cp}}{\sum x^2 - n \cdot (x_{cp})^2} = \frac{(31868,2 \cdot 10 - 8 \cdot 128,4 \cdot 30,7 \cdot 10)}{(136351,7 \cdot 10 - 8 \cdot (128,4 \cdot 128,4))} = 0,003\%$$

Приложение Д.

Таблица Д.1 - Коэффициент использования питательных веществ из почвы

Варианты опыта	Средняя урожайность зел. массы, т/га	Прибавка т/га	КИП		
			Nм	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6
2013 год					
Контроль (без уд.)	2,40	-	0,27	0,02	0,07
N ₄₅	3,40	0,18	0,32	0,03	0,10
N ₄₅ P ₁₈₀	3,90	0,28	0,39	0,03	0,11
N ₄₅ P ₃₆₀	3,80	0,26	0,36	0,03	0,10
N ₄₅ P ₅₄₀	3,80	0,26	0,26	0,02	0,10
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	4,30	0,35	0,30	0,03	0,10
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	5,90	0,65	0,38	0,04	0,12
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	9,00	1,22	0,51	0,07	0,16
2014 год					
Контроль (без уд.)	22,3	-	0,76	0,22	0,67
N ₄₅	24,2	0,9	0,79	0,26	0,79
N ₄₅ P ₁₈₀	25,2	1,2	0,81	0,18	0,73
N ₄₅ P ₃₆₀	24,4	0,9	0,80	0,20	0,47
N ₄₅ P ₅₄₀	25,1	1,1	0,72	0,16	0,70
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	27,1	1,1	0,73	0,19	0,67
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	27,1	1,1	0,74	0,19	0,81
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	27,8	1,2	0,76	0,23	0,50
2015 год					
Контроль (без уд.)	30,5	-	0,68	0,29	0,61
N ₄₅	33,0	2,4	0,77	0,40	0,92
N ₄₅ P ₁₈₀	44,9	1,8	0,75	0,24	0,78
N ₄₅ P ₃₆₀	45,0	1,8	0,77	0,26	0,50
N ₄₅ P ₅₄₀	34,3	3,2	0,69	0,26	0,94
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	31,2	3,0	0,65	0,28	0,83
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	39,0	2,9	0,71	0,28	0,80
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	42,0	3,6	0,74	0,26	0,79
2016 год					
Контроль (без уд.)	41,4	-	0,75	0,37	0,68
N ₄₅	49,3	0,6	0,77	0,35	0,82
N ₄₅ P ₁₈₀	57,3	0,4	0,77	0,25	0,77
N ₄₅ P ₃₆₀	61,1	1,4	0,80	0,28	0,73

Продолжение таблицы Д.1					
1	2	3	4	5	6
N ₄₅ P ₅₄₀	51,5	0,2	0,66	0,19	0,69
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	57,9	0,6	0,63	0,22	0,69
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	59,4	0,9	0,70	0,23	0,71
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	63,3	1,8	0,75	0,28	0,77
среднее, 2013-2016 гг.					
Контроль (без уд.)	24,2	-	0,73	0,26	0,58
N ₄₅	27,5	3,3	0,77	0,31	0,77
N ₄₅ P ₁₈₀	32,8	8,6	0,78	0,21	0,69
N ₄₅ P ₃₆₀	33,6	9,4	0,79	0,22	0,53
N ₄₅ P ₅₄₀	28,7	4,5	0,69	0,19	0,71
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	30,1	5,9	0,69	0,21	0,66
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	32,9	8,7	0,72	0,22	0,67
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	35,5	11,3	0,76	0,25	0,62

Таблица Д.2 – Коэффициент использования питательных веществ из почвы, 2013-2016 гг.

Варианты опыта	Ср. ур-ть, зел. мас- сы, т/га	Прибав- ка, т/га	Вынос ЭП, кг/га			КИПу			Содержание в почве кг/га		
			N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N- NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	Нм– мобилиза- ция, кг/га
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2013 год											
Контроль (без уд.)	2,40	-	7,88	4,50	11,34	-	-	-	182,40	152,40	7,60
N ₄₅	3,40	1,00	12,29	6,93	16,82	0,705	0,023	0,072	212,40	165,60	12,30
N ₄₅ P ₁₈₀	3,90	1,50	14,97	8,03	19,35	0,594	0,019	0,068	266,88	174,00	15,50
N ₄₅ P ₃₆₀	3,80	1,40	14,63	9,23	18,96	0,612	0,018	0,063	327,60	190,80	15,10
N ₄₅ P ₅₄₀	3,80	1,40	14,91	8,52	19,31	0,611	0,014	0,061	392,40	199,20	15,40
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	4,30	1,90	16,40	11,20	21,84	0,542	0,017	0,056	378,00	216,00	16,90
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	5,90	3,50	23,32	15,40	30,36	0,400	0,017	0,049	372,00	254,40	23,70
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	9,00	6,60	37,24	25,05	46,76	0,263	0,019	0,042	350,40	296,40	37,70
2014 год											
Контроль (без уд.)	22,30	-	69,11	40,10	100,55	-	-	-	179,52	149,28	68,60
N ₄₅	24,20	1,90	94,79	54,45	128,70	0,94	0,24	0,73	209,52	162,48	93,40
N ₄₅ P ₁₈₀	25,20	2,90	104,66	57,42	136,24	0,88	0,16	0,64	323,52	187,68	105,40
N ₄₅ P ₃₆₀	24,40	2,10	99,59	64,09	79,87	0,91	0,18	0,43	324,72	170,88	99,60
N ₄₅ P ₅₄₀	25,10	2,80	107,01	61,44	137,98	0,89	0,14	0,63	389,52	196,08	106,60
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	27,10	4,80	102,56	71,26	141,76	0,81	0,16	0,55	375,12	212,88	103,60
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	27,10	4,80	106,89	71,26	138,19	0,82	0,16	0,67	369,12	170,88	107,60
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	27,80	5,50	114,84	78,30	145,38	0,80	0,19	0,40	337,92	293,28	115,80
2015 год											
Контроль (без уд.)	30,50	-	54,75	52,56	91,98	-	-	-	179,52	151,92	58,10

Продолжение таблицы Д.2											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N ₄₅	33,00	2,50	98,24	84,69	149,05	0,90	0,374	0,847	209,52	162,72	101,10
N ₄₅ P ₁₈₀	44,90	14,40	86,03	76,81	135,19	0,64	0,161	0,529	323,52	173,76	91,00
N ₄₅ P ₃₆₀	45,00	14,50	99,12	83,63	92,93	0,65	0,175	0,339	324,72	186,00	103,40
N ₄₅ P ₅₄₀	34,30	3,80	101,99	101,99	181,32	0,86	0,233	0,837	389,52	192,72	105,80
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	31,20	0,70	77,54	103,39	177,24	0,92	0,269	0,809	375,12	214,08	82,70
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	39,00	8,50	101,57	101,57	174,12	0,75	0,215	0,629	369,12	216,48	106,60
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	42,00	11,50	115,93	95,94	191,88	0,69	0,188	0,573	371,04	243,36	121,20
2016 год											
Контроль (без уд.)	41,40	-	76,83	67,23	105,64	-	-	-	182,78	155,16	80,10
N ₄₅	49,30	7,90	96,34	74,93	136,48	0,82	0,30	0,69	212,78	165,96	99,20
N ₄₅ P ₁₈₀	57,30	15,90	94,43	73,44	136,40	0,69	0,18	0,56	291,46	177,00	99,40
N ₄₅ P ₃₆₀	61,10	19,70	120,26	92,51	138,76	0,65	0,19	0,50	327,98	189,24	124,60
N ₄₅ P ₅₄₀	51,50	10,10	88,25	75,65	136,16	0,77	0,15	0,56	392,78	195,96	92,10
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	57,90	16,50	73,51	84,40	149,74	0,67	0,16	0,49	378,38	217,32	78,70
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	59,40	18,00	99,17	90,67	155,84	0,66	0,16	0,49	392,18	219,72	104,20
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	63,30	21,90	122,75	106,16	189,10	0,63	0,18	0,50	379,22	246,60	128,00
в среднем за 2013-2016 гг.											
Контроль (без уд.)	24,15	-	60,84	46,95	88,54	-	-	-	181,06	152,19	61,44
N ₄₅	27,48	3,33	90,19	64,39	125,82	0,88	0,27	0,67	211,06	164,19	90,57
N ₄₅ P ₁₈₀	32,83	8,68	88,54	62,71	123,37	0,72	0,15	0,51	301,34	178,11	90,03
N ₄₅ P ₃₆₀	33,58	9,43	98,14	72,32	98,42	0,71	0,16	0,38	326,26	184,23	99,33
N ₄₅ P ₅₄₀	28,68	4,53	95,03	72,59	138,38	0,83	0,16	0,59	391,06	195,99	95,99
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	30,13	5,98	84,85	78,72	142,02	0,79	0,17	0,53	376,66	215,07	86,57
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	32,85	8,70	100,16	81,71	144,58	0,72	0,16	0,49	375,61	215,37	101,71
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	35,53	11,38	118,09	90,06	166,00	0,67	0,17	0,42	359,65	269,91	119,79

Таблица Д.3 – Процент эффективного использования из удобрений питательных веществ козлятником восточным по вариантам исследования

Варианты опыта	Содержание в почве, кг/га			Нм – мобилиз ация под растени ем, кг/га	Вынос, кг/га			ПЭУ, %		
	N	P ₂₀₅	K ₂₀		N	P ₂₀₅	K ₂₀	N	P ₂₀₅	K ₂₀
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2013 год										
Контроль (без уд.)	22,1	182,4	152,4	7,6	7,9	4,5	11,3	-	-	-
N ₄₅	25,9	212,4	165,6	12,3	12,3	6,9	16,8	0,078	-	-
N ₄₅ P ₁₈₀	23,3	266,9	174,0	15,5	15,0	8,0	19,3	0,128	0,017	-
N ₄₅ P ₃₆₀	25,4	327,6	190,8	15,1	14,6	9,2	19,0	0,119	0,009	-
N ₄₅ P ₅₄₀	41,0	392,4	199,2	15,4	14,9	8,5	19,3	0,121	0,006	-
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	37,2	378,0	216,0	16,9	16,4	11,2	21,8	0,159	0,027	0,053
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	37,0	372,0	254,4	23,7	23,3	15,4	30,4	0,306	0,025	0,100
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	35,5	350,4	296,4	37,7	37,2	25,1	46,8	0,605	0,102	0,095
2014 год										
Контроль (без уд.)	21,8	179,5	149,3	68,6	69,1	40,1	100,5	-	-	-
N ₄₅	25,9	209,5	162,5	93,4	94,8	54,5	128,7	0,392	-	-
N ₄₅ P ₁₈₀	23,8	323,5	187,7	105,4	104,7	57,4	136,2	0,530	0,073	-
N ₄₅ P ₃₆₀	25,9	324,7	170,9	99,6	99,6	64,1	79,9	0,404	0,033	-
N ₄₅ P ₅₄₀	41,5	389,5	196,1	106,6	107,0	61,4	138,0	0,506	0,024	-
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	37,7	375,1	212,9	103,6	102,6	71,3	141,8	0,475	0,082	0,164
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	37,4	369,1	170,9	107,6	106,9	71,3	138,2	0,495	0,041	0,160
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	36,0	337,9	293,3	115,8	114,8	78,3	145,4	0,582	0,099	0,092
2015 год										
Контроль (без уд.)	21,6	179,5	151,9	58,1	54,8	52,6	92,0	-	-	-
N ₄₅	24,5	209,5	162,7	101,1	98,2	84,7	149,1	0,772	-	-
N ₄₅ P ₁₈₀	24,0	323,5	173,8	91,0	86,0	76,8	135,2	0,549	0,123	-
N ₄₅ P ₃₆₀	25,4	324,7	186,0	103,4	99,1	83,6	92,9	0,645	0,068	-
N ₄₅ P ₅₄₀	40,6	389,5	192,7	105,8	102,0	102,0	181,3	0,953	0,079	-
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	38,2	375,1	214,1	82,7	77,5	103,4	177,2	0,701	0,234	0,401
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	37,7	369,1	216,5	106,6	101,6	101,6	174,1	0,894	0,112	0,383
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	36,5	371,0	243,4	121,2	115,9	95,9	191,9	1,165	0,241	0,241
2016 год										
Контроль (без уд.)	25,4	182,8	155,2	80,1	76,8	67,2	105,6	-	-	-
N ₄₅	28,8	212,8	166,0	99,2	96,3	74,9	136,5	0,220	-	-

Продолжение таблицы Д.3										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
N ₄₅ P ₁₈₀	28,3	291,5	177,0	99,4	94,4	73,4	136,4	0,178	0,035	-
N ₄₅ P ₃₆₀	29,7	328,0	189,2	124,6	120,3	92,5	138,8	0,592	0,057	-
N ₄₅ P ₅₄₀	44,8	392,8	196,0	92,1	88,3	75,6	136,2	0,094	0,007	-
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	42,4	378,4	217,3	78,7	73,5	84,4	149,7	0,193	0,055	0,098
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	42,0	392,2	219,7	104,2	99,2	90,7	155,8	0,336	0,038	0,132
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	40,8	379,2	246,6	128,0	122,7	106,2	189,1	0,754	0,163	0,145
среднее, 2013-2016 гг.										
Контроль (без уд.)	22,7	181,1	152,2	61,44	60,8	47,0	88,5	-	-	-
N ₄₅	26,3	211,1	164,2	90,57	90,2	64,4	125,8	0,476	-	-
N ₄₅ P ₁₈₀	24,8	301,3	178,1	90,03	88,5	62,7	123,4	0,427	0,076	-
N ₄₅ P ₃₆₀	26,6	326,3	184,2	99,33	98,1	72,3	98,4	0,539	0,050	-
N ₄₅ P ₅₄₀	42,0	391,1	196,0	95,99	95,0	72,6	138,4	0,565	0,036	-
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	38,9	376,7	215,1	86,57	84,9	78,7	142,0	0,519	0,120	0,217
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	38,5	375,6	215,4	101,71	100,2	81,7	144,6	0,650	0,066	0,234
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	37,2	359,6	269,9	119,79	118,1	90,1	166,0	0,971	0,185	0,171

Таблица Д.4 – Влияние минеральных удобрений на содержание аммонийного азота, серы и подвижных форм микроэлементов в серой лесной почве за 2013-2016 гг.

Вариант	Среднее за 2 укоса содержание питательных веществ в почве мг/кг							
	N-NH ₄	B	Mo	Co	S	Mn	Cu	Zn
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2013								
Контроль (без уд.)	2,35	1,25	0,16	0,98	3,43	42	8,37	2,88
N ₄₅	2,79	1,58	1,08	0,99	14,30	44	8,54	2,85
N ₄₅ P ₁₈₀	3,65	1,70	1,08	1,03	11,14	46	9,22	3,02
N ₄₅ P ₃₆₀	2,01	1,53	1,58	1,18	15,25	43	9,12	3,19
N ₄₅ P ₅₄₀	5,10	1,35	1,45	1,24	14,30	44	9,10	2,84
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	5,17	1,33	1,25	1,26	25,39	43	9,26	2,76
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	2,37	1,65	1,28	1,28	22,73	44	9,48	3,05
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	2,56	1,66	1,25	1,24	34,91	44	9,55	2,91
2014								
Контроль (без уд.)	2,70	1,17	0,25	0,92	4,29	39	8,04	2,51
N ₄₅	2,94	1,60	1,07	0,94	13,61	41	8,11	2,42

Продолжение таблицы Д.4								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
N ₄₅ P ₁₈₀	3,36	1,55	1,12	0,99	10,62	42	8,75	2,63
N ₄₅ P ₃₆₀	1,79	1,64	1,57	1,07	15,24	41	8,54	2,85
N ₄₅ P ₅₄₀	4,24	1,27	1,52	1,16	14,60	43	8,79	2,63
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	5,09	1,40	1,32	1,17	27,29	42	8,91	2,57
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	2,23	1,94	1,27	1,20	22,39	42	9,04	2,68
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	2,71	1,66	1,27	1,17	33,86	42	9,05	2,51
2015								
Контроль (без уд.)	2,61	1,17	0,31	0,94	4,19	40	8,79	2,99
N ₄₅	3,13	1,53	1,04	0,96	14,01	42	8,95	2,97
N ₄₅ P ₁₈₀	3,55	1,57	1,14	1,03	10,37	44	9,65	3,14
N ₄₅ P ₃₆₀	1,88	1,53	1,54	1,10	14,47	43	9,54	3,30
N ₄₅ P ₅₄₀	4,43	1,27	1,49	1,19	13,52	43	9,52	2,95
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	5,08	1,33	1,29	1,20	24,61	44	9,69	2,88
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	2,41	1,60	1,24	1,22	21,95	43	9,90	3,17
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	2,49	1,63	1,29	1,19	34,13	43	9,97	3,03
2016								
Контроль (без уд.)	2,90	1,22	0,39	1,07	3,25	43	8,54	2,71
N ₄₅	3,80	1,50	1,02	1,10	16,29	46	8,43	2,52
N ₄₅ P ₁₈₀	3,76	1,58	1,28	1,15	12,13	44	8,98	2,79
N ₄₅ P ₃₆₀	1,96	1,51	1,53	1,16	15,77	44	8,55	3,13
N ₄₅ P ₅₄₀	4,07	1,31	1,55	1,29	15,74	45	9,34	3,17
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	5,11	1,35	1,35	1,28	33,62	46	9,39	3,15
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	2,78	1,61	1,23	1,33	24,27	46	9,32	2,90
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	2,42	1,65	1,40	1,30	34,32	46	9,23	2,68
2013-2016								
Контроль (без уд.)	2,64	1,20	0,28	0,98	3,79	41	8,44	2,78
N ₄₅	3,16	1,55	1,05	1,00	14,55	43	8,51	2,69
N ₄₅ P ₁₈₀	3,58	1,60	1,15	1,05	11,06	44	9,15	2,90
N ₄₅ P ₃₆₀	1,91	1,55	1,55	1,13	15,19	43	8,94	3,12
N ₄₅ P ₅₄₀	4,46	1,30	1,50	1,22	14,54	44	9,19	2,90
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	5,11	1,35	1,30	1,23	27,73	44	9,31	2,84
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	2,45	1,70	1,25	1,26	22,84	44	9,44	2,95
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	2,54	1,65	1,30	1,22	34,31	44	9,45	2,78

Приложение Е

Таблица Е.1 – Расчет коэффициента интенсивного действия 1 кг азота (Х кг д.в./га) на валовое содержание азота (N, %) в растениях козлятника восточного, за 2014-2016 гг.

Варианты	X	Y	XY	X ²	Y ²
N ₀ P ₀ K ₀	0	1,52	0,00	0,00	2,32
N ₄₅ P ₀ K ₀	45	1,72	77,48	2025,00	2,96
Сумма:	45,00	3,24	77,48	2025,00	5,28
Среднее:	22,50	1,62	38,74	1012,5	2,64

$$b = \frac{\sum xy - n \cdot x_{\text{ср.}} \cdot y_{\text{ср.}}}{\sum x^2 - n \cdot (x_{\text{ср.}})^2} = (77,48 \cdot 10 - 2 \cdot 22,5 \cdot 1,62 \cdot 10) / (2025 \cdot 10 - (2 \cdot (22,5)^2)) = 0,002\%.$$

Таблица Е.1 – Расчет коэффициента интенсивного действия 1 кг азота (Х кг д.в./га) на валовое содержание фосфора (P₂O₅, %) в растениях козлятника восточного, за 2014-2016 гг.

Варианты	X	Y	XY	X ²	Y ²
N ₀ P ₀ K ₀	0	1,20	0,00	0,00	1,44
N ₄₅ P ₀ K ₀	45	1,25	56,25	2025,00	1,56
Сумма:	45,00	2,45	56,25	2025,00	3,00
Среднее:	22,50	1,22	28,13	1012,50	1,50

$$b = \frac{\sum xy - n \cdot x_{\text{ср.}} \cdot y_{\text{ср.}}}{\sum x^2 - n \cdot (x_{\text{ср.}})^2} = (56,25 \cdot 10 - 2 \cdot 22,5 \cdot 1,22 \cdot 10) / (2025 \cdot 10 - (2 \cdot (22,5)^2)) = 0,0007\%.$$

Таблица Е.1 – Расчет коэффициента интенсивного действия 1 кг азота (Х кг д.в./га) на валовое содержание калия (K₂O, %) в растениях козлятника восточного, за 2014-2016 гг.

Варианты	X	Y	XY	X ²	Y ²
N ₀ P ₀ K ₀	0	2,42	0,00	0,00	5,13
N ₄₅ P ₀ K ₀	45	2,45	110,25	2025,00	6,00
Сумма:	45	4,87	110,25	2025,00	11,13
Среднее:	22,5	2,44	55,13	1012,50	5,57

$$b = \frac{\sum xy - n \cdot x_{\text{ср.}} \cdot y_{\text{ср.}}}{\sum x^2 - n \cdot (x_{\text{ср.}})^2} = (110,25 \cdot 10 - 2 \cdot 22,5 \cdot 2,44 \cdot 10) / (2025 \cdot 10 - (2 \cdot (22,5)^2)) = 0,0004\%.$$

Таблица Е.2 – Расчет коэффициента интенсивного действия 1 кг фосфора (Х кг д.в./га) на содержание азота (N, %) в растениях козлятника восточного, за 2014-2016 гг.

Варианты	X	Y	XY	X ²	Y ²
N ₀ P ₀ K ₀	0	1,52	0,0	0,0	2,32
N ₄₅ P ₀ K ₀	0	1,72	0,0	0,0	2,96
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₀	180	1,74	312,30	32400,0	3,01
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₀	360	1,86	668,40	129600,0	3,45
N ₄₅ P ₅₄₀ K ₀	540	1,73	934,20	291600,0	2,99
Сумма:	1080	8,57	1914,90	453600,0	14,73
Среднее:	216	1,71	382,98	90720,0	2,95

$$b = \frac{\sum xy - n \cdot x_{\text{ср.}} \cdot y_{\text{ср.}}}{\sum x^2 - n \cdot (x_{\text{ср.}})^2} = (1914,9 \cdot 10 - 5 \cdot 216 \cdot 1,71 \cdot 10) / (453600 \cdot 10 - 5 \cdot (216 \cdot 216)) = 0,003\%.$$

Таблица Е.2 – Расчет коэффициента интенсивного действия 1 кг фосфора (Х кг д.в./га) на содержание фосфора (P₂O₅, %) в растениях козлятника восточного, за 2014-2016 гг.

Варианты	X	Y	XY	X ²	Y ²
N ₀ P ₀ K ₀	0	1,20	0,0	0,0	1,4
N ₄₅ P ₀ K ₀	0	1,25	0,0	0,0	1,6
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₀	180	1,25	225,0	32400,0	1,6
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₀	360	1,38	496,8	129600,0	1,9
N ₄₅ P ₅₄₀ K ₀	540	1,35	729,0	291600,0	1,8
Сумма:	1080	6,43	1450,8	453600,0	8,3
Среднее:	216	1,29	290,2	90720,0	1,7

$$b = \frac{\sum xy - n \cdot x_{\text{ср.}} \cdot y_{\text{ср.}}}{\sum x^2 - n \cdot (x_{\text{ср.}})^2} = (1450,8 \cdot 10 - 5 \cdot 216 \cdot 1,29 \cdot 10) / (453600 \cdot 10 - 5 \cdot (216 \cdot 216)) = 0,0001\%.$$

Таблица Е.2 – Расчет коэффициента интенсивного действия 1 кг фосфора (X кг д.в./га) на содержание калия (K₂O, %) в растениях козлятника восточного, за 2014-2016 гг.

Варианты	X	Y	XY	X ²	Y ²
N ₀ P ₀ K ₀	0,00	2,27	0,00	0,00	5,15
N ₄₅ P ₀ K ₀	0,00	2,45	0,00	0,00	6,00
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₀	180,00	2,47	444,60	32400,00	6,10
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₀	360,00	2,68	964,80	129600,00	7,18
N ₄₅ P ₅₄₀ K ₀	540,00	2,60	1404,00	291600,00	6,76
Сумма:	1080,00	12,47	2813,40	453600,00	31,20
Среднее:	216,00	2,49	562,68	90720,00	6,24

$$b = \frac{\sum xy - n \cdot x_{\text{ср.}} \cdot y_{\text{ср.}}}{\sum x^2 - n \cdot (x_{\text{ср.}})^2} = (2813,4 \cdot 10 - 5 \cdot 216 \cdot 2,49 \cdot 10) / (453600 \cdot 10 - 5 \cdot (216 \cdot 216)) = 0,0002\%.$$

Таблица Е.3 – Расчет коэффициента интенсивного действия 1 кг калия (X кг д.в./га) на содержание азота (N, %) в растениях козлятника восточного, за 2014-2016 гг.

Варианты	X	Y	XY	X ²	Y ²
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₀	0	1,47	0,00	0,00	2,17
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	180	1,75	315,00	32400,00	3,06
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	360	1,83	660,00	129600,00	3,36
Сумма:	540	5,06	975,00	162000,00	8,59
Среднее:	180	1,69	325,00	54000,00	2,86

$$b = \frac{\sum xy - n \cdot x_{\text{ср.}} \cdot y_{\text{ср.}}}{\sum x^2 - n \cdot (x_{\text{ср.}})^2} = (975,0 \cdot 10 - 3 \cdot 180 \cdot 1,69 \cdot 10) / (162000 \cdot 10 - 3 \cdot (180 \cdot 180)) = 0,0004\%.$$

Таблица Е.3 – Расчет коэффициента интенсивного действия 1 кг калия (Х кг д.в./га) на содержание фосфора (Р₂О₅, %) в растениях козлятника восточного, за 2014-2016 гг.

Варианты	X	Y	XY	X ²	Y ²
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₀	0	1,45	0,00	0,00	2,10
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	180	1,47	264,00	32400,00	2,15
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	360	1,43	516,00	129600,00	2,05
Сумма:	540	4,35	780,00	162000,00	6,31
Среднее:	180	1,43	260,00	54000,00	2,10

$$b = \frac{\sum xy - n \cdot x_{\text{ср.}} \cdot y_{\text{ср.}}}{\sum x^2 - n \cdot (x_{\text{ср.}})^2} = (780,0 \cdot 10 - 3 \cdot 180 \cdot 1,43 \cdot 10) / (162000 \cdot 10 - 3 \cdot (180 \cdot 180)) = 0,0001\%.$$

Таблица Е.3 – Расчет коэффициента интенсивного действия 1 кг калия (Х кг д.в./га) на содержание калия (K₂O, %) в растениях козлятника восточного, за 2014-2016 гг.

Варианты	X	Y	XY	X ²	Y ²
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₀	0	2,47	0,00	0,00	6,10
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	180	2,65	477,00	32400,00	7,02
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	360	2,68	964,80	129600,00	7,18
Сумма:	540	7,80	1441,80	162000,00	20,31
Среднее:	180	2,60	480,60	54000,00	6,77

$$b = \frac{\sum xy - n \cdot x_{\text{ср.}} \cdot y_{\text{ср.}}}{\sum x^2 - n \cdot (x_{\text{ср.}})^2} = (1441,8 \cdot 10 - 3 \cdot 180 \cdot 2,60 \cdot 10) / (162000 \cdot 10 - 3 \cdot (180 \cdot 180)) = 0,0003\%.$$

Приложение К

Таблица К.1 – Расчет взаимосвязи между содержанием нитратного азота в почве (X, мг/кг) и содержанием валового азота в растении (Y, %) козлятника восточного (в среднем за 2014-2016 гг.)

Варианты	X	Y	XY	X ²	Y ²
Контроль (без уд.)	9,6	1,5	14,5	91,5	2,3
N ₄₅	11,0	1,7	18,9	120,9	3,0
N ₄₅ P ₁₈₀	10,6	1,7	18,4	111,5	3,0
N ₄₅ P ₃₆₀	11,3	1,9	20,9	126,8	3,5
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	16,3	1,8	28,5	264,4	3,1
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	15,7	1,8	28,8	247,3	3,3
Сумма:	74,4	10,4	130,0	962,4	18,2
Среднее:	12,4	1,7	21,7	160,4	3,0

$$b = \frac{\sum xy - n \cdot x_{\text{ср.}} \cdot y_{\text{ср.}}}{\sum x^2 - n \cdot (x_{\text{ср.}})^2} = (130,0 \cdot 10 - 6 \cdot 12,4 \cdot 1,7 \cdot 10) / (962,4 \cdot 10 - 6 \cdot (12,4 \cdot 12,4)) = 0,004\%$$

Таблица К.2 – Расчет взаимосвязи между содержанием подвижного фосфора в почве (X, мг/кг) и содержанием валового фосфора в растении (Y, %) козлятника восточного (в среднем за 2014-2016 гг.)

Варианты	X	Y	XY	X ²	Y ²
Контроль (без уд.)	75,3	1,2	90,3	5663,1	1,4
N ₄₅	87,8	1,3	109,7	7700,6	1,6
N ₄₅ P ₁₈₀	130,3	1,3	162,9	16990,3	1,6
N ₄₅ P ₃₆₀	135,8	1,4	187,3	18429,0	1,9
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	157,0	1,5	230,8	24650,0	2,2
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	151,1	1,4	216,1	22842,3	2,0
Сумма:	737,2	8,0	997,2	96275,3	10,7
Среднее:	122,9	1,3	166,2	16045,9	1,8

$$b = \frac{\sum xy - n \cdot x_{\text{ср.}} \cdot y_{\text{ср.}}}{\sum x^2 - n \cdot (x_{\text{ср.}})^2} = (997,2 \cdot 10 - 6 \cdot 122,9 \cdot 1,3 \cdot 10) / (96275,3 \cdot 10 - 6 \cdot (122,9 \cdot 122,9)) = 0,0004\%.$$

Таблица К.3 – Расчет взаимосвязи между содержанием обменного калия в почве (X, мг/кг) и содержанием валового калия в растении (Y, %) козлятника восточного (в среднем за 2014-2016 гг.)

Варианты	X	Y	XY	X ²	Y ²
Контроль (без уд.)	63,4	2,3	143,9	4017,4	5,2
N ₄₅	68,2	2,5	167,1	4653,5	6,0
N ₄₅ P ₁₈₀	74,8	2,5	184,7	5592,5	6,1
N ₄₅ P ₃₆₀	75,9	1,8	135,8	5753,2	3,2
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	84,3	2,6	220,9	7109,3	6,9
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	108,8	2,7	291,5	11833,8	7,2
Сумма:	475,3	14,3	1143,9	38959,8	34,5
Среднее:	79,2	2,4	190,7	6493,3	5,8

$$b = \frac{\sum xy - n \cdot x_{\text{ср.}} \cdot y_{\text{ср.}}}{\sum x^2 - n \cdot (x_{\text{ср.}})^2} = \frac{(1143,9 \cdot 10 - 6 \cdot 79,2 \cdot 2,4 \cdot 10)}{(38959,8 \cdot 10 - 6 \cdot (79,2 \cdot 79,2))} = 0,0001\%.$$

Приложение Л

Таблица Л.1 – Химический состав и питательная ценность сена по зонам Омской области*

Зона	В 1 кг корма						Химический состав, %				
	К.ед., кг	ОЭ, МДж /кг	Перевар.прот. еин, г	Са, г	Р, г	Каротин, мг	Сух. в-во	Сыр. прот.	Сыр. кл-ка	Сыр. зола	Обеспеченность к.ед. перев.прот.
Кострец безостый											
Степная зона	0,49	7,4	50,0	4,6	1,7	10	87,8	8,7	28,4	5,5	102
Юж. лесостепная	0,48	7,3	49,2	4,6	1,6	10	87,3	9,1	28,5	5,7	102
Северная	0,48	7,4	45,5	4,5	1,6	11	86,8	7,0	27,8	5,0	95
По области	0,48	7,4	47,5	4,5	1,6	10	87,2	8,1	28,2	5,3	99
Тимофеевка с кострецом											
Степная зона	0,46	7,5	42,5	4,6	1,6	10	87,7	7,2	28,4	5,5	92
Юж. лесостепная	0,48	7,4	41,2	4,6	1,6	10	87,9	6,9	29,0	5,6	86
Северная	0,48	7,4	41,2	4,6	1,6	10	87,0	6,9	29,0	5,6	89
По области	0,47	7,4	41,9	4,6	1,6	10	87,8	7,0	28,7	5,6	89
Люцерна											
степная	0,55	7,7	72,1	11,7	1,7	19	88,1	12,1	25,8	6,4	131
Юж. лесостепная	0,56	7,6	70,5	11,7	1,6	17	87,5	12,2	24,0	6,5	126
Северная лесостепь	0,53	7,6	67,5	12,2	1,7	21	86,9	10,3	26,2	6,5	127
Северная	0,52	7,5	63,2	11,3	1,8	21	86,1	10,6	26,0	6,6	122
По области	0,54	7,6	68,3	11,7	1,7	20	87,2	11,3	25,5	6,5	126
Клевер											
Степная	0,55	7,5	58,9	9,6	1,8	20	87,0	9,2	27,8	5,9	107
Северная	0,53	7,4	54,5	9,8	2,0	18	87,5	9,2	28,0	6,0	103
По области	0,54	7,5	56,7	9,7	1,9	19,0	87,2	9,2	27,9	6,0	105
Люцерна с кострецом											
Степная	0,48	7,3	46,3	5,8	1,6	16	86,5	8,1	29,4	5,8	96
Северная лесостепь	0,48	7,4	45,8	5,0	1,7	15	84,8	8,7	29,4	5,8	95
По области	0,48	7,3	46,1	5,8	1,6	16	86,6	8,4	29,4	5,8	96
Клевер с тимфеевкой											
Северная	0,48	7,3	46,1	5,8	1,6	16	86,6	8,4	29,4	5,8	96
Луговое разнотравье											
По области	0,44	7,0	40,1	6,6	1,6	13	87,3	8,1	28,5	6,4	91
Злаковое естественное											
По области	0,46	7,1	44,0	4,8	1,7	13	86,8	7,7	29,9	6,5	96
Козлятник восточный											
Северная лесостепь	0,47	7,9	98,1	10	1,8	17	88,3	14,8	27,0	7,5	209
Северная	0,49	7,9	97,0	9,5	1,7	17	87,0	13,8	27,5	7,4	198
По области	0,48	7,9	97,6	9,8	1,8	17	87,7	14,3	27,2	7,5	203

* Красницкий В.М., Смирнова М.В., Ильичев В.Н. /Качество и питательная ценность кормов Омской области: Справочник/ Изд-во ЛИТЕРА – Омск, 2015. – 68 с.

Приложение М

М.1 – Экономическая эффективность применения минеральных удобрений за 2013-2016 гг.

Варианты	Ур-ть, т/га	Затраты на 1 га, тыс. руб.	Стоимость продукции, тыс. руб.	Условный чистый доход, тыс.руб./га	Себесто- имость, тыс. руб.	Рентабе- льность, %
1	2	3	4	5	6	7
2013 год						
Контроль (без уд.)	2,4	3,830	6,480	2,650	1,596	69,2
N ₄₅	3,4	4,410	9,176	4,766	1,298	108,0
N ₄₅ P ₁₈₀	3,9	8,540	10,532	1,992	2,189	23,3
N ₄₅ P ₃₆₀	3,8	12,660	10,254	-2,402	3,332	-19,0
N ₄₅ P ₅₄₀	3,8	16,790	10,264	-6,526	4,417	-38,9
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	4,3	11,290	11,607	0,317	2,626	2,8
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	5,9	15,420	15,933	0,513	2,613	3,3
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	9,0	14,050	24,301	10,251	1,561	73,0
2014 год						
Контроль (без уд.)	22,30	16,225	24,530	8,305	0,728	51,2
N ₄₅	24,20	15,601	26,620	11,019	0,645	70,6
N ₄₅ P ₁₈₀	25,20	15,601	27,720	12,119	0,619	77,7
N ₄₅ P ₃₆₀	24,40	15,601	26,840	11,239	0,639	72,0
N ₄₅ P ₅₄₀	25,10	15,601	27,610	12,009	0,622	77,0
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	27,10	15,601	29,810	14,209	0,576	91,1
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	27,10	15,601	29,810	14,209	0,576	91,1
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	27,80	15,601	30,580	14,979	0,561	96,0
2015 год						
Контроль (без уд.)	30,60	16,225	19,890	3,665	0,530	22,6
N ₄₅	33,00	15,601	21,450	5,849	0,473	37,5
N ₄₅ P ₁₈₀	44,90	15,601	29,185	13,584	0,347	87,1
N ₄₅ P ₃₆₀	45,00	15,601	29,250	13,649	0,052	87,5
N ₄₅ P ₅₄₀	34,30	15,601	22,295	6,694	0,058	42,9
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	31,20	15,601	20,280	4,679	0,500	29,9
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	39,00	15,601	25,350	9,749	0,400	62,5
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	42,00	15,601	27,300	11,699	0,371	74,9

Продолжение таблицы М.1						
1	2	3	4	5	6	7
2016 год						
Контроль (без уд.)	41,44	16,162	20,720	4,558	0,390	28,2
N ₄₅	49,26	15,540	24,630	9,090	0,315	58,5
N ₄₅ P ₁₈₀	57,26	15,540	28,630	13,090	0,271	84,2
N ₄₅ P ₃₆₀	61,06	15,540	30,530	14,990	0,255	96,5
N ₄₅ P ₅₄₀	51,52	15,540	25,760	10,220	0,302	65,8
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	57,93	15,540	28,965	13,425	0,268	86,4
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	59,44	15,540	29,720	14,180	0,261	91,2
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	63,26	15,540	31,630	16,090	0,246	103,5
В сумме за 2013-2016 гг.						
Контроль (без уд.)	96,7	52,442	71,620	19,178	0,542	36,6
N ₄₅	109,9	51,152	81,880	30,728	0,465	60,1
N ₄₅ P ₁₈₀	131,3	55,282	96,065	40,783	0,421	73,8
N ₄₅ P ₃₆₀	134,3	59,402	96,880	37,478	0,442	63,1
N ₄₅ P ₅₄₀	114,7	63,532	85,925	22,393	0,554	35,2
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	120,5	58,032	90,665	32,633	0,482	56,2
N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	131,4	62,162	100,810	38,648	0,473	62,2
N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀	142,1	60,792	113,810	53,018	0,428	87,2

Таблица Н.1 - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

2013 год, (вариант 1 – контрольный)Площадь 100 га, Сорт Гале 2013 г. , урожайность 24,0 ц/га валовой сбор 2400 ц норма высева семян 0,20 кг/га

Вид работ	Срок проведения работ		Объем работ		Состав агрегата			Кол-во раб-ков для вып. норм		Разряд работ	
	декада	раб. дн.	ед. изм.	в физ. выпр.	марка трактора, комбайна, автом.	с.-х. машины		тракт-маш.	рабочий	тракт-маш.	рабочий
1	2	3	4	5	6	марка	кол-во				
Лущение стерни	1 декада августа	3	га	100,0	ДТ-75	ЛДГ-10	1	1		4	
Вспашка	3 декада апреля	17	га	100,0	К-701	ПЛН-8-35	2	1		6	
Боронование	1 декада мая	3	га	100,0	К-701	БЗСС-1,0	36	1		4	
Культивация почвы	2 декада мая	2	га	100,0	К-701	КПС-4,0	4	1		2	
Погрузка семян, удобрений	2 декада мая	1	т	2,0	ЗПС-60					1	
Транспортировка семян, удобрений	2 декада мая	1	т	2,0	ГАЗ-53					1	
Посев с внесением удобрений	2 декада мая	1	га	100,0	К-701	СЗ-3,6	4	1	1	5	1
Прикатывание	2 декада мая	3	га	100,0	МТЗ-80	ЗККШ-6А	1	1		3	
Уборка зеленой массы	3 декада сентября	10	га	100,0	МТЗ-80	КСФ-2,1	1	1	1	6	1
ВСЕГО	х	42,0	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,4	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,02	х	х	х	х	х	х	х	х	х

Вид работ	Норма выработ-ки	Кол-во норма-смен	Затраты труда на весь объем работ, чел. час		Тарифная ставка за нор-ма /смен, руб.		Тарифный фонд заработной платы на весь объем работ (всего), руб.		Услуги авто-транспорта, т/км	Электро-энергия, кВт-час.	Топливо (ГСМ) всего, ц
			тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш..	рабочих			
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Лущение стерни	39,1	2,6	20,5		621,2		1615,12				2
Вспашка	12,1	8,3	66,1		860,6		7142,98				24
Боронование	71,0	1,4	11,3		621,2		869,68				3
Культивация почвы	77,7	1,3	10,3		621,2		807,56				3
Погрузка семян	60,0	0,4	3,0		477,0		190,8				1
Трансп-ка семян, удобр.									216		
Посев с внесением	47,1	2,1	17,0	34,0	726,8	343,2	1526,28	462,0		9	4
Прикатывание	48,9	2,0	16,4		536,8		1073,6				2
Уборка зеленой массы	13,3	7,5	60,2	60,2	726,8	343,2	5451,0	1650			9
ВСЕГО	х	23,0	184,1	94,2	х	х	18677,32	1614,9	216	9	46
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,2	1,8	0,9	х	х	186,77	16,15	2,16	0,09	0,46
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,0	0,1	0,0	х	х	7,8	0,7	0,10	0,004	0,02

Затраты на производственную продукцию:

п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена руб./т.	Сумма в руб.	п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена руб./т.	Сумма в руб.
1	Семена козлятника восточного	т	2,0	25000	50000	4	Трансп-ка семян	т/км	216,0	10,0	2160
2	Химизация (удобрения)	т	0	0	0	5	Электроэнергия	кВт/час	9,0	4,0	36
3	ГСМ	т	4,6	29000	133400	6	Итого:				185596

Таблица Н.2 - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА
2013 год, (вариант 2 – N₄₅)

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

Площадь 100 га., урожайность 34,0 ц/га, валовой сбор 3400 ц норма высева семян 0,20 кг/га

Вид работ	Срок проведения работ		Объем работ		Состав агрегата			Кол-во раб-ков для вып. норм		Разряд работ	
	декада	раб. дн.	ед. изм.	в физ. выпр.	марка трактора, комбайна, автом.	с.-х. машины		тракт-маш.	рабочий	тракт-маш.	рабочий
1	2	3	4	5	6	марка	кол-во				
Лущение стерни	1 декада августа	3	га	100,0	ДТ-75	ЛДГ-10	1	1		4	
Вспашка	3 декада апреля	17	га	100,0	К-701	ПЛН-8-35	2	1		6	
Боронование	1 декада мая	3	га	100,0	К-701	БЗСС-1,0	36	1		4	
Культивация почвы	2 декада мая	2	га	100,0	К-701	КПС-4,0	4	1		2	
Погрузка семян, удобрений	2 декада мая	1	т	2,0	ЗПС-60					1	
Транспортировка семян, удобрений	2 декада мая	1	т	2,0	ГАЗ-53					1	
Посев с внесением удобрений	2 декада мая	1	га	100,0	К-701	СЗ-3,6	4	1	1	5	1
Прикатывание	2 декада мая	3	га	100,0	МТЗ-80	ЗККШ-6А	1	1		3	
Уборка зеленой массы	3 декада сентября	10	га	100,0	МТЗ-80	КСФ-2,1	1	1	1	6	1
ВСЕГО	х	42,0	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,4	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,02	х	х	х	х	х	х	х	х	х

Вид работ	Норма выработ-ки	Кол-во норма-смен	Затраты труда на весь объем работ, чел. час		Тарифная ставка за нор-ма /смен, руб.		Тарифный фонд заработной платы на весь объем работ (всего), руб.		Услуги авто-транспорта, т/км	Электро-энергия, кВт-час.	Топливо (ГСМ) всего, ц
			тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш..	рабочих			
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Лущение стерни	39,1	2,6	20,5		621,2		1615,12				2
Вспашка	12,1	8,3	66,1		860,6		7142,98				24
Боронование	71,0	1,4	11,3		621,2		869,68				3
Культивация почвы	77,7	1,3	10,3		621,2		807,56				3
Погрузка семян	60,0	0,4	3,0		477,0		190,8				1
Трансп-ка семян, удобр.									216		
Посев с внесением	47,1	2,1	17,0	34,0	726,8	343,2	1526,28	462,0		9	4
Прикатывание	48,9	2,0	16,4		536,8		1073,6				2
Уборка зеленой массы	13,3	7,5	60,2	60,2	726,8	343,2	5451,0	1650			9
ВСЕГО	х	23,0	184,1	94,2	х	х	18677,32	1614,9	216	9	46
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,2	1,8	0,9	х	х	186,77	16,15	2,16	0,09	0,46
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,0	0,1	0,0	х	х	7,8	0,7	0,10	0,004	0,02

Затраты на производственную продукцию:

п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена руб./т.	Сумма в руб.	п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена руб./т.	Сумма в руб.
1	Семена козлятника восточного	т	2,0	25000	50000	4	Трансп-ка семян	т/км	216,0	10,0	2160
2	Химизация (удобрения)	т	4,5	9990	44955	5	Электроэнергия	кВт/час	9,0	4,0	36
3	ГСМ	т	4,6	29000	133400	6	Итого:				230551

2013 год, (вариант 3 – N₄₅P₁₈₀)Площадь 100 га, урожайность 39,0 ц/га, валовой сбор 3900 ц, норма высева семян 0,20 кг/га

Вид работ	Срок проведения работ		Объем работ		Состав агрегата			Кол-во раб-ков для вып. норм		Разряд работ	
	декада	раб. дн.	ед. изм.	в физ. выр.	марка трактора, комбайна, автом.	с.-х. машины		тракт-маш.	рабочий	тракт-маш.	рабочий
1	2	3	4	5	6	7	8				
Лущение стерни	1 декада августа	3	га	100,0	ДТ-75	ЛДГ-10	1	1		4	
Вспашка	3 декада апреля	17	га	100,0	К-701	ПЛН-8-35	2	1		6	
Боронование	1 декада мая	3	га	100,0	К-701	БЗСС-1,0	36	1		4	
Культивация почвы	2 декада мая	2	га	100,0	К-701	КПС-4,0	4	1		2	
Погрузка семян, удобрений	2 декада мая	1	т	2,0	ЗПС-60					1	
Транспортировка семян, удобрений	2 декада мая	1	т	2,0	ГАЗ-53					1	
Посев с внесением удобрений	2 декада мая	1	га	100,0	К-701	СЗ-3,6	4	1	1	5	1
Прикатывание	2 декада мая	3	га	100,0	МТЗ-80	ЗККШ-6А	1	1		3	
Уборка зеленой массы	3 декада сентября	10	га	100,0	МТЗ-80	КСФ-2,1	1	1	1	6	1
ВСЕГО	х	42,0	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,4	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,02	х	х	х	х	х	х	х	х	х

Вид работ	Норма выработки	Кол-во норм-мен	Затраты труда на весь объем работ, чел. час		Тарифная ставка за норма /смен, руб.		Тарифный фонд заработной платы на весь объем работ (всего), руб.		Услуги авто-транспорта, т/км	Электро-энергия, кВт-час.	Топливо (ГСМ) всего, ц
			тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш.	рабочих			
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Лущение стерни	39,1	2,6	20,5		621,2		1615,12				2
Вспашка	12,1	8,3	66,1		860,6		7142,98				24
Боронование	71,0	1,4	11,3		621,2		869,68				3
Культивация почвы	77,7	1,3	10,3		621,2		807,56				3
Погрузка семян, удобр.	60,0	0,4	3,0		477,0		190,8				1
Трансп-ка семян, удобр.											
Посев с внесением удобр.	47,1	2,1	17,0	34,0	726,8	343,2	1526,28	462,0	216	9	4
Прикатывание	48,9	2,0	16,4		536,8		1073,6				2
Уборка зеленой массы	13,3	7,5	60,2	60,2	726,8	343,2	5451,0	1650			9
ВСЕГО	х	23,0	184,1	94,2	х	х	18677,32	1614,9	216	9	46
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,2	1,8	0,9	х	х	186,77	16,15	2,16	0,09	0,46
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,0	0,1	0,0	х	х	7,8	0,7	0,10	0,004	0,02

Затраты на производственную продукцию:

п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена руб./т.	Сумма в руб.	п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена руб./т.	Сумма в руб.
1	Семена козлятника восточного	т	2,0	25000	50000	4	Транспортировка семян	т/км	216,0	10,0	2160
2	Химизация (удобрения)	т	22,5	13278	298755	5	Электроэнергия	кВт/час	9,0	4,0	36
3	ГСМ	т	4,6	29000	133400	6	Итого:				484351

2013 год, (вариант 4 – N₄₅P₃₆₀)

Площадь 100 га, урожайность 38,0 ц/га, валовой сбор 3800 ц., норма высева семян 0,20 кг/га

Вид работ	Срок проведения работ		Объем работ		Состав агрегата			Кол-во раб-ков для вып. норм		Разряд работ	
	декада	раб. дн.	ед. изм.	в физ. выпр.	марка трактора, комбайна, автом.	с.-х. машины		тракт-маш.	рабочий	тракт-маш.	рабочий
1	2	3	4	5	6	марка	кол-во				
Лущение стерни	1 декада августа	3	га	100,0	ДТ-75	ЛДГ-10	1	1		4	
Вспашка	3 декада апреля	17	га	100,0	К-701	ПЛН-8-35	2	1		6	
Боронование	1 декада мая	3	га	100,0	К-701	БЗСС-1,0	36	1		4	
Культивация почвы	2 декада мая	2	га	100,0	К-701	КПС-4,0	4	1		2	
Погрузка семян, удобрений	2 декада мая	1	т	2,0	ЗПС-60					1	
Транспортировка семян, уд-ий	2 декада мая	1	т	2,0	ГАЗ-53					1	
Посев с внесением удобрений	2 декада мая	1	га	100,0	К-701	СЗ-3,6	4	1	1	5	1
Прикатывание	2 декада мая	3	га	100,0	МТЗ-80	ЗККШ-6А	1	1		3	
Уборка зеленой массы	3 декада сентября	10	га	100,0	МТЗ-80	КСФ-2,1	1	1	1	6	1
ВСЕГО	х	42,0	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,4	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,02	х	х	х	х	х	х	х	х	х

Вид работ	Норма выра-ботки	Кол-во норма-смен	Затраты труда на весь объем работ, чел. час		Тарифная ставка за норма /смен, руб.		Тарифный фонд заработной платы на весь объем работ (всего), руб.		Услуги авто-транспорта, т/км	Электро-энергия, кВт-час.	Топливо (ГСМ) всего, ц
			тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш.	рабочих			
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Лущение стерни	39,1	2,6	20,5		621,2		1615,12				2
Вспашка	12,1	8,3	66,1		860,6		7142,98				24
Боронование	71,0	1,4	11,3		621,2		869,68				3
Культивация почвы	77,7	1,3	10,3		621,2		807,56				3
Погрузка семян, удобр.	60,0	0,4	3,0		477,0		190,8				1
Трансп-ка семян, удобр.											
Посев с внесением удобр.	47,1	2,1	17,0	34,0	726,8	343,2	1526,28	462,0	216	9	4
Прикатывание	48,9	2,0	16,4		536,8		1073,6				2
Уборка зеленой массы	13,3	7,5	60,2	60,2	726,8	343,2	5451,0	1650			9
ВСЕГО	х	23,0	184,1	94,2	х	х	18677,32	1614,9	216	9	46
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,2	1,8	0,9	х	х	186,77	16,15	2,16	0,09	0,46
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,0	0,1	0,0	х	х	7,8	0,7	0,10	0,004	0,02

Затраты на производственную продукцию:

п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена руб./т.	Сумма в руб.	п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена руб./т.	Сумма в руб.
1	Семена козлятника восточного	т	2,0	25000	50000	4	Трансп-вка семян	т/км	216,0	10,0	2160
2	Химизация (удобрения)	т	40,5	13643,3	552553,7	5	Электроэнергия	кВт/час	9,0	4,0	36
3	ГСМ	т	4,6	29000	133400	6	Итого:				738149,7

Таблица Н.5 - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

2013 год, (вариант 5 – N₄₅P₅₄₀)Площадь 100 га, урожайность 38,0 ц/га, валовой сбор 3800 ц, норма высева семян 0,20 кг/га

Вид работ	Срок проведения работ		Объем работ		Состав агрегата			Кол-во раб-ков для вып. норм		Разряд работ	
	декада	раб. дн.	ед. изм.	в физ. выпр.	марка трактора, комбайна, автом.	с.-х. машины		тракт-маш.	рабочий	тракт-маш.	рабочий
1	2	3	4	5	6	марка	кол-во				
Лущение стерни	1 декада августа	3	га	100,0	ДТ-75	ЛДГ-10	1	1	10	11	12
Вспашка	3 декада апреля	17	га	100,0	К-701	ПЛН-8-35	2	1		4	
Боронование	1 декада мая	3	га	100,0	К-701	БЗСС-1,0	36	1		6	
Культивация почвы	2 декада мая	2	га	100,0	К-701	КПС-4,0	4	1		4	
Погрузка семян, удобрений	2 декада мая	1	т	2,0	ЗПС-60					2	
Транспортировка семян, удоб-ий	2 декада мая	1	т	2,0	ГАЗ-53					1	
Посев с внесением удобрений	2 декада мая	1	га	100,0	К-701	СЗ-3,6	4	1	1	5	1
Прикатывание	2 декада мая	3	га	100,0	МТЗ-80	ЗККШ-6А	1	1		3	
Уборка зеленой массы	3 декада сентября	10	га	100,0	МТЗ-80	КСФ-2,1	1	1	1	6	1
ВСЕГО	х	42,0	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,4	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,02	х	х	х	х	х	х	х	х	х

Вид работ	Норма выра-ботки	Кол-во норма-смен	Затраты труда на весь объем работ, чел. час		Тарифная ставка за норма /смен, руб.		Тарифный фонд заработной платы на весь объем работ (всего), руб.		Услуги авто-транспорта, т/км	Электро-энергия, кВт-час.	Топливо (ГСМ) всего, ц
			тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш.	рабочих			
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Лущение стерни	39,1	2,6	20,5		621,2		1615,12				2
Вспашка	12,1	8,3	66,1		860,6		7142,98				24
Боронование	71,0	1,4	11,3		621,2		869,68				3
Культивация почвы	77,7	1,3	10,3		621,2		807,56				3
Погрузка семян, удобр.	60,0	0,4	3,0		477,0		190,8				1
Трансп-ка семян, удобр.											
Посев с внесением удобр.	47,1	2,1	17,0	34,0	726,8	343,2	1526,28	462,0	216	9	4
Прикатывание	48,9	2,0	16,4		536,8		1073,6				2
Уборка зеленой массы	13,3	7,5	60,2	60,2	726,8	343,2	5451,0	1650			9
ВСЕГО	х	23,0	184,1	94,2	х	х	18677,32	1614,9	216	9	46
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,2	1,8	0,9	х	х	186,77	16,15	2,16	0,09	0,46
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,0	0,1	0,0	х	х	7,8	0,7	0,10	0,004	0,02

Затраты на производственную продукцию:

п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена руб./т.	Сумма в руб.	п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена руб./т.	Сумма в руб.
1	Семена козлятника восточного	т	2,0	25000	50000	4	Транспортировка семян	т/км	216,0	10,0	2160
2	Химизация (удобрения)	т	58,5	13783,85	806355,2	5	Электроэнергия	кВт/час	9,0	4,0	36
3	ГСМ	т	4,6	29000	133400	6	Итого:				991951,22

2013 год, (вариант 6 – N₄₅P₁₈₀K₁₈₀)Площадь 100 га, урожайность 43,0 ц/га, валовой сбор 4300 ц, норма высева семян 0,20 кг/га

Вид работ	Срок проведения работ		Объем работ		Состав агрегата			Кол-во раб-ков для вып. норм		Разряд работ	
	декада	раб. дн.	ед. изм.	в физ. выпр.	марка трактора, комбайна, автом.	с.-х. машины		тракт-маш.	рабочий	тракт-маш.	рабочий
1	2	3	4	5	6	марка	кол-во				
Лущение стерни	1 декада августа	3	га	100,0	ДТ-75	ЛДГ-10	1	1		4	
Вспашка	3 декада апреля	17	га	100,0	К-701	ПЛН-8-35	2	1		6	
Боронование	1 декада мая	3	га	100,0	К-701	БЗСС-1,0	36	1		4	
Культивация почвы	2 декада мая	2	га	100,0	К-701	КПС-4,0	4	1		2	
Погрузка семян, удобрений	2 декада мая	1	т	2,0	ЗПС-60					1	
Транспортировка семян, удобр.	2 декада мая	1	т	2,0	ГАЗ-53					1	
Посев с внесением удобрений	2 декада мая	1	га	100,0	К-701	СЗ-3,6	4	1	1	5	1
Прикатывание	2 декада мая	3	га	100,0	МТЗ-80	ЗККШ-6А	1	1		3	
Уборка зеленой массы	3 декада сентября	10	га	100,0	МТЗ-80	КСФ-2,1	1	1	1	6	1
ВСЕГО	х	42,0	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,4	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,02	х	х	х	х	х	х	х	х	х

Вид работ	Норма выра-ботки	Кол-во норма-смен	Затраты труда на весь объем работ, чел. час		Тарифная ставка за норма /смен, руб.		Тарифный фонд заработной платы на весь объем работ (всего), руб.		Услуги авто-транспорта, т/км	Электро-энергия, кВт-час.	Топливо (ГСМ) всего, ц
			тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш.	рабочих			
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Лущение стерни	39,1	2,6	20,5		621,2		1615,12				2
Вспашка	12,1	8,3	66,1		860,6		7142,98				24
Боронование	71,0	1,4	11,3		621,2		869,68				3
Культивация почвы	77,7	1,3	10,3		621,2		807,56				3
Погрузка семян, удобр.	60,0	0,4	3,0		477,0		190,8				1
Трансп-ка семян, удобр.											
Посев с внесением удобр.	47,1	2,1	17,0	34,0	726,8	343,2	1526,28	462,0	216	9	4
Прикатывание	48,9	2,0	16,4		536,8		1073,6				2
Уборка зеленой массы	13,3	7,5	60,2	60,2	726,8	343,2	5451,0	1650			9
ВСЕГО	х	23,0	184,1	94,2	х	х	18677,32	1614,9	216	9	46
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,2	1,8	0,9	х	х	186,77	16,15	2,16	0,09	0,46
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,0	0,1	0,0	х	х	7,8	0,7	0,10	0,004	0,02

Затраты на производственную продукцию:

п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена руб./т.	Сумма в руб.	п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена руб./т.	Сумма в руб.
1	Семена козлятника восточного	т	2,0	25000	50000	4	Транспортировка семян	т/км	216,0	10,0	2160
2	Химизация (удобрения)	т	40,5	11563,0	468301,5	5	Электроэнергия	кВт/час	9,0	4,0	36
3	ГСМ	т	4,6	29000	133400	6	Итого:				653897,5

Таблица Н.7 - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА
2013 год, (вариант 7 – N₄₅P₁₈₀K₁₈₀)

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

Площадь 100 га, урожайность 59,0 ц/га, валовой сбор 5900 ц, норма высева семян 0,20 кг/га

Вид работ	Срок проведения работ		Объем работ		Состав агрегата			Кол-во раб-ков для вып. норм		Разряд работ	
	декада	раб. дн.	ед. изм.	в физ. вып.	марка трактора, комбайна, автом.	с.-х. машины		тракт-маш.	рабочий	тракт-маш.	рабочий
1	2	3	4	5	6	марка	кол-во				
Лущение стерни	1 декада августа	3	га	100,0	ДТ-75	ЛДГ-10	1	1		4	
Вспашка	3 декада апреля	17	га	100,0	К-701	ПЛН-8-35	2	1		6	
Боронование	1 декада мая	3	га	100,0	К-701	БЗСС-1,0	36	1		4	
Культивация почвы	2 декада мая	2	га	100,0	К-701	КПС-4,0	4	1		2	
Погрузка семян, удобрений	2 декада мая	1	т	2,0	ЗПС-60					1	
Трансп-ка семян, удобрений	2 декада мая	1	т	2,0	ГАЗ-53					1	
Посев с внесением удобрений	2 декада мая	1	га	100,0	К-701	СЗ-3,6	4	1	1	5	1
Прикатывание	2 декада мая	3	га	100,0	МТЗ-80	ЗККШ-6А	1	1		3	
Уборка зеленой массы	3 декада сентября	10	га	100,0	МТЗ-80	КСФ-2,1	1	1	1	6	1
ВСЕГО	х	42,0	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,4	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,02	х	х	х	х	х	х	х	х	х

Вид работ	Норма выра-ботки	Кол-во норма-смен	Затраты труда на весь объем работ, чел. час		Тарифная ставка за норма /смен, руб.		Тарифный фонд заработной платы на весь объем работ (всего), руб.		Услуги авто-транспорта, т/км	Электро-энергия, кВт-час.	Топливо (ГСМ) всего, ц
			тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш.	рабочих			
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Лущение стерни	39,1	2,6	20,5		621,2		1615,12				2
Вспашка	12,1	8,3	66,1		860,6		7142,98				24
Боронование	71,0	1,4	11,3		621,2		869,68				3
Культивация почвы	77,7	1,3	10,3		621,2		807,56				3
Погрузка семян, удобр.	60,0	0,4	3,0		477,0		190,8				1
Трансп-ка семян, удобр.											
Посев с внесением удобр.	47,1	2,1	17,0	34,0	726,8	343,2	1526,28	462,0	216	9	4
Прикатывание	48,9	2,0	16,4		536,8		1073,6				2
Уборка зеленой массы	13,3	7,5	60,2	60,2	726,8	343,2	5451,0	1650			9
ВСЕГО	х	23,0	184,1	94,2	х	х	18677,32	1614,9	216	9	46
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,2	1,8	0,9	х	х	186,77	16,15	2,16	0,09	0,46
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,0	0,1	0,0	х	х	7,8	0,7	0,10	0,004	0,02

Затраты на производственную продукцию:

п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена руб./т.	Сумма в руб.	п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена руб./т.	Сумма в руб.
1	Семена козлятника восточного	т	2,0	25000	50000	4	Транспортировка семян	т/км	216,0	10,0	2160
2	Химизация (удобрения)	т	58,5	12343,8	722112,3	5	Электроэнергия	кВт/час	9,0	4,0	36
3	ГСМ	т	4,6	29000	133400	6	Итого:				907708,3

Таблица Н.8 - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА
(вариант 8 – N₄₅P₁₈₀K₃₆₀)

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

Площадь 100 га, урожайность 90,0 ц/га, валовой сбор 9000 ц, норма высева семян 0,20 кг/га

Вид работ	Срок проведения работ		Объем работ		Состав агрегата			Кол-во раб-ков для вып. норм		Разряд работ	
	декада	раб. дн.	ед. изм.	в физ. выпр.	марка трактора, комбайна, автом.	с.-х. машины		тракт-маш.	рабочий	тракт-маш.	рабочий
1	2	3	4	5	6	марка	кол-во				
Лущение стерни	1 декада августа	3	га	100,0	ДТ-75	ЛДГ-10	1	1	10	11	12
Вспашка	3 декада апреля	17	га	100,0	К-701	ПЛН-8-35	2	1		4	
Боронование	1 декада мая	3	га	100,0	К-701	БЗСС-1,0	36	1		4	
Культивация почвы	2 декада мая	2	га	100,0	К-701	КПС-4,0	4	1		2	
Погрузка семян, удобрений	2 декада мая	1	т	2,0	ЗПС-60					1	
Трансп-ка семян, удобрений	2 декада мая	1	т	2,0	ГАЗ-53					1	
Посев с внесением удобрений	2 декада мая	1	га	100,0	К-701	СЗ-3,6	4	1	1	5	1
Прикатывание	2 декада мая	3	га	100,0	МТЗ-80	ЗККШ-6А	1	1		3	
Уборка зеленой массы	3 декада сентября	10	га	100,0	МТЗ-80	КСФ-2,1	1	1	1	6	1
ВСЕГО	х	42,0	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,4	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,02	х	х	х	х	х	х	х	х	х

Вид работ	Норма выра-ботки	Кол-во норма-смен	Затраты труда на весь объем работ, чел. час		Тарифная ставка за норма /смен, руб.		Тарифный фонд заработной платы на весь объем работ (всего), руб.		Услуги авто-транспорта, т/км	Электро-энергия, кВт-час.	Топливо (ГСМ) всего, ц
			тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш..	рабочих			
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Лущение стерни	39,1	2,6	20,5		621,2		1615,12				2
Вспашка	12,1	8,3	66,1		860,6		7142,98				24
Боронование	71,0	1,4	11,3		621,2		869,68				3
Культивация почвы	77,7	1,3	10,3		621,2		807,56				3
Погрузка семян, удобр.	60,0	0,4	3,0		477,0		190,8				1
Трансп-ка семян, удобр.											
Посев с внесением удобр.	47,1	2,1	17,0	34,0	726,8	343,2	1526,28	462,0	216	9	4
Прикатывание	48,9	2,0	16,4		536,8		1073,6				2
Уборка зеленой массы	13,3	7,5	60,2	60,2	726,8	343,2	5451,0	1650			9
ВСЕГО	х	23,0	184,1	94,2	х	х	18677,32	1614,9	216	9	46
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,2	1,8	0,9	х	х	186,77	16,15	2,16	0,09	0,46
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,0	0,1	0,0	х	х	7,8	0,7	0,10	0,004	0,02

Затраты на производственную продукцию:

п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена руб./т.	Сумма в руб.	п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена руб./т.	Сумма в руб.
1	Семена козлятника восточного	т	2,0	25000	50000	4	Транспортировка семян	т/км	216,0	10,0	2160
2	Химизация (удобрения)	т	58,5	10903,8	637875	5	Электроэнергия	кВт/час	9,0	4,0	36
3	ГСМ	т	4,6	29000	133400	6	Итого:				823471

Таблица Н.9 - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА
2014 год, (вариант 1 – контроль)

Площадь 100 га, урожайность 223,0 ц/га, валовой сбор 22300 ц, норма высева семян 0,20 кг/га

Вид работ	Срок проведения работ		Объем работ		Состав агрегата			Кол-во раб-ков для вып. норм		Разряд работ	
	декада	раб. дн.	ед. изм.	в физ. выпр.	марка трактора, комбайна, автом.	с.-х. машины		тракт-маш.	рабочий	тракт-маш.	рабочий
1	2	3	4	5	6	7	8				
Боронование	1 декада мая	3	га	100,0	К-701	БЗСС-1,0	36	1		4	
Уборка зеленой массы – первый укос	3 декада сентября	10	га	100,0	МТЗ-80	КСФ-2,1	1	1	1	6	1
Погрузка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	МТЗ-80	ПСК-5				1	
Транспортировка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	КАМАЗ					1	
Уборка зеленой массы – второй укос	3 декада сентября	10	га	100,0	МТЗ-80	КСФ-2,1	1	1	1	6	1
Погрузка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	МТЗ-80	ПСК-5				1	
Транспортировка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	КАМАЗ-45143					1	
ВСЕГО	х	15,0	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,15	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,0003	х	х	х	х	х	х	х	х	х

Вид работ	Норма выра-ботки	Кол-во норма-смен	Затраты труда на весь объем работ, чел. час		Тарифная ставка за норма /смен, руб.		Тарифный фонд заработной платы на весь объем работ (всего), руб.		Услуги авто-транспорта, т/км	Электро-энергия, кВт-час.	Топливо (ГСМ) всего, ц
			тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш..	рабочих			
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Боронование	71,0	1,4	11,3		621,2		869,68				3
Уборка зеленой массы – пер-вый укос	13,3	7,5	60,2	60,2	726,8	343,0	5451	2572,5			9
Погрузка кормов	60,0	0,4	3,0		477,0		190,8				1
Транспортировка кормов		1,5	3,0		477,0		715,5		432		3
Уборка зеленой массы – второй укос	13,3	7,5	60,2	60,2	726,8	343,0	5451	2572,5			9
Погрузка кормов	60,0	0,4	3,0		477,0		190,8				1
Транспортировка кормов		1,5	3,0		477,0		715,5		432		3
ВСЕГО	х	17,2	137,7	120,4	х	х	13584,3	5145	864	0	29
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,2	1,4	1,204	х	х	135,8	51,5	8,64	0	0,29
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,0004	0,003	0,003	х	х	0,33	0,23	0,02	0	0,001

Затраты на производственную продукцию:

п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена руб./т.	Сумма в руб.
1	ГСМ	т	2,9	32000	92800
2	Транспортировка кормов	т/км	864	10,0	8640
3	Итого:				101440

Таблица Н.10 - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

2014, (вариант 8 – N₄₅P₁₈₀K₃₆₀)Площадь 100 га, урожайность 278 ц/га, валовой сбор 27800 ц, норма высева семян 0,20 кг/га

Вид работ	Срок проведения работ		Объем работ		Состав агрегата			Кол-во раб-ков для вып. норм		Разряд работ	
	декада	раб. дн.	ед. изм.	в физ. вып.	марка трактора, комбайна, автом.	с.-х. машины		тракт-маш.	рабочий	тракт-маш.	рабочий
						марка	кол-во				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Боронование	1 декада мая	3	га	100,0	К-701	БЗСС-1,0	36	1		4	
Уборка зеленой массы – первый укос	3 декада сентября	10	га	100,0	МТЗ-80	КСФ-2,1	1	1	1	6	1
Погрузка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	МТЗ-80	ПСК-5				1	
Транспортировка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	КАМАЗ					1	
Уборка зеленой массы – второй укос	3 декада сентября	10	га	100,0	МТЗ-80	КСФ-2,1	1	1	1	6	1
Погрузка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	МТЗ-80	ПСК-5				1	
Транспортировка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	КАМАЗ-45143					1	
ВСЕГО	х	15,0	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,15	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,0002	х	х	х	х	х	х	х	х	х

Вид работ	Норма выработки	Кол-во норм-мен	Затраты труда на весь объем работ, чел. час		Тарифная ставка за норма /смен, руб.		Тарифный фонд заработной платы на весь объем работ (всего), руб.		Услуги авто-транспорта, т/км	Электро-энергия, кВт-час.	Топливо (ГСМ) всего, ц
			тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш..	рабочих			
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Боронование	71,0	1,4	11,3		621,2		869,68				3
Уборка зеленой массы – первый укос	13,3	7,5	60,2	60,2	726,8	343,0	5451	2572,5			9
Погрузка кормов	60,0	0,4	3,0		477,0		190,8				1
Транспортировка кормов		1,5	3,0		477,0		715,5		432		3
Уборка зеленой массы – второй укос	13,3	7,5	60,2	60,2	726,8	343,0	5451	2572,5			9
Погрузка кормов	60,0	0,4	3,0		477,0		190,8				1
Транспортировка кормов		1,5	3,0		477,0		715,5		432		3
ВСЕГО	х	17,2	137,7	120,4	х	х	13584,3	5145	864	0	29
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,2	1,4	1,204	х	х	135,8	51,5	8,64	0	0,29
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,0003	0,002	0,002	х	х	0,21	0,23	0,01	0	0,0005

Затраты на производственную продукцию:

п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена руб./г.	Сумма в руб.
1	ГСМ	т	2,9	32000	92800
2	Транспортировка кормов	т/км	864	10,0	8640
3	Итого:				101440

Таблица Н.11 - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

2015 г., (вариант 1 – контроль)

Площадь 100 га, урожайность 306,0 ц/га, валовой сбор 30600 ц, норма высева семян 0,20 кг/га

Вид работ	Срок проведения работ		Объем работ		Состав агрегата			Кол-во раб-ков для вып. норм		Разряд работ	
	декада	раб. дн.	ед. изм.	в физ. вып.	марка трактора, комбайна, автом.	с.-х. машины		тракт-маш.	рабочий	тракт-маш.	рабочий
						марка	кол-во				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Боронование	1 декада мая	3	га	100,0	К-701	БЗСС-1,0	36	1		4	
Уборка зеленой массы – первый укос	3 декада сентября	10	га	100,0	МТЗ-80	КСФ-2,1	1	1	1	6	1
Погрузка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	МТЗ-80	ПСК-5				1	
Транспортировка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	КАМАЗ					1	
Уборка зеленой массы – второй укос	3 декада сентября	10	га	100,0	МТЗ-80	КСФ-2,1	1	1	1	6	1
Погрузка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	МТЗ-80	ПСК-5				1	
Транспортировка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	КАМАЗ-45143					1	
ВСЕГО	х	15,0	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,15	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,0003	х	х	х	х	х	х	х	х	х

Вид работ	Норма выработки	Кол-во норм-мен	Затраты труда на весь объем работ, чел. час		Тарифная ставка за норма /смен, руб.		Тарифный фонд заработной платы на весь объем работ (всего), руб.		Услуги авто-транспорта, т/км	Электро-энергия, кВт-час.	Топливо (ГСМ) всего, ц
			тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш.	рабочих			
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Боронование	71,0	1,4	11,3		621,2		869,68				3
Уборка зеленой массы – первый укос	13,3	7,5	60,2	60,2	726,8	343,0	5451	2572,5			9
Погрузка кормов	60,0	0,4	3,0		477,0		190,8				1
Транспортировка кормов		1,5	3,0		477,0		715,5		432		3
Уборка зеленой массы – второй укос	13,3	7,5	60,2	60,2	726,8	343,0	5451	2572,5			9
Погрузка кормов	60,0	0,4	3,0		477,0		190,8				1
Транспортировка кормов		1,5	3,0		477,0		715,5		432		3
ВСЕГО	х	17,2	137,7	120,4	х	х	13584,3	5145	864	0	29
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,2	1,4	1,204	х	х	135,8	51,5	8,64	0	0,29
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,0004	0,003	0,003	х	х	0,33	0,23	0,02	0	0,001

Затраты на производственную продукцию:

п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена руб./г.	Сумма в руб.
1	ГСМ	т	2,9	36000	104400
2	Транспортировка кормов	т/км	864	10,0	8640
3	Итого:				113040

Таблица Н.12 - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

2015 г., (вариант 8 – N₄₅P₁₈₀K₃₆₀)Площадь 100 га, урожайность 420,0 ц/га, валовой сбор 42000 ц, норма высева семян 0,20 кг/га

Вид работ	Срок проведения работ		Объем работ		Состав агрегата			Кол-во раб-ков для вып. норм		Разряд работ	
	декада	раб. дн.	ед. изм.	в физ. выпр.	марка трактора, комбайна, автом.	с.-х. машины		тракт-маш.	рабочий	тракт-маш.	рабочий
1	2	3	4	5	6	марка	кол-во				
Боронование	1 декада мая	3	га	100,0	К-701	БЗСС-1,0	36	1		4	
Уборка зеленой массы – первый укос	3 декада сентября	10	га	100,0	МТЗ-80	КСФ-2,1	1	1	1	6	1
Погрузка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	МТЗ-80	ПСК-5				1	
Транспортировка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	КАМАЗ					1	
Уборка зеленой массы – второй укос	3 декада сентября	10	га	100,0	МТЗ-80	КСФ-2,1	1	1	1	6	1
Погрузка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	МТЗ-80	ПСК-5				1	
Транспортировка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	КАМАЗ-45143					1	
ВСЕГО	х	15,0	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,15	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,0002	х	х	х	х	х	х	х	х	х

Вид работ	Норма выра-ботки	Кол-во норма-смен	Затраты труда на весь объем работ, чел. час		Тарифная ставка за норма /смен, руб.		Тарифный фонд заработной платы на весь объем работ (всего), руб.		Услуги авто-транспорта, т/км	Электро-энергия, кВт-час.	Топливо (ГСМ) всего, ц
			тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш..	рабочих			
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Боронование	71,0	1,4	11,3		621,2		869,68				3
Уборка зеленой массы – пер-вый укос	13,3	7,5	60,2	60,2	726,8	343,0	5451	2572,5			9
Погрузка кормов	60,0	0,4	3,0		477,0		190,8				1
Транспортировка кормов		1,5	3,0		477,0		715,5		432		3
Уборка зеленой массы – вто-рой укос	13,3	7,5	60,2	60,2	726,8	343,0	5451	2572,5			9
Погрузка кормов	60,0	0,4	3,0		477,0		190,8				1
Транспортировка кормов		1,5	3,0		477,0		715,5		432		3
ВСЕГО	х	17,2	137,7	120,4	х	х	13584,3	5145	864	0	29
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,2	1,4	1,204	х	х	135,8	51,5	8,64	0	0,29
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,0003	0,002	0,002	х	х	0,21	0,23	0,01	0	0,0005

Затраты на производственную продукцию:

п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена руб./т.	Сумма в руб.
1	ГСМ	т	2,9	36000	104400
2	Транспортировка кормов	т/км	864	10,0	8640
3	Итого:				113040

Таблица Н.13 - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

2016 г., (вариант 1 – контроль)Площадь 100 га , урожайность 410,0 ц/га, валовой сбор 41000 ц., норма высева семян 0,20 кг/га

Вид работ	Срок проведения работ		Объем работ		Состав агрегата			Кол-во раб-ков для вып. норм		Разряд работ	
	декада	раб. дн.	ед. изм.	в физ. выпр.	марка трактора, комбайна, автом.	с.-х. машины		тракт-маш.	рабочий	тракт-маш.	рабочий
1	2	3	4	5	6	марка	кол-во				
Боронование	1 декада мая	3	га	100,0	К-701	БЗСС-1,0	36	1		4	
Уборка зеленой массы – первый укос	3 декада сентября	10	га	100,0	МТЗ-80	КСФ-2,1	1	1	1	6	1
Погрузка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	МТЗ-80	ПСК-5				1	
Транспортировка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	КАМАЗ					1	
Уборка зеленой массы – второй укос	3 декада сентября	10	га	100,0	МТЗ-80	КСФ-2,1	1	1	1	6	1
Погрузка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	МТЗ-80	ПСК-5				1	
Транспортировка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	КАМАЗ-45143					1	
ВСЕГО	х	15,0	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,15	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,0003	х	х	х	х	х	х	х	х	х

Вид работ	Норма выра-ботки	Кол-во норма-смен	Затраты труда на весь объем работ, чел. час		Тарифная ставка за норма /смен, руб.		Тарифный фонд заработной платы на весь объем работ (всего), руб.		Услуги авто-транспорта, т/км	Электро-энергия, кВт-час.	Топливо (ГСМ) всего, ц
			тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш..	рабочих			
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Боронование	71,0	1,4	11,3		621,2		869,68				3
Уборка зеленой массы – пер-вый укос	13,3	7,5	60,2	60,2	726,8	343,0	5451	2572,5			9
Погрузка кормов	60,0	0,4	3,0		477,0		190,8				1
Транспортировка кормов		1,5	3,0		477,0		715,5		432		3
Уборка зеленой массы – вто-рой укос	13,3	7,5	60,2	60,2	726,8	343,0	5451	2572,5			9
Погрузка кормов	60,0	0,4	3,0		477,0		190,8				1
Транспортировка кормов		1,5	3,0		477,0		715,5		432		3
ВСЕГО	х	17,2	137,7	120,4	х	х	13584,3	5145	864	0	29
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,2	1,4	1,204	х	х	135,8	51,5	8,64	0	0,29
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,0004	0,003	0,003	х	х	0,33	0,23	0,02	0	0,001

Затраты на производственную продукцию:

п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена руб./т.	Сумма в руб.
1	ГСМ	т	2,9	38000	110200
2	Транспортировка кормов	т/км	864	10,0	8640
3	Итого:				118840

Таблица М.14 - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

2016г., (вариант 8 – N₄₅P₁₈₀K₃₆₀)

Площадь 100 га., урожайность 633,0 ц/га, валовой сбор 63300 ц, норма высева семян 0,20 кг/га

Вид работ	Срок проведения работ		Объем работ		Состав агрегата			Кол-во раб-ков для вып. норм		Разряд работ	
	декада	раб. дн.	ед. изм.	в физ. вып.	марка трактора, комбайна, автом.	с.-х. машины		тракт-маш.	рабочий	тракт-маш.	рабочий
1	2	3	4	5	6	марка	кол-во				
Боронование	1 декада мая	3	га	100,0	К-701	БЗСС-1,0	36	1		4	
Уборка зеленой массы – первый укос	3 декада сентября	10	га	100,0	МТЗ-80	КСФ-2,1	1	1	1	6	1
Погрузка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	МТЗ-80	ПСК-5				1	
Транспортировка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	КАМАЗ					1	
Уборка зеленой массы – второй укос	3 декада сентября	10	га	100,0	МТЗ-80	КСФ-2,1	1	1	1	6	1
Погрузка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	МТЗ-80	ПСК-5				1	
Транспортировка кормов	3 декада сентября	1	т	2,0	КАМАЗ-45143					1	
ВСЕГО	х	15,0	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,15	х	х	х	х	х	х	х	х	х
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,0002	х	х	х	х	х	х	х	х	х

Вид работ	Норма выра-ботки	Кол-во норма-мен	Затраты труда на весь объем работ, чел. час		Тарифная ставка за норма /смен, руб.		Тарифный фонд заработной платы на весь объем работ (всего), руб.		Услуги авто-транспорта, т/км	Электро-энергия, кВт-час.	Топливо (ГСМ) всего, ц
			тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш.	рабочих	тракт.-маш.	рабочих			
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Боронование	71,0	1,4	11,3		621,2		869,68				3
Уборка зеленой массы – первый укос	13,3	7,5	60,2	60,2	726,8	343,0	5451	2572,5			9
Погрузка кормов	60,0	0,4	3,0		477,0		190,8				1
Трансп-ка кормов		1,5	3,0		477,0		715,5		432		3
Уборка зеленой массы – второй укос	13,3	7,5	60,2	60,2	726,8	343,0	5451	2572,5			9
Погрузка кормов	60,0	0,4	3,0		477,0		190,8				1
Трансп-ка кормов		1,5	3,0		477,0		715,5		432		3
ВСЕГО	х	17,2	137,7	120,4	х	х	13584,3	5145	864	0	29
ЗАТРАТЫ НА 1 ГА	х	0,2	1,4	1,204	х	х	135,8	51,5	8,64	0	0,29
ЗАТРАТЫ НА 1 Ц	х	0,0003	0,002	0,002	х	х	0,21	0,23	0,01	0	0,0005

Затраты на производственную продукцию:

п/п	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена руб./г.	Сумма в руб.
1	ГСМ	т	2,9	38000	110200
2	Транспортировка кормов	т/км	864	10,0	8640
3	Итого:				118840

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

Таблица Н.15 – Расчет фонда заработной платы, тыс. руб.

Показатели	Контроль без уд.	N ₄₅	N ₄₅ P ₁₈₀	N ₄₅ P ₃₆₀	N ₄₅ P ₅₄₀	N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀
2013 год								
1. Тарифный фонд оплаты труда	20,292	20,292	20,292	20,292	20,292	20,292	20,292	20,292
2. Доплата за срок и качество	2,536	2,536	2,536	2,536	2,536	2,536	2,536	2,536
3. Итого с доплатами	22,829	22,829	22,829	22,829	22,829	22,829	22,829	22,829
4. Районный коэффициент	3,424	3,424	3,424	3,424	3,424	3,424	3,424	3,424
5. Отпуск	1,758	1,758	1,758	1,758	1,758	1,758	1,758	1,758
6. Доплата за стаж	3,424	3,424	3,424	3,424	3,424	3,424	3,424	3,424
7. Итого	31,435	31,435	31,435	31,435	31,435	31,435	31,435	31,435
8. Сумма обязательных начислений	9,619	9,619	9,619	9,619	9,619	9,619	9,619	9,619
9. Всего зарплаты с начислениями	41,054	41,054	41,054	41,054	41,054	41,054	41,054	41,054
2014 год								
10. Всего зарплаты с начислениями	34,159	34,159	34,159	34,159	34,159	34,159	34,159	34,159
2015 год								
11. Всего зарплаты с начислениями	37,892	37,892	37,892	37,892	37,892	37,892	37,892	37,892
2016 год								
12. Всего зарплаты с начислениями	38,498	38,498	38,498	38,498	38,498	38,498	38,498	38,498

Таблица Н.16 – Расчет себестоимости продукции, тыс. руб.

Показатели	Контроль без уд.	N ₄₅	N ₄₅ P ₁₈₀	N ₄₅ P ₃₆₀	N ₄₅ P ₅₄₀	N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	N ₄₅ P ₃₆₀ K ₁₈₀	N ₄₅ P ₁₈₀ K ₃₆₀
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2013 год								
1. Фонд заработной платы	41,054	41,054	41,054	41,054	41,054	41,054	41,054	41,054
2. Стоимость ГСМ	133,400	133,400	133,400	133,400	133,400	133,400	133,400	133,400
3. Затраты на электроэнергию	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036
4. Стоимость посевного материала	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000
6. Минеральные удобрения	0,000	44,955	298,755	552,554	806,355	468,302	722,112	637,875

Продолжение таблицы Н.16								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
7. Транспортировка семян	2,160	2,160	2,160	2,160	2,160	2,160	2,160	2,160
8. Амортизационная стоимость	67,995	81,482	157,622	233,761	309,902	208,486	284,629	259,358
9. Общепроизводственные и общехозяйственные расходы:	88,394	88,272	170,757	253,241	335,727	225,859	308,348	280,971
10. Всего затрат	383,039	441,359	853,784	1266,207	1678,634	1129,297	1541,739	1404,854
11. Итого затрат на 1 га	3,830	4,414	8,538	12,662	16,786	11,293	15,417	14,049
12. Урожайность, т/га	2,4	3,4	3,9	3,8	3,8	4,3	5,9	9,0
13. Себестоимость	1,596	1,298	2,189	3,332	4,417	2,626	2,613	1,561
2014 год								
14. Всего затрат	1622,515	1560,111	1560,111	1560,111	1560,111	1560,111	1560,111	1560,111
15. Итого затрат на 1 га	16,225	15,601	15,601	15,601	15,601	15,601	15,601	15,601
16. Урожайность, т/га	22,3	24,2	25,2	24,4	25,1	27,1	27,1	27,8
17. Себестоимость	0,728	0,645	0,619	0,639	0,622	0,576	0,576	0,561
2015 год								
18. Всего затрат	1622,516	1560,111	1560,111	1560,111	1560,111	1560,111	1560,111	1560,111
19. Итого затрат на 1 га	16,225	15,601	15,601	15,601	15,601	15,601	15,601	15,601
20. Урожайность, т/га	30,6	33,0	44,9	45,0	34,3	31,2	39,0	42,0
21. Себестоимость	0,530	0,473	0,347	0,052	0,058	0,500	0,400	0,371
2016 год								
22. Всего затрат	1616,177	1554,016	1554,016	1554,016	1554,016	1554,016	1554,016	1554,016
23. Итого затрат на 1 га	16,162	15,540	15,540	15,540	15,540	15,540	15,540	15,540
24. Урожайность, т/га	41,4	49,3	57,3	61,1	51,5	57,9	59,4	63,3
25. Себестоимость	0,390	0,315	0,271	0,255	0,302	0,268	0,261	0,246
В сумме за 2013-2016 гг.								
26. Всего затрат	5244,200	5115,200	5528,200	5940,200	6353,200	5803,200	6216,200	6079,200
27. Итого затрат на 1 га	52,442	51,152	55,282	59,402	63,532	58,032	62,162	60,792
28. Урожайность, т/га	96,7	109,9	131,3	134,3	114,7	120,5	131,4	142,1
29. Себестоимость	0,542	0,465	0,421	0,442	0,554	0,482	0,473	0,428

*Расчет себестоимости в 2014 – 2016 г. приводится в сокращенном виде, но аналогично расписанного 2013 г. рассчитывались показатели пунктов 1-9.

Расчет статей затрат технологической карты

1. Норма выработки находится в нормативных справочниках для сельскохозяйственных работ.

2. Количество норма смен определяется:

$$H_{см} = Q / H_{в см};$$

где Q – объем работ (физ.выр.) ;

H_{в см} – норма выработки за смену

3. Расчет затрат труда на весь объем работ, чел час

$$З_{т} = H_{см} \times 7 \text{ час} \times Ч_{р};$$

где Z_t – Затраты труда на весь объем работ, чел час.;

$N_{см}$ - количество норма смен

$Ч_r$ – число работников, чел.

Тарифная ставка за норму, руб. (МРОТ 4330 руб.мес.) в 2013-2016 г.

Разряд	Трактористы-машинисты 1,8	Вспомогательный персонал 1,3
1	433,0	207,6
2	477,0	220,0
3	536,8	250,0
4	621,2	292,2
5	726,8	343,2
6	860,6	413,6

5. Тарифный фонд заработной платы на весь объем работ (всего), руб.

$З_{тф} = N_{см} \times T_c \times Ч_r$;

где $N_{см}$ - количество норма смен

T_c – тарифная ставка

$Ч_r$ – число работников, чел.

6. Расчет стоимости горюче смазочного материала (ГСМ)

1. $ГСМ(ц) = ГСМ(кг.ед) \times Q / 100$;

2. Стоимость ГСМ = $ГСМ(ц) \times$ стоимость 1ц комплексного горючего

где Q – объем работ (физ,выр.) ;

7. Стоимость услуг автотранспорта, руб.

1. Авто усл. (т/км) = $m(t) \times p(км)$;

2. Ст .усл. (руб.) = авто усл. (т/км.) $\times C$ (1 т/км, руб.) 9,60;

где m – масса, т ; p – расстояние, км;

C – себестоимость 1 т/км, руб.

Ст .усл.- стоимость услуг автотранспорта, руб.

8. Электроэнергия, руб.

1. $M_{эл.дв. кВт /час} = M_{эл.дв. (кВт)} \times Z_t(час)$;

2 $Z_t. эл. (руб.) = кВт/час \times C_t$ (1 кВт-час);

где Z_t – количество отработанных часов

$M_{эл.дв}$ – мощность электродвигателя за 1 кВт-час

C_t – стоимость 1кВт-час

$Z_t. эл.$ – затраты электроэнергии руб.

Амортизационные отчисления (без общехозяйственных) до 30% от общих материальных затрат.

ПРИЛОЖЕНИЕ О

**ФЕДЕЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
СТАНЦИЯ АГРОХИМИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ «ТАРСКАЯ»**

Справка

**о внедрении и использовании результатов исследований диссертации
О.В. Илюшкиной по теме: «Диагностика минерального питания, эффективности
удобрений и продуктивности козлятника восточного (*Galega orientalis*) на серой
лесной почве в условиях западносибирского Нечерноземья».
в производственной деятельности ФГБУ САС «Тарская»**

Полученные данные диссертационной работы Илюшкиной Ольги Владимировны по оптимизации питания многолетней кормовой культуры козлятник восточный и эффективности минеральных удобрений используются в производственной деятельности ФГБУ САС «Тарская». Данные исследовательской работы включены в раздел ежегодного научно-производственного отчета станции, используются при написании статей и при участии в научных конференциях различного уровня. Разработанные оптимальные уровни содержания элементов питания в почве и растениях используются для расчета доз вносимых минеральных удобрений под козлятник восточный для хозяйств северной зоны Омской области. При возделывании козлятника восточного на серой лесной почве Западной Сибири с целью получения высокого и качественного урожая минеральные удобрения следует применять на основе разработанных нормативных показателей комплексного метода интерактивной системы почвенно-растительной оперативной диагностики (система «ИСПРОД»):

- оптимальный состав почвы (а), соотношение макроэлементов (б) и микроэлементов (в), обеспечивающее стабильный урожай биомассы:

а) $N-NO_3 - 15$; $N-NH_4 - 2,5$; $P_2O_5 - 150$; $K_2O - 112$; $Mn - 44$, $Cu - 9,5$; $Zn - 2,8$; $B - 1,7$; $Co - 1,2$; $Mo - 1,3$ мг/кг;

б) $P_2O_5 \approx 10(N-NO_3) \approx 2,6(N-NH_4) \approx 1,3(K_2O) \approx 4,4S$;

в) $Mn \approx 4,6$ $Cu \approx 15,7$ $Zn \approx 25,9$ $B \approx 36,7$ $Co \approx 33,8$ Mo

- коэффициенты использования элементов питания из почвы $N-NO_3$ (а), P_2O_5 (б), K_2O (в); азота (в процессе онтогенеза растений, %):

а) $N-NO_3 - 76$; б) $P_2O_5 - 25$; в) $K_2O - 62$;

- показатель эффективности удобрений (ПЭУ): $N-NO_3 - 97,1$; $P_2O_5 - 18,5$; $K_2O - 17,1$;

- оптимальные уровни содержания валовых элементов питания в надземной массе козлятника восточного в фазу цветения:

первый укос: $N - 1,60$ %; $P - 1,30$ %; $K - 2,72$ %;

второй укос: $N - 2,10$ %; $P - 1,57$ %; $K - 2,63$ %.

Врио директора ФГБУ САС «Тарская»

Начальник отдела мониторинга
плодородия почв земель сельскохозяйственного
назначения



Е.А. Фёдорова

Е.А. Фёдорова

Е.П. Авгуль

Е.П. Авгуль

Приложение П

**Индивидуальный предприниматель
Глава (крестьянского) фермерского
хозяйства Размыслов Николай
Алексеевич**

646507 Омская область, Тарский район,
д. Кириллино
Тел. 8-929-267-95-05

Справка

О производственной проверке и внедрении научных результатов работы Илюшкиной Ольги Владимировны.

Производственные испытания основных положений диссертационной работы по использованию оптимальных уровней соотношения элементов питания в почве и в процессе роста и развития козлятника восточного в период активного роста козлятника восточного проведены на площади 15 га. Предложенные расчетные дозы удобрений N₄₅P₁₈₀K₃₆₀ в период отрастания растения положительно сказывалось на формировании козлятника восточного.

Проведенные коррекции в питании козлятника восточного позволило получить дополнительно прибавку урожая зеленой массы 8 т/га. Окупаемость внесенных удобрений урожаем зеленой массы козлятника восточного в результате подкормки составила 35%.

Руководитель хозяйства



Размыслов Н.А.

Приложение Р

«Утверждаю»

Индивидуальный предприниматель
Глава крестьянского (фермерского)
хозяйства Размыслов Николай
Алексеевич

Дата подписи 15 сентября 2017 г.

Акт

О внедрении результатов научной деятельности

Внедрение результатов исследования Илюшкиной Ольги Владимировны по теме «Влияние минеральных удобрений на величину и качество урожая козлятника восточного в подтаежной зоне Омской области». При возделывании козлятника восточного в 2016-2017 г. в хозяйстве ИП Главы К(Ф)Х Размыслова Николая Алексеевича Тарского района Омской области на серой лесной тяжелосуглинистой почве.

Производственные испытания основных положений диссертационной работы по использованию оптимальных уровней соотношения элементов питания в почве и в процессе роста и развития козлятника восточного в период активного роста козлятника восточного проведены на площади 15 га. Предложенные расчетные дозы удобрений N₄₅P₁₈₀K₃₆₀ в период отрастания растения положительно сказывались на формирование козлятника восточного.

Проведенные коррекции в питании козлятника восточного позволили получить дополнительно прибавку урожая зеленой массы 8 т/га. Окупаемость внесенных удобрений урожаем зеленой массы козлятника восточного в результате подкормки составила 35%. Условный чистый доход составил 5203 рубля, при этом рентабельность применения минеральных удобрений составила 34,5%.

Руководитель хозяйства



Размыслов Н.А.