

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

А. В. Науменко, И.Г. Ковшик, В.Ф. Прокопчук

СВОЙСТВА ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР
В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЙ И ИЗВЕСТКОВАНИЯ

Монография

Благовещенск
Издательство ДальГАУ
2012

УДК 631.559:631.816
ББК 41.47+40.323

Науменко, А.В. Свойства почвы и урожайность культур в зависимости от системы удобрений и известкования: монография / А.В. Науменко, И.Г. Ковшик, В.Ф. Прокопчук. – Благовещенск: ДальГАУ, 2012. – 121 с.

В монографии приведены результаты исследований по изучению влияния длительного применения различных систем удобрения и извести на физико-химические, химические и биологические свойства луговой черноземовидной почвы, величину урожая полевых культур и его качество. Дана оценка энергетической эффективности удобрений, внесенных непосредственно под культуры, возделываемые в зерно-соевом севообороте в условиях Приамурья.

Книга рекомендована для специалистов сельского хозяйства, научных работников, студентов.

Р е ц е н з е н т ы:

Е. Т. Наумченко, канд. с.-х. наук, ГНУ Всероссийский НИИ сои;
Т.Е. Абросимова, канд. с.-х. наук, доцент, ФГБОУ ВПО ДальГАУ

Рекомендована к изданию научно-техническим советом
Дальневосточного государственного аграрного университет (Протокол №

© Науменко А.В.,
Ковшик И.Г.,
Прокопчук В.Ф., 2012

ISBN 978-5-9642-0185-4

© Издательство ДальГАУ, 2012

ВВЕДЕНИЕ

Экономика сельскохозяйственных предприятий различных форм собственности Дальнего Востока напрямую зависит от производства сои, средняя урожайность которой за 2004–2009 годы по Амурской области не превысила 1 т с гектара. Потенциал продуктивности сои наиболее полно реализуется в зерно-соевом севообороте, с 40%-м насыщением ею.

Исследованиями в длительном стационарном опыте выявлена слабая зависимость урожайности сои от применяемых удобрений. В отдельные годы внесение только одних азотных удобрений приводило к снижению урожайности. Поиск путей рационального применения удобрений является весьма актуальной задачей, имеющей важное экономическое значение.

Причина скрытого отрицательного действия удобрений на агроценоз заключается в нарушении биологических процессов в почве вследствие проявления физиологической кислотности минерального азота удобрений при дефиците фосфора (Никитишен В.И., 2002). Одним из способов устранения негативного влияния длительного применения физиологически кислых минеральных удобрений на плодородие почвы является известкование.

В этой связи возникает необходимость изучения действия известки на фоне длительного применения удобрений на физико-химические, химические и биологические свойства луговой черноземовидной почвы в условиях Приамурья. Решение этих вопросов позволит разработать приёмы увеличения продуктивности культур в зерно-соевом севообороте, основанные на повышении плодородия почвы. Результаты исследований по этим вопросам представлены в данной монографии.

Глава 1 ХАРАКТЕРИСТИКА УСЛОВИЙ, ОБЪЕКТОВ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Климатические и агрометеорологические условия

Климат Амурской области носит муссонный характер. Он формируется под влиянием континента Евразия и Тихого океана, имеющих различную температуру поверхностей в летнее и зимнее время. Влияние материка проявляется главным образом зимой, когда сухой и сильно охлажденный континентальный воздух проникает на территорию Амурской области (Агроклиматические ресурсы, 1973).

Зима в основных земледельческих районах суровая и продолжительная. Для нее характерно малое количество осадков, небольшой снежный покров, низкие температуры, высокая инсоляция. Температура самого холодного месяца января колеблется от минус 24°C до минус 46°C, с абсолютным минимумом минус 56°C. Продолжительность холодного периода составляет 130 – 160 дней. Глубина промерзания почвы на юге достигает 2,5 м, в центральных районах – 3,5 м.

Весна поздняя, затяжная, часто засушливая. В марте – мае выпадает 7 - 14% годовых осадков. В мае и первой декаде июня наблюдаются большие колебания температуры воздуха в течение суток: днем она повышается до 20 - 25°C, а ночью опускается до 1°C. В третьей декаде мая, как правило, наблюдается сухая, жаркая погода, сопровождающаяся сильными ветрами, что часто приводит к иссушению верхнего слоя почвы.

Лето обычно теплое, с умеренной сухой погодой в первой половине и влажной – во второй. С апреля по октябрь выпадает от 320 до 500 мм осадков, это 66 - 70% годового количества, что вызывает периодическое переувлажнение почвы (Система земледелия..., 2003).

Первая половина осени бывает влажная, теплая, вторая – сухая. Продолжительность безморозного периода колеблется от 90 до 202 дней (Пустовойтов Н.Д., 1971). Особенности агроклиматических условий позволяют в основных сельскохозяйственных районах Амурской области возделывать культуры преимуще-

ственно с коротким периодом вегетации (Система земледелия..., 2003).

Метеорологические условия в годы проведения исследований несколько отличались от среднееголетних данных. Вегетационный период 2006 года характеризовался повышением температуры в мае и августе на 3 и 2,2°C соответственно, а в апреле наблюдалось незначительное понижение температуры воздуха по сравнению со среднееголетними данными (рис. 1). В июне и июле температура воздуха была на уровне среднееголетнего значения и составляла 18,2 и 21,6°C соответственно. В 2006 году выпавшее количество осадков в апреле и мае составило 9 и 8 мм соответственно, что на 13 и 31 мм меньше среднееголетнего значения (рис. 2). В результате этого в конце мая в зоне проведения исследований сложились засушливые условия. Количество осадков, выпавшее в июле 2006 года, превысило среднееголетнее значение на 35 мм, в результате чего метеорологические условия для роста и развития сельскохозяйственных культур немного улучшились. В данный период у пшеницы наступила молочная спелость, а у сои – фаза 5-го тройчатого листа и цветения.

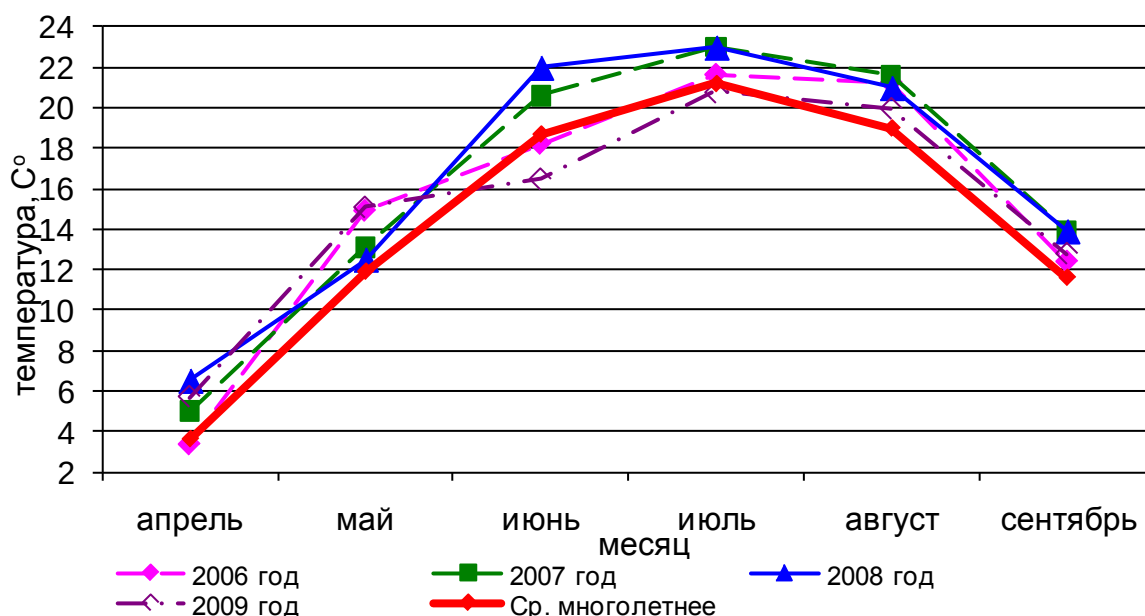


Рис. 1. Среднемесячные температуры воздуха за вегетационный период 2006–2009 гг., °C (г. Благовещенск)

Среднемесячная температура сентября была выше среднееголетнего значения на 0,8°C, а количество осадков за этот месяц составило 46 мм, что на 20 мм меньше среднееголетнего показате-

ля. Запасы продуктивной влаги на 28 сентября составляли в пахотном слое 50 - 60% от наименьшей полевой влагоёмкости.

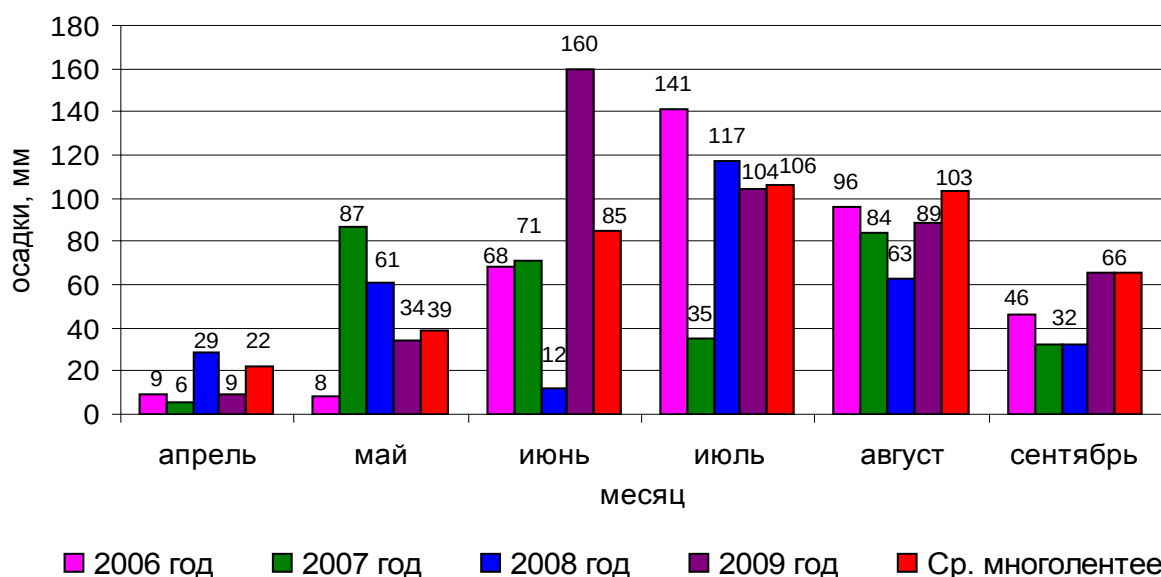


Рис. 2. Среднемесячное количество осадков за вегетационный период 2006–2009 гг., мм (с. Садовое)

В 2007 году, относительно среднемноголетних данных, температурный режим в апреле был выше на 1,4°C, а осадков выпало на 16 мм меньше. В мае преобладала теплая погода с обильными осадками. Их количество составило 87 мм, что на 48 мм больше среднемноголетнего значения. Эти погодные условия благоприятно сказались на прорастании семян сои и появлении всходов зерновых культур. Лето 2007 года было теплым, превышение среднемноголетней температуры составило от 1,8 до 2,6°C.

Распределение среднемесячного количества осадков в летний период было неравномерным – минимальное количество (35 мм) выпало в июле, максимальное (84 мм) – в августе. В результате жаркой погоды и отсутствия осадков в конце мая – начале июля сформировалось опасное агрометеорологическое явление – атмосферная засуха, которая отрицательно сказалась на урожайности зернобобовых культур. Сентябрь 2007 года характеризовался преобладанием теплой погоды, температура воздуха превышала среднемноголетнее значение на 2,3°C, а сумма осадков за месяц составила 32 мм (40% от нормы). Запасы продуктивной влаги в пахотном слое к концу вегетационного периода были на уровне 30 - 40% от наименьшей полевой влагоёмкости.

Агрометеорологические условия весны 2008 года были благоприятными для проведения полевых работ. По сравнению со среднемноголетними данными апреля и мая температура воздуха повысилась на 2,9 и 0,9°C, а осадки на – 7 и 22 мм соответственно. Первая половина лета 2008 года характеризовалась повышенной температурой воздуха до 22,0°C и незначительным количеством осадков – 12 мм, что вызвало преждевременное пожелтение листьев у зерновых культур и сои. Максимальное количество осадков (117 мм) отмечалось в июле, когда соя находилась в фазе образования бобов, а ранние зерновые – в фазе полной спелости. В сентябре температура воздуха была выше среднемноголетнего показателя на 2,3°C и составила 13,9°C, а осадки – ниже в 2 раза.

Весна 2009 года, несмотря на значительные колебания температурного режима, наступила раньше среднемноголетних значений. В связи с тем, что зимой выпало много осадков, весной, при оттаивании почвы, произошло её сильное переувлажнение. В апреле температура воздуха превысила среднемноголетнее значение на 2,1°C. Агрометеорологические условия для проведения весенних полевых работ сложились благоприятные, почва оттаяла на глубину 20 - 30 см. Выпавшее количество осадков в апреле было незначительным – 9 мм. В мае температура превысила среднемноголетний показатель на 3,2°C и составила 15,1°C, при этом количество осадков было ниже среднемноголетнего значения на 5 мм. В данный период у ранних зерновых отмечались массовые всходы. Июнь характеризовался холодной и дождливой погодой. Среднемесячная температура была ниже среднемноголетнего значения на 2,2°C, а количество осадков было максимальным – 160 мм, что не благоприятно сказалось на начальном росте и развитии сельскохозяйственных культур. Среднемесячная температура июля была несколько ниже среднемноголетнего значения, что сдерживало развитие сои и ранних зерновых культур. Количество осадков было на уровне среднемноголетнего показателя (104 мм), местами отмечалось сильное увлажнение почвы. Август характеризовался неустойчивым температурным режимом с превышением среднемноголетнего показателя на 1°C. Выпавшие осадки составили 89 мм, что на 14 мм меньше среднемноголетнего значения. Несмотря на это, сильное увлажнение почвы привело к неблагоприятным агрометеорологическим условиям, сло-

жившимся в конце месяца. В сентябре превышение среднемноголетнего значения по температуре воздуха составило 1,2°C, а выпавшее количество осадков было на уровне среднемноголетнего показателя (66 мм).

Агрометеорологические условия в годы исследований были сложными. Засушливые условия в 2006, 2007 годах повлияли на формирование урожая зерновых культур и сои. Не совсем благоприятными были погодные условия в 2008 году; недостаток влаги в почве, особенно в июне, отрицательно сказался на урожайности сельскохозяйственных культур. В 2009 году погодные условия были тоже неблагоприятными в отдельные месяцы и характеризовались низкими температурами воздуха и сильным переувлажнением почвы. Во все годы исследований температуры воздуха в августе – сентябре были выше, а количество осадков ниже среднемноголетних значений, в результате чего почва на зиму оставалась с низким запасом влаги.

1.2 Характеристика почвы опытного участка

На обширной территории второй надпойменной террасы по плоским водоразделам и слабопологим склонам под луговой растительностью сформировались луговые черноземовидные почвы. Общая площадь этих почв превышает 700 тыс. га и составляет более 20% площади сельхозугодий Амурской области. В структуре пашни на них приходится около 500 тыс. га, или 44% ее площади (Голов Г.В., 2001).

Наиболее плодородны в Амурской области луговые черноземовидные почвы. Их профиль отличается достаточно мощным гумусовым горизонтом. Гумусовые затеки доходят до глубины 70 - 80 см. По мощности гумусового и переходного горизонтов (A1+AB) и содержанию гумуса луговые черноземовидные почвы делятся на маломощные (A1+AB < 20 см), среднемощные (A1+AB 20 - 30 см) и мощные (A1+AB > 30 см) (Система земледелия ..., 2003). В профиле почв хорошо выражены комковато-ореховатая и призматическая структуры. В нижней части профиля наблюдаются признаки оглеения в виде охристых, сизых и ржавых пятен. На гранях структурных отдельностей присутствует кремнеземистая присыпка. По гранулометрическому составу луговые черноземовидные почвы относятся к легким и средним

крупно-пылеватоилловатым глинам и иловато-крупнопылеватым суглинкам. Тяжелый гранулометрический состав, пониженная водопрочность структурных агрегатов в иллювиальном горизонте, обуславливают формирование в почве неблагоприятных водного и воздушного режимов (Голов Г.В., 2001).

По данным Н. Д. Пустовойтова (1971), водно-физические свойства пахотного слоя луговой черноземовидной среднетяжелой почвы благоприятны для роста и развития сельскохозяйственных культур. Плотность сложения пахотного слоя выражается величиной, характерной для культурной почвы (0,94 - 1,04 г/см³), порозность также высокая (64%). Несмотря на большую влажность завядания, диапазон активной влаги высокий (26%).

Луговые черноземовидные почвы имеют в основном слабокислую (рН_{KCl} 5,1 - 5,3) и в отдельных случаях кислую (рН_{KCl} 4,8) реакцию среды. Титрованная обменная кислотность незначительная, а гидролитическая сравнительно высокая и колеблется в пределах 3,5 - 8,4 мг-экв на 100 г почвы. Емкость поглощения катионов составляет 30 - 45 мг-экв на 100 г почвы (при определении методом Шолленбергера). В почвенном поглощающем комплексе наряду с кальцием и магнием иногда присутствует поглощенный натрий (до 4% суммы поглощенных оснований), это связано с его повышенным содержанием в почвообразующей породе (Голов Г.В., 2001; Степкина Р.Н., 2001).

По данным Амурского филиала института «Дальгипрозем», в 1982 году средневзвешенное содержание гумуса в луговых черноземовидных среднетяжелых почвах составляло 5,2%. Эти почвы содержат значительные валовые запасы основных элементов питания растений: 0,28 - 0,43% азота (в верхнем горизонте), 0,25 - 0,33% фосфора, 2,0 - 4,6% калия (Шконде Э.И., 1959; Куркаев В.Т., 1978). По данным Э.И. Шконде (1959), в пахотном слое на долю минеральных форм приходится только около 2% валового азота, остальные 98% представлены органическими соединениями. 50% от общего фосфора приходится на органические формы, около 40% – на труднорастворимые почвенные фосфорсодержащие минералы (Голов Г.В., 1971). Несмотря на значительное содержание валового азота и фосфора, доступных форм этих элементов для растений недостаточно. Особенно это ощутимо в начале вегетации растений – в мае, июне. Это объясняется низкими температурами и влажностью в этот период, от-

рицательно влияющими на микробиологическую деятельность в почве. Содержание обменного калия в мощных и среднемощных почвах высокое и составляет 150 - 300 мг/кг.

Почва опытного участка – луговая черноземовидная средне-мощная глинистая. Исходная агрохимическая характеристика пахотного слоя: pH_{KCl} 5,3 - 5,5; pH_{H_2O} 6,1 - 6,4; гидролитическая кислотность – 2,70 - 3,21 мг-экв/100 г почвы; сумма поглощенных оснований – 21,4 - 23,9 мг-экв/100 г почвы с преобладанием ионов кальция; содержание гумуса – 3,6 - 4,3%, подвижного фосфора – 23 - 28 мг/кг; обменного калия – 167 - 232 мг/кг почвы.

1.3 Методика исследований

Экспериментальная работа выполнена в 2006 – 2009 гг. в полевом и вегетационно-полевом опытах на луговой черноземовидной почве длительного стационарного опыта ГНУ ВНИИ сои Россельхозакадемии, расположенного в селе Садовое Тамбовского района Амурской области. Многолетний стационарный полевой опыт заложен в 1962–1964 гг. Севооборот пятипольный, с 40%-ым насыщением соей и пшеницей и 20%-м насыщением однолетними травами (соя+овес). Чередование культур и схема опыта представлены в таблице 1.

Таблица 1

Схема длительного стационарного опыта

№ варианта	Вариант*	Распределение удобрений по полям севооборота				
		однолетние травы (соя+овес)	соя	пшеница	соя	пшеница
1	Контроль	-	-	-	-	-
2	P ₃₀	P ₃₀	P ₆₀	P ₆₀	-	-
3	N ₂₄	N ₆₀	N ₃₀	N ₃₀	-	-
4	N ₂₄ P ₃₀	N ₆₀ P ₃₀	N ₃₀ P ₃₀	N ₃₀	P ₆₀	-
5	N ₂₄ P ₃₀ K ₂₄	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₆₀ K ₃₀	N ₃₀ K ₃₀	P ₆₀	-
6	N ₄₂ P ₄₈	N ₉₀ P ₆₀	N ₆₀ P ₉₀	N ₃₀ P ₃₀	N ₃₀ P ₆₀	-
7	N ₄₂ P ₄₈	N ₉₀ P ₆₀	N ₃₀ P ₆₀	N ₃₀ P ₆₀	N ₃₀ P ₆₀	N ₃₀ P ₆₀
8	N ₄₂ P ₄₈	N ₉₀ P ₆₀	P ₆₀	N ₆₀ P ₃₀	P ₆₀	N ₆₀ P ₃₀
9	N ₂₄ P ₃₀ + навоз 4,8 т	N ₆₀ P ₃₀ + навоз 12 т	N ₃₀ P ₆₀	N ₃₀	P ₆₀ + навоз 12 т	-

Примечание: * среднегодовая нагрузка удобрений на 1 га севооборотной площади

Опыт имеет 3 закладки со сдвигом во времени и трехкратную повторность каждой закладки в пространстве. Расположение вариантов систематическое в три яруса, общая площадь делянки составляет 180 м², учетная – 66 м². В 2006–2009 гг. наблюдения выполняли в четвертом, пятом и первом полях севооборота, в пяти вариантах опыта: 1 – контроль (без удобрений); 3 – N₂₄ (одни только азотные удобрения); 4 – N₂₄P₃₀ (пониженные дозы азотно-фосфорных удобрений); 6 – N₄₂P₄₈ (повышенные дозы азотно-фосфорных удобрений); 9 – N₂₄P₃₀+навоз 4,8 т (повышенные дозы органо-минеральных удобрений).

В годы исследований высевали скороспелый сорт сои Соната (период вегетации 96 - 104 дня, норма высева 780 тыс. всх. семян/га) и среднеспелый сорт пшеницы Амурская 1495 (период вегетации 85 - 92 дня, норма высева 6 млн. всх. зерен/га) (рис. 3, 4). В качестве однолетних трав высевали соево-овсянную смесь в соотношении 1:0,75 (рис. 5).



Рис. 3. Внешний вид стационарного полевого опыта 1963 года закладки (соя сорта Соната)



Рис. 4. Внешний вид стационарного полевого опыта 1964 года закладки (пшеница сорта Амурская 1495)



Рис. 5. Внешний вид стационарного полевого опыта 1962 года закладки (однолетние травы)

Посев сельскохозяйственных культур выполняли в оптимальные сроки. Пшеницу и однолетние травы высевали рядовым способом, с междурядьями 15 см, сою – широкорядным (30 см); агротехника возделывания – общепринятая в Амурской области (Система земледелия ..., 2003). Перед посевом семена сои обрабатывали рас-

твором молибденовокислого аммония (30 г д.в./120 кг семян) данный агроприём является обязательным при возделывании сои в Приамурье (Система земледелия..., 2003). Это связано с низким содержанием как подвижного (0,04 - 0,24 мг/кг), так и валового (1,2 - 1,3 мг/кг) молибдена в почвах Зейско-Буреинской равнины, притом, что бобовые культуры отличаются большим потреблением этого элемента, от которого в значительной степени зависит азотный обмен (Голов Г.В., 2001). Минеральные удобрения вносили разбросным способом под предпосевную культивацию: азотные – в форме аммиачной селитры, фосфорные – двойного суперфосфата. В 9-м варианте под первую и четвертую культуры регулярно вносили полуперепревший навоз КРС. Урожай учитывали методом сплошного обмолота комбайном «Сампо 500» и методом пробных площадок.

С целью выявления изменения уровня плодородия почвы, вследствие длительного применения различных систем удобрений, образцы почвы отбирали осенью в 1, 3, 4, 6 и 9 вариантах длительного стационарного опыта, после уборки пятой культуры севооборота. Отбор выполняли в трех точках деланки по слоям почвы на глубину 0 – 20, 20 – 40, 40 – 60 см почвенным буром с диаметром стакана 5 см.

Влияние извести на фоне длительного применения удобрений изучали в вегетационно-полевом опыте с луговой черноземовидной почвой, отобранной в пяти вариантах длительного опыта, с различающимися системами удобрения. В этих вариантах произошли наиболее сильные изменения агрохимических свойств в результате сорокадвухлетнего применения минеральных и органико-минеральных удобрений. Схема 2-факторного вегетационно-полевого опыта 2006 и 2007 годов закладки представлена в таблице 2.

В опыте использовали короба площадью 0,15 м², высота стенок 0,25 м, которые устанавливали на глубину 0,2 м. Повторность опыта 4-х кратная. Закладку коробов, внесение удобрений и извести выполняли в конце мая.

В вегетационно-полевом опыте в 2006 и 2007 годах высевали сою сорта Соната. Семена обрабатывали раствором молибденово-кислого аммония – 30 г д.в./120 кг семян. В коробе выращивали по 8 растений сои. В 2007 и 2008 годах высевали пшеницу сорта Амурская 1495, в коробе выращивали по 50 растений. В 2008

и 2009 годах высевали однолетние травы (соя+овес), в коробе выращивали по 32 растения сои и 28 растений овса.

Таблица 2

Схема вегетационно-полевого опыта по изучению влияния извести на фоне длительного применения удобрений

№ варианта	Вариант*	Внесено удобрений под культуру		
		соя 2006, 2007 гг.	пшеница 2007, 2008 гг.	соя+овес 2008, 2009 гг.
Фактор А – длительное применение удобрений (фон)				
1	Без удобрений (контроль)	0	0	0
3	N ₂₄	0	0	N ₆₀
4	N ₂₄ P ₃₀	P ₆₀	0	N ₆₀ P ₃₀
6	N ₄₂ P ₄₈	N ₃₀ P ₆₀	0	N ₉₀ P ₆₀
9	N ₂₄ P ₃₀ + навоз 4,8 т (эквивалентно N ₄₂ P ₄₈)	P ₆₀ + навоз 12 т	0	N ₆₀ P ₃₀ + навоз 12 т
Фактор Б – известь (5,5 т/га)				
1	Без удобрений	0	0	0
3	N ₂₄	0	0	N ₆₀
4	N ₂₄ P ₃₀	P ₆₀	0	N ₆₀ P ₃₀
6	N ₄₂ P ₄₈	N ₃₀ P ₆₀	0	N ₉₀ P ₆₀
9	N ₂₄ P ₃₀ + навоз 4,8 т (эквивалентно N ₄₂ P ₄₈)	P ₆₀ + навоз 12 т	0	N ₆₀ P ₃₀ + навоз 12 т

Примечание: * среднегодовая нагрузка удобрений на 1 га севооборотной площади

В вегетационно-полевых опытах 2006 и 2007 годов закладки выполняли фенологические наблюдения, учет урожая и его структуры, а также отбирали растительные и почвенные образцы для агрохимических определений.

Содержание макроэлементов в растительном материале определяли методом инфракрасной спектроскопии на приборе «ИК-сканер NIR 4250». Калибровку прибора выполняли по содержанию определяемых элементов в 10% растительных образцов, которое устанавливали после мокрого озоления по методике ЦИНАО (Руководство..., 1982).

В образцах почвы стационарного и вегетационно-полевого опытов определяли рН потенциометрическим методом (ГОСТ-26483-90), гидролитическую кислотность – методом Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ-26212-84), сумму поглощенных оснований – комплексонометрическим методом (ГОСТ-26487-85), гумус – методом И.В. Тюрина в модификации Б.А. Никитина, подвижный фос-

фор и калий – методом А.Т. Кирсанова (ГОСТ-26207-91), обменный аммоний – методом ЦИНАО (ГОСТ-26489-85), нитратный азот – методом ЦИНАО (ГОСТ-26951-86).

В образцах почвы длительного стационарного опыта, отобранных в слое почвы 0 – 20 см, определяли азотминерализующую способность по В.Н. Башкину и В.Н. Кудеярову (1990). Метод включает компостирование почвы при температуре 28°C и влажности 60% ППВ с возрастающими дозами удобрений. Дозы внесения азотных (NH_4NO_3) и фосфорных (KH_2PO_4) удобрений составляли 0, 10, 20 и 40 мг д.в./кг почвы. Удобрения были внесены отдельно в почву, отобранную в пяти вариантах длительного стационарного опыта: контроль (без удобрений), N_{24} , $\text{N}_{24}\text{P}_{30}$, $\text{N}_{42}\text{P}_{48}$ и $\text{N}_{24}\text{P}_{30}$ + навоз 4,8 т. После 2-недельного компостирования определяли содержание минерального азота и рассчитывали азотминерализующую способность по формулам

$$AMC = N_T - N_0 - N_y \text{ (при внесении азота);}$$

$$AMC = N_T - N_0 \text{ (при внесении фосфора),}$$

где AMC – азотминерализующая способность, мг/кг почвы;

N_T – содержание минерального азота после компостирования почвы, мг/кг почвы;

N_0 – содержание минерального азота в почве до компостирования, мг/кг;

N_y – доза азота внесенного с удобрениями, мг д.в./кг

В почвенных образцах вегетационно-полевого опыта определяли содержание углерода микробной биомассы регидратационным методом (Благодатский, 1987), нитрификационную способность почвы – по С.П. Кравкову (Аринушкина Е.В., 1970), целлюлозоразлагающую способность – методом определения убыли соломы в капроновых мешочках, экспозиция которых в почве составляла один месяц (с 11.07 по 11.08.2007 г.; с 17.07 по 17.08.2008 г.; с 18.07 по 18.08.2009 г.). Целлюлозоразлагающую способность определяли в слое почвы 0 - 10 см, повторность 8-кратная. Статистическую обработку полученных данных выполняли по методике Б.А. Доспехова (1985) и А.В. Ваулина (1998).

Глава 2 ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА ФОНЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Данные по улучшению одних агрохимических свойств и одновременно ухудшению других при систематическом применении удобрений были получены в длительных опытах на разных типах почв, во многих странах мира. Опыт зарубежных исследователей доказывает, что полученные результаты длительного применения удобрений не всегда однозначны. Многочисленные пути превращения различных удобрений в зависимости от типа и свойств почвы изучены далеко не полностью. Результаты опытов, выполненных в различных почвенно-климатических зонах Российской Федерации, по влиянию органических, минеральных удобрений и их совместного применения на свойства почвы, также противоречивы.

По результатам российских исследователей Л.Л. Щетининой (1990) и Г.Н. Яновой (1992), длительное (20 – 25 лет) использование чернозёмов и серой лесной почвы без удобрений приводило к ухудшению физико-химических свойств. Многими исследователями отмечено, что длительное применение только одних минеральных удобрений также ухудшает физико-химические свойства чернозёмов и дерново-подзолистых почв, повышает все виды кислотности и содержание подвижного алюминия, снижает сумму поглощенных оснований и степень насыщенности почв (Макаров Р.Ф., 2001; Псарева О.С., 2001; Окорков В.В., 2002; Тишков Н.М., 2003; Сметанова В.А., 2004; Попов Е.В., 2005; Носко Б.С., 2008). Повышенная кислотность почв ускоряет процесс вымывания кальция и магния из пахотного слоя и, следовательно, снижает степень насыщенности основаниями, ухудшая почвенное плодородие (Муха В.Д., 2003; Свистова И.Д., 2004; Мазен Д.А., 2005). Внесение органических удобрений положительно влияет на кислотные свойства чернозёма и серых лесных почв (Надежкин С.М., 1996; Окорков В.В., 2002).

По данным Р.Н. Степкиной (2001), длительное применение минеральных и органо-минеральных удобрений не изменило об-

менную, актуальную кислотности на протяжении шести ротаций пятипольного севооборота. Эта закономерность проявлялась как в пахотном, так и подпахотном слоях почвы. Однако В.Ф. Прокочук (2001) отмечала, что на 37 год применения азотных удобрений в среднегодовых дозах N_{42} актуальная и обменная кислотности почвы увеличились в пахотном и подпахотном слоях на 0,2 - 0,3 ед. рН. Применение азотных удобрений совместно с органическими не вызывало изменений почвенной кислотности. Аналогичные данные были получены в этом же опыте Е.Т. Наумченко (2004) на 40-й год применения минеральных и органо-минеральных удобрений.

С целью предупреждения ухудшения свойств почв при интенсивном применении удобрений, даже при нейтральной реакции почвенного раствора, рекомендовано наряду с навозом вносить известь (Гомонова Н.Ф., 1990; Янова, 1992; Барсуков П.А., 1995; Свистова И.Д., 2004). Известь оказывает разностороннее действие на почву (Кулаковская Т.Н., 1978). Поэтому проблемные вопросы известкования почв необходимо решать в длительных полевых опытах с глубокой и всесторонней аналитической оценкой (Шильников И.А., 2001).

Под влиянием извести в почвенном поглощающем комплексе происходит замещение ионов водорода и алюминия на ионы кальция и магния, в результате чего снижается кислотность почвы, повышается насыщенность основаниями (Минеев В.Г., 1990). Изменения этих свойств зависят от дозы внесенной извести и буферных свойств почвы (Федоров А.А., 2001). По данным И. Н. Оксененко (1995), известкование без внесения удобрений не способствовало улучшению пищевого режима темно-серой лесной почвы. Однако внесение одной извести на дерново-подзолистой среднесуглинистой, луговой черноземовидной и бурой лесной глеевой почве снизило обменную и гидролитическую кислотность, увеличило сумму обменных оснований (Ковшик И. Г., 1982; Башков А.С., 1996). Многими исследователями отмечено, что эффект от известкования значительно выше при внесении минеральных и органических удобрений. Так, в длительных опытах на серой лесной и дерново-подзолистой почве внесение извести совместно с минеральными и органическими удобрениями способствовало нейтрализации всех видов почвенной кислотности и

насыщению почвенного поглощающего комплекса основаниями (Поливцев Н.Ф., 2000; Огороков В. В., 2002; Завьялова Н.Е., 2005). По данным Л.М. Рясинской (1987), на лугово-бурой отбеленной почве увеличение степени насыщенности основаниями и в первую очередь кальцием происходило пропорционально дозе внесенной извести. В почвах Дальнего Востока внесение извести сопровождается снижением содержания обменного магния (Федоров А.А., 2001). Между тем некоторые исследователи отмечают увеличение содержания магния при внесении извести, что по-видимому было связано с качеством применяемых известковых материалов (Федчун А.А., 1997; Ермолина В.И., 1999; Платонов И.Г., 2000). В то же время при совместном внесении извести и минеральных удобрений возрастали потери кальция из дерново-подзолистых почв в результате вымывания (Болышева Т.Н., 1990; Яковлева Л.В., 2001). Исследованиями Н.И. Акановой (2002) установлено, что разовое известкование кислых почв не может изменить условия, при которых почва становится кислой, что со временем приводит к повторному подкислению, а значит, не может навсегда решить проблему кислотности почвы.

В настоящее время в России и в зарубежных странах известкование рассматривают не только как мероприятие для устранения избыточной кислотности, но и как неперемное условие применения высоких доз минеральных удобрений на кислых почвах (Федчун А.А., 1997).

В наших исследованиях в длительном стационарном опыте на 44 год применения минеральных азотных и азотно-фосфорных удобрений реакция среды изменилась от слабокислой ($pH_{\text{сол}} 5,1$) до кислой ($pH_{\text{сол}} 5,0$), а при замене части минеральных удобрений органическими ($N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т) pH солевой суспензии остается на уровне контрольного варианта (табл. 3). Изменения обменной кислотности проявляются только в пахотном (0 - 20 см) и подпахотном (20 - 40 см) слоях почвы.

В вегетационно-полевом опыте после выращивания сои (2006 – 2007 гг.) систематическое внесение минеральных удобрений в дозе N_{24} , $N_{24}P_{30}$ и $N_{42}P_{48}$ на 1 га севооборотной площади увеличило обменную кислотность на 0,1, 0,2 и 0,3 ед. pH соответственно по сравнению с контрольным вариантом (табл. 4).

Таблица 3

Физико-химические свойства почвы в зависимости
от длительного применения удобрений, в среднем за 2006–2008 гг.
(полевой опыт)

№ варианта	Вариант*	Глубина, см	pH _{сол}	Нг	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Σ Ca ²⁺ Mg ²⁺	V
			ед. pH	мг экв./100 г почвы				%
1	Контроль (без удобрений)	0 - 20	5,1	4,87	16,26	6,39	22,65	82
		20 - 40	5,0	4,22	15,86	7,32	23,18	84
		40 - 60	4,9	4,08	15,90	8,64	24,54	86
3	N ₂₄	0 - 20	5,0	5,00	16,04	6,82	22,86	82
		20 - 40	5,0	4,36	15,98	7,08	23,06	84
		40 - 60	4,9	4,15	15,66	8,29	23,95	85
4	N ₂₄ P ₃₀	0 - 20	5,0	5,35	16,08	6,31	22,39	81
		20 - 40	5,0	4,50	16,11	7,16	23,27	84
		40 - 60	4,9	4,26	15,87	8,38	24,25	85
6	N ₄₂ P ₄₈	0 - 20	5,0	5,68	15,97	6,44	22,41	80
		20 - 40	4,9	4,94	15,81	6,73	22,54	82
		40 - 60	4,9	4,30	15,81	7,43	23,24	84
9	N ₂₄ P ₃₀ + навоз 4,8 т	0 - 20	5,1	4,66	16,26	6,09	22,35	83
		20 - 40	5,1	4,24	16,48	6,81	23,29	85
		40 - 60	4,9	3,91	16,22	8,44	24,66	86

Примечание: * среднегодовая доза удобрений на 1 га севооборотной площади

Таблица 4

Физико-химические свойства почвы в зависимости
от известкования и длительного применения удобрений,
в среднем за 2006–2007 гг. (1-й год действия извести)

№ вари- ант	Вариант*	pH		Нг	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Σ Ca ²⁺ Mg ²⁺	V, %
		вод.	сол.					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Без удобрений	<u>6,0</u>	<u>5,0</u>	<u>4,16</u>	<u>17,03</u>	<u>6,15</u>	<u>23,18</u>	<u>85</u>
		6,5	5,4	2,69	17,98	5,60	23,58	90
3	N ₂₄	<u>5,9</u>	<u>4,9</u>	<u>4,37</u>	<u>16,78</u>	<u>6,54</u>	<u>23,32</u>	<u>84</u>
		6,5	5,4	2,30	17,50	6,04	23,54	91
4	N ₂₄ P ₃₀	<u>5,9</u>	<u>4,8</u>	<u>4,55</u>	<u>16,83</u>	<u>6,53</u>	<u>23,36</u>	<u>84</u>
		6,4	5,3	3,16	17,80	5,77	23,57	88
6	N ₄₂ P ₄₈	<u>5,8</u>	<u>4,7</u>	<u>4,54</u>	<u>17,00</u>	<u>5,85</u>	<u>22,85</u>	<u>83</u>
		6,3	5,2	3,28	17,75	5,70	23,45	88

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	N ₂₄ P ₃₀ + навоз 4,8 т	<u>6,0</u> 6,4	<u>5,1</u> 5,3	<u>4,54</u> 3,06	<u>16,56</u> 17,57	<u>6,73</u> 5,82	<u>23,29</u> 23,39	<u>84</u> 88
НСР _{част.}		0,10	0,10	0,37	0,69	0,79	0,57	2,33
НСР _{известь}		0,04	0,05	0,17	0,31	0,35	0,25	1,04
НСР _{удобрения}		0,07	0,07	0,26	0,49	0,56	0,40	1,65

Примечание: * среднегодовая доза удобрений на 1 га севооборотной площади. Над чертой – длительное применение удобрений (фон), под чертой – с внесением извести

Длительное применение органо-минеральных удобрений в дозе N₂₄P₃₀ + навоз 4,8 т снизило значение обменной кислотности до 5,1 ед. рН, то есть на 0,1 ед. по сравнению с контролем.

В среднем за 2008–2009 гг. после выращивания пшеницы при определении обменной кислотности была выявлена та же закономерность, что и после выращивания четвертой культуры севооборота – сои (табл. 5). На фоне применения одних только азотных (N₂₄) удобрений обменная кислотность находилась на уровне контрольного варианта (рН_{сол} 5,0). Применение минеральных азотных удобрений совместно с фосфорными в дозах N₂₄P₃₀ и N₄₂P₄₈ увеличило обменную кислотность на 0,1 и 0,2 ед. соответственно, по сравнению с контролем.

Таблица 5

Физико-химические свойства почвы в зависимости от известкования и длительного применения удобрений, в среднем за 2008–2009 гг. (3-й год действия извести)

№ вари- анта	Вариант*	рН		Нг	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Σ Ca ²⁺ Mg ²⁺	V, %
		вод.	сол.					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Без удобрений	<u>6,2</u> 6,8	<u>5,0</u> 5,6	<u>4,15</u> 2,21	<u>16,95</u> 18,71	<u>5,94</u> 5,72	<u>22,90</u> 24,45	<u>85</u> 92
3	N ₂₄	<u>6,1</u> 6,7	<u>5,0</u> 5,6	<u>4,31</u> 2,49	<u>16,80</u> 18,37	<u>5,91</u> 5,60	<u>22,71</u> 23,98	<u>84</u> 91
4	N ₂₄ P ₃₀	<u>6,1</u> 6,7	<u>4,9</u> 5,6	<u>4,56</u> 2,49	<u>17,30</u> 18,68	<u>5,75</u> 5,54	<u>23,05</u> 24,22	<u>83</u> 91
6	N ₄₂ P ₄₈	<u>6,0</u> 6,7	<u>4,8</u> 5,4	<u>4,89</u> 2,80	<u>17,05</u> 18,54	<u>5,85</u> 5,35	<u>22,90</u> 23,90	<u>82</u> 90

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	N ₂₄ P ₃₀ + навоз 4,8 т	<u>6,2</u> 6,8	<u>5,0</u> 5,6	<u>4,32</u> 2,44	<u>16,95</u> 18,44	<u>6,03</u> 5,26	<u>22,99</u> 24,20	<u>84</u> 91
НСР _{част.}		0,09	0,07	0,12	0,34	0,40	0,43	0,73
НСР _{известь}		0,04	0,03	0,05	0,15	0,18	0,19	0,32
НСР _{удобрения}		0,07	0,05	0,08	0,24	0,28	0,30	0,51

Примечание: * среднегодовая доза удобрений на 1 га севооборотной площади; над чертой – длительное применение удобрений (фон), под чертой – с внесением извести

Длительное применение минеральных удобрений совместно с органическими не вызвало изменений обменной кислотности, реакция среды была среднекислой (табл. 4). В течение вегетационного периода актуальная кислотность почвы менялась, что в основном было связано со степенью увлажнения почвы (Голов Г.В., 2001). Так, в среднем за 2006–2007 гг. в варианте без внесения удобрений реакция почвенного раствора была близкой к нейтральной (рН_{вод} 6,0). Применение одних только азотных удобрений (N₂₄) и пониженных доз азотно-фосфорных (N₂₄P₃₀) минеральных удобрений увеличило актуальную кислотность на 0,1 ед., а применение азотно-фосфорных удобрений в дозе N₄₂P₄₈ на 1 га севооборотной площади – на 0,2 ед., по сравнению с контролем. В варианте с органо-минеральными удобрениями (N₂₄P₃₀ + навоз 4,8 т) актуальная кислотность остаётся на уровне контрольного варианта.

На 3-й год после закладки вегетационно-полевого опыта в 2008–2009 гг. актуальная кислотности почвы в варианте без применения удобрений была несколько ниже, чем в 2006–2007 гг. и составила 6,2 ед. рН (табл. 5). На фоне длительного применения N₂₄ и N₂₄P₃₀ на 1 га севооборотной площади актуальная кислотность была выше на 0,1 ед., а при внесении повышенных доз азотно-фосфорных минеральных удобрений – на 0,2 ед., по сравнению с контрольным вариантом. Длительное применение органо-минеральных удобрений не вызвало изменений актуальной кислотности.

Гидролитическая кислотность луговой черноземовидной почвы в длительном опыте изменялась значительно (табл. 3). Применение N₂₄, N₂₄P₃₀ и N₄₂P₄₈ на 1 га севооборотной площади увеличило гидролитическую кислотность в пахотном слое на 0,13, 0,48 и 0,81 мг-экв/100 г почвы соответственно, а применение

ние органо-минеральных удобрений ($N_{24}P_{30}$ +навоз 4,8 т) снизило этот показатель на 0,21 мг-экв. по сравнению с контрольным вариантом. В подпахотном слое почвы наибольшее значение гидролитической кислотности (4,94 мг-экв.) наблюдается в варианте с максимальной среднегодовой нагрузкой удобрений – $N_{42}P_{48}$ на 1 га севооборотной площади. На фоне всех систем удобрения наблюдается снижение гидролитической кислотности в зависимости от глубины.

В условиях вегетационно-полевого опыта после выращивания сои гидролитическая кислотность в контрольном варианте составила 4,16 мг-экв., а при внесении одних только азотных удобрений была выше на 0,21 мг-экв. и составила 4,37 мг-экв/100 г почвы (табл. 4). В вариантах со среднегодовой нагрузкой удобрений $N_{24}P_{30}$ и $N_{42}P_{48}$ на 1 га севооборотной площади гидролитическая кислотность была выше на 0,39 и 0,38 мг-экв/100 г почвы, чем в не удобренном варианте. По органо-минеральной системе удобрений ($N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т) в отличие от стабильности актуальной и обменной кислотности гидролитическая кислотность была несколько выше, чем в варианте без внесения удобрений.

После выращивания пшеницы в вегетационно-полевым опыте (2008–2009 гг.) гидролитическая кислотность почвы на фоне всех систем удобрения была выше на 0,16 – 0,74 мг-экв/100 г почвы по сравнению с контрольным вариантом (табл. 5). При этом максимальное ее значение отмечено в варианте с длительным применением повышенных доз минеральных удобрений ($N_{42}P_{48}$).

В исследованиях Р.Н. Степкиной (2001) отмечено, что к концу пятой ротации севооборота сумма поглощенных оснований при внесении минеральных удобрений существенно не изменялась, а при внесении органо-минеральных удобрений отмечена тенденция к увеличению этого показателя.

В наших исследованиях длительное применение азотных удобрений в дозе N_{24} и применение такой же дозы совместно с фосфорными удобрениями ($N_{24}P_{30}$) на 1 га севооборотной площади приводит к снижению содержания поглощенного кальция на 0,22 и 0,18 мг-экв. соответственно дозам, по сравнению с контрольным вариантом (табл. 3). В последствии длительного применения повышенных доз минеральных удобрений ($N_{42}P_{48}$) в пахотном слое содержание кальция было ниже на 0,29 мг-экв. по

сравнению с контролем, а при замене части минеральных удобрений органическими (навоз 4,8 т/га) содержание кальция сохранилось на уровне контрольного варианта (16,26 мг-экв/100 г почвы). Аналогичные данные по сохранению оснований на исходном уровне при использовании навоза на черноземе выщелоченном были отмечены в исследованиях Г.Е. Мерзлой (2002).

По нашим данным, полученным в конце девятой ротации севооборота, сумма поглощенных оснований в почве длительного стационарного опыта в слое 0 - 20 см на фоне всех систем удобрения находилась в пределах значений контрольного варианта. В слое почвы 40 - 60 см во всех вариантах опыта сумма кальция и магния была на 0,83 - 2,31 мг-экв/100 г почвы выше, чем в пахотном слое.

Содержание магния во всех вариантах опыта в слое почвы 40 - 60 см было на 0,99 - 2,35 мг-экв. выше, чем в пахотном слое, что свидетельствует о вымывании элемента с фильтрующимися атмосферными осадками в нижележащие слои почвы. По данным А.М. Пестрякова (2002), применение минеральных удобрений сопровождалось снижением содержания магния, что привело к ряду негативных последствий. Недостаток магния в почве резко снижает урожай семян сои и массу клубеньков на её корнях (Салтанов М.Д., 1971).

В среднем за 2006–2007 гг. в вегетационно-полевом опыте в вариантах со среднегодовой нагрузкой N_{24} , $N_{24}P_{30}$ и $N_{24}P_{30} +$ навоз 4,8 т в пахотном слое почвы сумма поглощенных оснований кальция и магния была выше на 0,14; 0,18 и 0,11 мг-экв. соответственно дозам удобрений, а в варианте с применением $N_{42}P_{48}$ на 1 га севооборотной площади – ниже на 0,33 мг-экв/100 г почвы, по сравнению с неудобренным вариантом (табл. 4). На фоне длительного применения одних только азотных удобрений содержание Ca^{2+} было ниже на 0,25 мг-экв., а на фоне пониженных доз азотно-фосфорных удобрений – на 0,20 мг-экв/100 г почвы по сравнению с контролем. Повышенные дозы минеральных удобрений не повлияли на содержание обменного кальция, а при замене части минеральных удобрений органическими ($N_{24}P_{30} +$ навоз 4,8 т) содержание кальция было ниже на 0,47 мг-экв. по сравнению с контрольным вариантом. По нашему мнению, снижение содержания кальция в почве пахотного слоя на фоне дли-

тельного применения органо-минеральных удобрений произошло за счет увеличения выноса этого элемента с отчуждаемой частью урожая полевых культур.

Длительное применение N_{24} , $N_{24}P_{30}$ и $N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т на 1 га севооборотной площади увеличило содержание Mg^{2+} на 0,39; 0,38 и 0,58 мг-экв., а повышенных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений ($N_{42}P_{48}$) привело к снижению содержания поглощенного магния на 0,30 мг-экв/100 г почвы, по сравнению с контрольным вариантом.

В начале десятой ротации пятипольного севооборота (2008–2009 гг.) в вегетационно-полевом опыте сумма поглощенных оснований в варианте без применения удобрений составила 22,90 мг-экв/100 г почвы (табл. 5). В последствии длительного применения одних только азотных удобрений сумма катионов была ниже на 0,19 мг-экв., а на фоне длительного применения пониженных доз азотно-фосфорных удобрений – выше на 0,15 мг-экв /100 г почвы, по сравнению с контролем. Содержание поглощенного кальция на фоне длительного применения пониженных доз азотно-фосфорных удобрений было выше на 0,35 мг-экв., а в остальных вариантах опыта осталось на уровне значения неудобренного варианта. Содержание Mg^{2+} также изменялось незначительно, за исключением варианта с пониженными дозами азотно-фосфорных удобрений ($N_{24}P_{30}$), где его содержание было ниже на 0,19 мг-экв/100 г почвы по сравнению с контролем.

В условиях длительного стационарного опыта в подпахотных слоях почвы всех вариантов степень насыщенности почвенного поглощающего комплекса основаниями была выше, чем в пахотном (0 - 20 см), что связано со снижением величины гидролитической кислотности (табл. 3). На фоне длительного применения одних только азотных и пониженных доз азотно-фосфорных удобрений степень насыщенности почв основаниями составляла 82 и 81% соответственно. Длительное применение $N_{42}P_{48}$ на 1 га севооборотной площади под предшествующие культуры привело к снижению степени насыщенности почв основаниями в пахотном горизонте до 80%, а совместное внесение минеральных азотно-фосфорных удобрений с органическими – к увеличению до 83%.

Степень насыщенности почв основаниями в вегетационно-полевом опыте в 2006–2007 и 2008–2009 гг., в варианте с неудоб-

ренной почвой (контроль), составляла 85%. Длительное применение минеральных удобрений снижало этот показатель, при этом наибольшее снижение (на 3% по сравнению с контролем) наблюдалось в варианте с максимальной среднегодовой нагрузкой – $N_{42}P_{48}$ на 1 га севооборотной площади. Длительное применение органо-минеральных удобрений в дозе $N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т на 1 га севооборотной площади обеспечило степень насыщенности почвы основаниями на уровне 84%.

Внесение извести в почву из расчета по 1 Нг на фоне минеральных систем удобрения снизило актуальную кислотность на 0,5 - 0,6 ед., а на фоне длительного применения органо-минеральных удобрений – на 0,4 ед. рН по сравнению с фоновыми вариантами (табл. 4).

На третий год действия известь снизила актуальную кислотность почвы на 0,6 ед. на фоне всех систем удобрения, кроме варианта с длительным применением повышенных доз минеральных удобрений, где величина $pH_{вод}$ увеличилась на 0,7 ед. по сравнению с фоновыми вариантами (табл. 5).

Обменная кислотность в варианте без применения удобрений под действием извести уменьшалась на 0,4 ед., а на фоне длительного применения минеральных удобрений – на 0,5 ед., при этом реакция среды из группы кислой перешла в слабокислую. При замене части минеральных удобрений органическими реакция среды осталась слабокислой, а обменная кислотность снизилась на 0,2 ед. по сравнению с фоновым вариантом.

На третий год после внесения извести во всех вариантах опыта величина обменной кислотности установилась на уровне неудобренного варианта с внесением извести ($pH_{сол}$ 5,6), кроме варианта со среднегодовой нагрузкой $N_{42}P_{48}$ на 1 га севооборотной площади, где реакция солевой вытяжки осталась слабокислой ($pH_{сол}$ 5,4). При этом разница к фону величины $pH_{сол}$ составила уже 0,6 - 0,7 ед. Полученные данные свидетельствуют о более полном взаимодействии извести с луговой черноземовидной почвой на третий год после внесения. По-видимому, равновесие еще не наступило, и в дальнейшем нейтрализующее действие извести будет усиливаться. Так, по данным А.А. Федорова (2001), в Хабаровском крае наиболее активное действие отмечено к пятому году

взаимодействия извести с почвой, притом, что последствие продолжалось 18 - 20 лет.

Увеличение гидролитической кислотности вызвано снижением обменных оснований в почвенном поглощающем комплексе и замещением их водородным ионом. В наших исследованиях в вегетационно-полевом опыте применение извести привело к изменению гидролитической кислотности от повышенной до средней и низкой. На неудобренном фоне известь в первый год действия снизила гидролитическую кислотность на 1,47 мг-экв. по сравнению с фоном, где она составляла 4,16 мг-экв./100 г почвы (табл. 4). На фоне длительного применения одних только азотных удобрений действие извести снизило гидролитическую кислотность на 2,07 мг-экв.; на фоне пониженных и повышенных доз азотно-фосфорных удобрений – на 1,39 и 1,26 мг-экв. соответственно; на фоне органо-минеральных удобрений – на 1,48 мг-экв./100 г почвы, по сравнению с фоновыми вариантами.

В последствии извести (3-й год) гидролитическая кислотность уменьшилась во всех вариантах опыта на 1,82 - 2,09 мг-экв. /100 г почвы, в результате чего степень кислотности в опыте изменилась от повышенной до низкой (табл. 5).

С внесением извести в почву в варианте без применения удобрений содержание обменного кальция возросло на 0,95 мг-экв. и составило 17,98 мг-экв. /100 г почвы (табл. 4). В варианте с длительным применением N_{24} на 1 га севооборотной площади данный показатель увеличился на 0,72 мг-экв.; при длительном применении пониженных и повышенных доз минеральных удобрений – на 0,97 и 0,75 мг-экв. соответственно, а максимальное увеличение содержания обменного кальция на 1,01 мг-экв. /100 г почвы произошло в варианте, где применяли органо-минеральные удобрения, по сравнению с фоновыми вариантами. Одновременно с этим наблюдается снижение содержания поглощенного магния во всех вариантах опыта на 0,15 - 0,91 мг-экв. /100 г почвы по сравнению с фоновыми вариантами. При этом сумма поглощенных оснований во всех вариантах опыта увеличилась на 0,10 - 0,60 мг-экв. /100 г почвы по сравнению с фоновыми вариантами. Максимальное увеличение наблюдалось на фоне длительного применения повышенных доз минеральных ($N_{42}P_{48}$) удобрений, а

минимальное – на фоне органо-минеральных удобрений ($N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т га 1 га севооборотной площади).

На третий год после внесения извести содержание поглощенного кальция во всех вариантах опыта значительно увеличилось. В варианте без применения удобрений последствие извести увеличило содержание этого элемента на 1,76 мг-экв по сравнению с фоновым вариантом (табл. 5). Известкование увеличило содержание кальция на фоне длительного применения одних только азотных удобрений и пониженных доз азотно-фосфорных удобрений на 1,57 и 1,38 мг-экв. /100 г почвы соответственно, а на фоне длительного применения повышенных доз минеральных и органо-минеральных удобрений на 1,49 мг-экв. /100 г почвы по сравнению с фоновыми вариантами. Последствие извести (3-й год после внесения) снизило содержание магния на 0,21 - 0,77 мг-экв. во всех вариантах опыта по сравнению с фоновыми вариантами. По данным ряда авторов (Неунылов Б.А., 1961; Басистый В.П., 1968; Рясинская Л.М., 1973), внесение извести в почвы Дальнего Востока так же сопровождалось снижением обменного магния и тем больше, чем выше доза извести. В наших исследованиях за счет увеличения содержания поглощенного кальция возросла сумма поглощенных оснований на 1,00 - 1,55 мг-экв. /100 г почвы во всех вариантах с внесением извести по сравнению с фоновыми вариантами.

Известкование способствовало увеличению степени насыщенности луговой черноземовидной почвы основаниями на всех фонах на 4 - 7% – в первый год действия и на 7 - 8% – в третий год действия извести по сравнению с фоновыми вариантами (табл. 4, 5).

В результате выполненных исследований в вегетационно-полевом опыте полученные данные позволяют рассчитать коэффициенты использования извести на нейтрализацию гидролитической кислотности и повышения суммы поглощенных оснований на фоне длительного применения минеральных и органо-минеральных удобрений. По данным В.В. Окоркова (1997), при внесении извести в почвенном поглощающем комплексе серой лесной почвы сохранялось до 38 – 60% ионов водорода от исходного содержания. Это свидетельствует о том, что известь не полностью расходовалась на вытеснение ионов водорода из почвен-

ного поглощающего комплекса. Автор установил, что для серой лесной почвы коэффициент использования извести на нейтрализацию гидролитической кислотности составил 34%, а на увеличение суммы поглощенных оснований – 36%. Подобные расчеты коэффициентов использования извести, по нашим данным, на луговой черноземовидной почве выполняли по следующим формулам, предложенным В.В. Окорковым (1997):

$$K_{исп}^{H_2} = \frac{H_2_{(без\ извести)} - H_2_{(с\ известью)}}{4} \cdot 100,$$

где $K_{исп}^{H_2}$ – коэффициент использования извести на нейтрализацию гидролитической кислотности, %;

H_2 – гидролитическая кислотность, мг-экв. /100 г почвы;

4 – внесенная доза извести в мг-экв. /100 г почвы;

100 – пересчет в процентах.

$$K_{исп}^S = \frac{S_{(с\ известью)} - S_{(без\ извести)}}{4} \cdot 100,$$

где $K_{исп}^S$ – коэффициент использования извести на повышение суммы поглощенных оснований, %;

S – сумма поглощенных оснований, мг-экв./100 г почвы;

4 – внесенная доза извести в мг-экв. /100 г почвы;

100 – пересчет в процентах.

Несмотря на различную величину гидролитической кислотности, сложившуюся в почве за 43 года применения минеральных и органико-минеральных удобрений, известь была внесена в дозе 5,5 т/га из расчета 4 мг-экв. /100 г почвы. Выполненные расчеты позволили оценить использование извести для снижения гидролитической кислотности (рис. 6). В первый год действия извести в неудобренном варианте коэффициент использования извести на нейтрализацию гидролитической кислотности составил 37%, а на повышение суммы обменных оснований – 10%. На фоне длительного применения N_{24} на 1 га севооборотной площади коэффициент использования извести на нейтрализацию H_2 составил 52%, что на 15% больше, чем в контрольном варианте.

При этом на повышение суммы поглощенных оснований пошло всего 6% извести. С увеличением дозы минеральных азот-

но-фосфорных удобрений в первый год действия извести коэффициент ее использования на нейтрализацию гидролитической кислотности несколько снизился по сравнению с вариантом, в котором удобрения не применялись. Однако в варианте с максимальной среднегодовой нагрузкой удобрений ($N_{42}P_{48}$) на увеличение суммы поглощенных оснований пошло на 5% больше извести, чем в контрольном варианте. Коэффициент использования извести на нейтрализацию Нг на фоне органо-минеральных удобрений находился на уровне варианта без применения удобрений (37%), в то время как на увеличение суммы поглощенных оснований пошло всего 3% извести. Это является подтверждением того, что известь практически не оказала влияния на сумму поглощенных оснований в первый год действия.

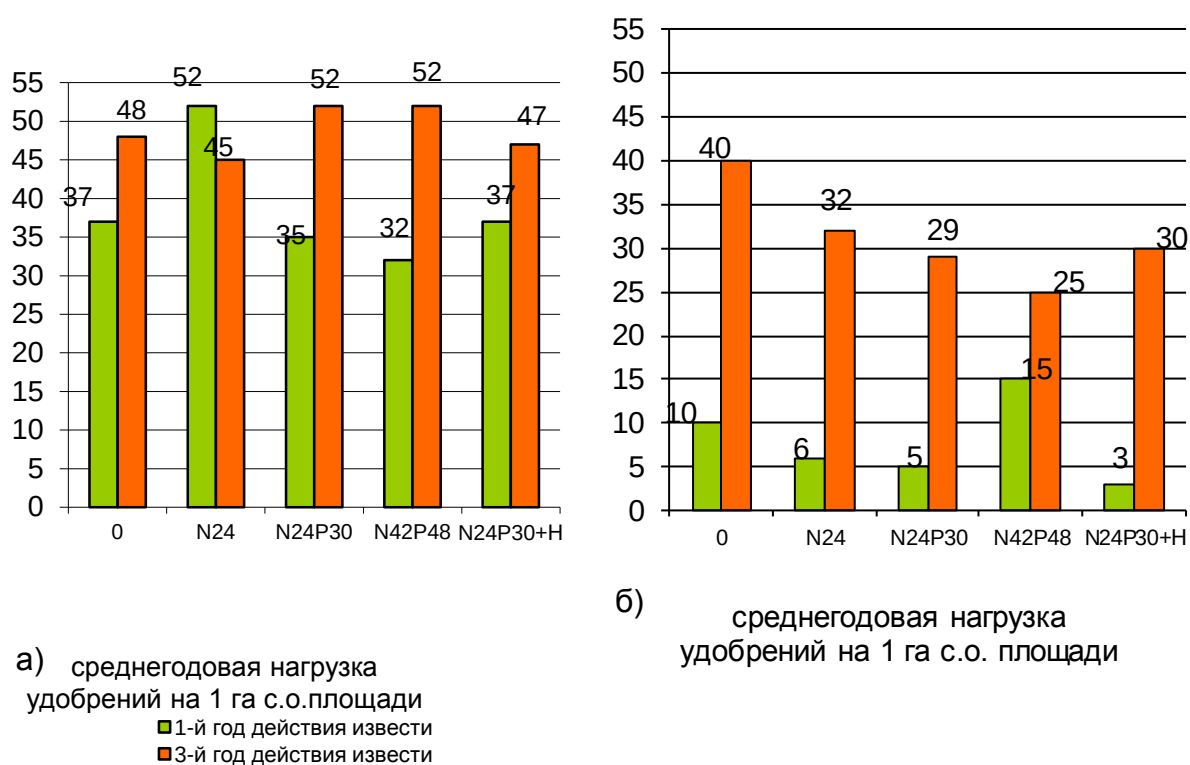


Рис. 6 Коэффициенты использования извести:
а) на нейтрализацию гидролитической кислотности;
б) на повышение суммы поглощенных оснований

В третий год действия извести коэффициент использования на нейтрализацию гидролитической кислотности в неудобренном варианте составил 48%, а на увеличение суммы поглощенных оснований пошло в 4 раза больше извести, чем в первый год дей-

ствия. На фоне длительного применения одних только азотных удобрений коэффициент использования извести на нейтрализацию гидролитической кислотности снизился на 7% по сравнению с первым годом действия извести. Это свидетельствует о снижении раскисляющего эффекта извести, что происходит в результате очень прочной связи ионов водорода с твердой фазой почвенного поглощающего комплекса и снижении вытесняющей способности ионов кальция в отношении ионов водорода гидролитической кислотности. На фоне длительного применения минеральных азотно-фосфорных пониженных и повышенных доз удобрений коэффициент использования извести на нейтрализацию был выше на 4%, чем в контроле, и соответственно на 17 и 20% выше по сравнению с первым годом действия извести. В вариантах с внесением N_{24} , $N_{24}P_{30}$ и $N_{42}P_{48}$ на 1 га севооборотной площади коэффициенты использования извести на увеличение суммы поглощенных оснований в третий год действия извести были ниже на 8, 11 и 15% соответственно дозам по сравнению с вариантом без применения удобрений. В варианте с органо-минеральными удобрениями в третий год действия извести коэффициент использования извести на увеличение суммы поглощенных оснований был ниже, чем в контроле на 10%, но увеличился на 27% по сравнению с первым годом действия извести.

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что известь, внесенная по 1 Нг на фоне длительного применения минеральных и органо-минеральных удобрений, не полностью расходуется на удаление ионов водорода из почвенного поглощающего комплекса луговой черноземовидной почвы.

Таким образом, длительное применение минеральных азотных и азотно-фосфорных удобрений увеличивает актуальную и обменную кислотности на 0,1 - 0,3 ед. рН, изменения проявляются в слое почвы 0 - 40 см и на 0,13 - 0,81 мг-экв. гидролитическую, изменения происходят на глубину до 60 см. Длительное применение повышенных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений снижает сумму поглощенных оснований кальция и магния, а так же степень насыщенности почв основаниями, изменения проявляются на глубину до 60 см.

Известь в первый год действия снизила актуальную кислотность на фоне минеральных систем удобрения на 0,5 - 0,6 ед., а

на фоне органо-минеральных удобрений на 0,4 ед., в третий год действия на 0,6 - 0,7 ед. рН. Под действием извести обменная кислотность снизилась на 0,2 - 0,5 ед. – в первый год и на 0,6-0,7 ед. – в третий год действия извести. Гидролитическая кислотность уменьшилась в первый год действия извести на 1,26 - 2,07 мг-экв., а в последствии на 1,82 - 2,09 мг-экв./100 г почвы. При внесении извести увеличилась сумма поглощенных оснований на 0,10 - 0,60 мг-экв. – в первый год и на 1,00 - 1,55 мг-экв./100 г почвы – в третий год действия извести. Действие извести увеличило степень насыщенности почвенного поглощающего комплекса основаниями на 4 - 7%, а последствие извести – на 7 - 8%. При этом расчетным путем определено, что известь на третий год действия не полностью расходуется на вытеснение ионов водорода из почвенного поглощающего комплекса луговой черноземовидной почвы. Коэффициенты использования извести на нейтрализацию гидролитической кислотности и повышение суммы поглощенных оснований в варианте без применения удобрений составили 48 и 40% соответственно. На фоне длительного применения удобрений наблюдается увеличение коэффициента на нейтрализацию гидролитической кислотности, но снижение коэффициента использования извести на повышение суммы поглощенных оснований, что, на наш взгляд, свидетельствует о качественном изменении почвенного поглощающего комплекса при длительном применении минеральных азотно-фосфорных удобрений.

Глава 3. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА ФОНЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Вопросы влияния длительного применения удобрений на свойства почв в зарубежных странах и западной части России изучены в большей степени, несмотря на то, что имеются разногласия. Публикаций, освещающих изменение свойств почв при длительном применении удобрений, на Дальнем Востоке и в частности на территории Приамурья недостаточно, что связано с малым количеством длительных стационарных опытов в регионе.

Первые исследования агрохимических свойств почв юга Дальнего Востока относятся к началу XX в., они носят фрагментарный характер, из них следует, что большинство почв региона являются кислыми и малогумусными (Агрохимия почв..., 2001). Все почвы Зейско-Буреинской равнины содержат в верхнем гумусовом горизонте значительное количество общего фосфора, но, как и почвы Хабаровского края, бедны подвижными фосфатами (Басистый В.П., 1987; Прокопчук В.Ф., 2003). Систематическое применение повышенных доз азотно-фосфорных и органо-минеральных удобрений на луговой черноземовидной почве увеличивало содержание подвижного фосфора более чем в два раза (Степкина Р.Н., 1988, 2001; Наумченко Е.Т., 2000, 2006). В то время как длительное применение одних азотных удобрений снижало подвижность фосфора на 17 - 23% по отношению к контрольному варианту, изменения происходили на глубину до 60 см (Прокопчук В.Ф., 2001, 2003).

Калийный режим почвы зависит от гранулометрического состава и гидротермических условий. При систематическом применении калийных удобрений зависимость содержания обменного калия от гидротермических условий снижается (Басистый В.П., 1987). Все почвы Зейско-Буреинской равнины содержат большое количество калия в гумусовом горизонте (Агрохимическая характеристика ..., 1967; Прокопчук В.Ф., 2001). Так, в длительном стационарном опыте на луговой черноземовидной почве содержание обменного калия было стабильно высоким (179 - 189 мг/кг почвы), повышалось в вариантах с применением калийных удоб-

рений и органо-минерального комплекса (Наумченко Е.Т., 2004). В то время как длительное применение повышенных доз азотно-фосфорных минеральных удобрений снижало содержание обменного калия на 11%, изменения прослеживались на глубину до 40 см (Прокопчук В.Ф., 2001; Абросимова, 2005).

Показателем высокого плодородия и окультуренности почв является содержание в них органического вещества. От его запасов и состава зависят основные свойства почвы. Выращивание сельскохозяйственных культур без применения удобрений приводило к уменьшению запасов органического вещества в лугово-бурой оподзоленной почве (Федоров А.А., 1987; Сидорова Г.М., 1996). Применение одних азотных удобрений на луговой черноземной почве снижало содержание гумуса на 0,10% по сравнению с контролем, за восемь ротаций пятипольного севооборота, при этом длительное применение повышенных доз азотно-фосфорных удобрений увеличивало этот показатель (Наумченко Е.Т., 2006). К тому же на фоне длительного применения минеральных удобрений в пахотном и подпахотном слоях почвы возрастала доля фульвокислот (Прокопчук В.Ф., 2001). По данным Г.М. Сидоровой (1996) и А.А. Федорова (1987), систематическое применение минеральных удобрений приостанавливало процесс снижения содержания гумуса за счет увеличения количества пожнивных и корневых остатков, при внесении навоза содержание гумуса увеличивалось на 20%, при совместном внесении навоза и минеральных удобрений – на 20,3%.

Данные российских исследователей свидетельствуют о том, что систематическое внесение физиологически кислых форм минеральных удобрений приводило к ухудшению агрохимических свойств чернозёмов, серых лесных и дерново-подзолистых почв. Негативное влияние внесения высоких доз минеральных удобрений нередко ослаблялось внесением извести и органических удобрений.

В литературе о влиянии извести на изменение содержания подвижного фосфора имеются противоречивые данные. Так, А.Г. Гуменюк (1973) и Н.Е. Стрельченко (1973) отмечали, что известкование снижало содержание подвижного фосфора в почве. По данным Г.Е. Гришина (2002), внесение углекислого кальция не влияло на содержание усвояемых фосфатов. Положительное

влияние извести на повышение содержания легкодоступного фосфора в почве отмечали многие исследователи (Грицун А.Т., 1964; Дука В.И., 1972; Кулаковская Т.Н., 1978). Известкование в комплексе с минеральными и органическими удобрениями так же увеличивало в почве содержание подвижного фосфора (Белоцветова О.Ю., 1997; Ермолина, 1999; Горчев А.А., 1999; Нестеров А.А., 2000). Аналогичные данные были получены в длительных стационарных опытах в условиях Приморского края А.А. Федчуном (1997) и в условиях Амурской области И.Г. Ковшиком (1982).

Многолетними опытами А.Т. Грицуна (1964) доказано, что известь, внесенная в дозе 1 гидролитической кислотности, увеличивала содержание нитратного азота. По данным А.А. Федчуна (1988), известкование увеличивало содержание нитратного азота в буро-подзолистой и лугово-бурой оподзоленной почве при благоприятных погодных условиях. Однако уже в следующем году под воздействием длительного переувлажнения содержание нитратов в почве резко снизилось. Аналогичные данные, о зависимости содержания подвижных форм азота от сложившихся погодных условий были получены А.А. Моисеевым (2006) при известковании чернозёма выщелоченного. Внесение извести совместно с минеральными и органическими удобрениями оказывает более благоприятное влияние на содержание азота в почве. Так, при внесении минеральных удобрений совместно с известью (10,8 т/га) содержание нитратного азота увеличивалось на 2,2 мг/100 г почвы по сравнению с неизвесткованной почвой. Наибольшая мобилизация нитратов наблюдалась по фону органических и минеральных удобрений (до 8,1 мг/100 г почвы против 1,6 в контроле). Увеличение содержания нитратов в почве происходило прямо пропорционально дозе внесенной извести (Известкование кислых ..., 1985). По данным Н.А. Пенчуковой (1976), при совместном применении минеральных удобрений и извести на луговой глееватой почве содержание минерального азота увеличивалось на 7 мг/100 г почвы по сравнению с вариантами, где вносили только минеральные удобрения. Однако исследованиями В.Ф. Прокопчук (2001) было выяснено, что известкование и внесение органических удобрений (навоз) в 1-й год действия вызывают вспышку микробиологической активности и увеличивают содер-

жание минерального азота. Но на 5-й год после разового внесения в почву как извести, так и органических удобрений содержание минеральных форм азота значительно снижается. При известковании в почве создаются благоприятные условия для развития микроорганизмов, это ускоряет разложение навоза в почве, а, следовательно, и использование питательных веществ, содержащихся в нем (Федоров А.А., 2001).

Вопрос калийного питания при известковании кислых почв является дискуссионным. По данным Т.Н. Кулаковской (1970), известкование дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы не изменяло содержание обменного калия в пахотном горизонте по сравнению с неизвесткованной почвой. Подобные данные были получены Г.Е. Гришиным (2002) и В.Г. Небытовым (2004) при известковании чернозёма выщелоченного тяжелосуглинистого. Калийный режим в тяжелосуглинистых почвах Хабаровского края так же существенно не изменялся при известковании. По мнению Л.А. Лебедевой (1990), внесение извести совместно с полным минеральным удобрением на дерново-подзолистой почве увеличивало содержание обменного калия в пахотном горизонте на 5,6-11,4 мг/100 г почвы по отношению к неизвесткованной почве. Аналогичные данные об увеличении содержания обменного калия были получены Г.Т. Шморгуновым (2001) и Н.Т. Чеботаревым (2008) при внесении извести по фону систематического применения минеральных удобрений на подзолистой и дерново-подзолистой почвах. Однако внесение извести на лугово-бурой оподзоленной и луговой глееватой почвах снижало содержание обменного калия, причем снижение происходило как от одной извести, так и от совместного внесения ее с минеральными и органическими удобрениями (Грицун А.Т., 1964; Пенчукова Н.А., 1976).

Действие извести на органическое вещество почв неоднозначно. С одной стороны, известкование увеличивало количество растительных корневых и пожнивных остатков, с другой, стимулировало микрофлору, разлагающую органическое вещество. В выщелоченном чернозёме и дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в результате этих процессов содержание гумуса практически не изменялось, но отмечалось уменьшение содержания фульвокислот и увеличение гуминовых кислот (Небольсин А.И., 1990; Небольсин А.Н., 1998; Сафонов А.Ф., 2002; Ермолаев С.А.,

2005; Косолапова А.И., 2005; Надежкин С.М., 2006). Противоположные данные А.Т. Грицуна (1964) и Н.Е. Завьяловой (2004) свидетельствуют, что внесение извести без удобрений снижало содержание гумуса в лугово-бурой оподзоленной и дерново-подзолистой почве. В то время как известкование на фоне удобрений способствовало увеличению содержания гумуса в дерново-подзолистой тяжелосуглинистой и среднесуглинистой почвах (Костюкевич Л.И., 1990; Трофимов С.Н., 1997; Канзываа С.О., 2000; Чеботарев Н.Т., 2008). По мнению Н.Е. Завьяловой (2005), увеличение содержания гумуса от совместного применения извести и удобрений происходило не только в пахотном, но и в подпахотном слое, в основном за счет миграции водорастворимых форм органического вещества. По данным А.А. Федорова (2001), А.М. Пестрякова (2002), внесение извести и удобрений увеличивало разрушение гумуса в результате интенсивно протекающей микробиологической деятельности. Исследованиями В.Ф. Прокочук (2001) доказано, что в бурой лесной почве на 6-й год после внесения извести содержание гумуса снизилось на 10% относительно контроля.

Известкование кислых почв, являясь приёмом коренного улучшения и повышения эффективности их плодородия, имеет свои особенности в каждой почвенно-климатической зоне. Внесение извести неоднозначно влияет на содержание азота, фосфора и калия. Применение извести совместно с минеральными и органическими удобрениями улучшает азотный, фосфорный и калийный режимы почв, но одновременно увеличивает минерализацию.

Публикаций по исследованию влияния извести и удобрений на свойства луговой черноземовидной почвы в условиях Амурской области недостаточно, при этом нет исследований по влиянию извести на свойства почв на фоне длительного применения удобрений.

В наших исследованиях на сорок четвертый год после закладки стационарного опыта в образцах почвы, отобранных во второй половине лета (после выращивания пшеницы), в среднем по трём закладкам содержание остаточного минерального азота в контрольном варианте в пахотном слое составило 37,0 мг/кг (табл. 6). В последствии длительного применения удобрений

содержание минерального азота в пахотном слое (0 - 20 см) было выше во всех вариантах опыта на 2,8 - 4,7 мг/кг почвы по сравнению с контролем, что составляет 6 - 10 кг/га азота.

Таблица 6

Содержание минерального азота и обменного калия в зависимости от длительного применения удобрений, в среднем за 2006 – 2008 гг.

№ варианта	Вариант*	Внесено под пшеницу	Глубина, см	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	N _{мин.}	K ₂ O
				мг/кг почвы			
1	Контроль (без удоб- рений)	0	0 - 20	11,1	25,9	37,0	178
			20 - 40	6,3	18,8	25,1	161
			40 - 60	4,6	19,3	23,9	162
3	N ₂₄	0	0 - 20	11,4	30,1	41,5	178
			20 - 40	6,6	23,7	30,3	157
			40 - 60	4,2	18,6	22,8	167
4	N ₂₄ P ₃₀	0	0 - 20	11,6	28,2	39,8	174
			20 - 40	6,5	22,3	28,8	155
			40 - 60	4,5	21,0	25,5	165
6	N ₄₂ P ₄₈	0	0 - 20	11,3	30,4	41,7	164
			20 - 40	8,7	25,4	34,1	155
			40 - 60	4,8	18,9	23,7	160
9	N ₂₄ P ₃₀ + навоз 4,8 т	0	0 - 20	12,1	28,1	40,2	210
			20 - 40	6,7	22,0	28,7	171
			40 - 60	4,4	19,5	23,9	164

Примечание: * среднегодовая нагрузка удобрений на 1 га севооборотной площади

На фоне применения N₂₄ и N₂₄P₃₀ на 1 га севооборотной площади осеннее содержание минерального азота в подпахотном слое (20 - 40 см) почвы было выше на 5,2 и 3,7 мг/кг почвы соответственно по сравнению с контролем. В вариантах с длительным применением повышенных доз минеральных (N₄₂P₄₈) и органо-минеральных (N₂₄P₃₀+навоз 4,8 т) удобрений содержание остаточного минерального азота в слое почвы 20 - 40 см также было выше на 9,0 и 3,6 мг/кг почвы соответственно дозам удобрений по сравнению с неудобренным вариантом. В слое почвы ниже 40 см осеннее содержание минерального азота находилось в пределах значения варианта без применения удобрений.

В вегетационно-полевом опыте в среднем за 2006–2007 гг. после тщательного перемешивания почвы содержание остаточного минерального азота в контрольном варианте составило 28,7 мг/кг почвы (табл. 7).

Таблица 7

Химические свойства почвы в зависимости от известкования и длительного применения удобрений, в среднем за 2006–2007 гг. (1-й год действия извести)

№ варианта	Вариант*	Содержание азота, мг/кг почвы			P ₂ O ₅ **	P ₂ O ₅ ***	K ₂ O	Гумус
		N-NO ₃	N-NH ₄	N _{мин.}	мг/л	мг/кг		%
1	контроль	<u>10,4</u>	<u>18,3</u>	<u>28,7</u>	<u>0,096</u>	<u>32</u>	<u>217</u>	<u>4,43</u>
		11,6	23,6	35,2	0,076	30	200	4,47
3	N ₂₄	<u>8,5</u>	<u>20,4</u>	<u>28,9</u>	<u>0,095</u>	<u>28</u>	<u>213</u>	<u>4,47</u>
		9,3	24,9	34,2	0,067	25	204	4,36
4	N ₂₄ P ₃₀	<u>8,8</u>	<u>19,1</u>	<u>27,9</u>	<u>0,143</u>	<u>52</u>	<u>203</u>	<u>4,50</u>
		8,6	26,1	34,7	0,134	53	195	4,51
6	N ₄₂ P ₄₈	<u>11,7</u>	<u>21,9</u>	<u>33,6</u>	<u>0,243</u>	<u>82</u>	<u>197</u>	<u>4,46</u>
		8,6	25,3	33,9	0,212	86	183	4,38
9	N ₂₄ P ₃₀ + навоз 4,8 т	<u>10,0</u>	<u>20,7</u>	<u>30,7</u>	<u>0,227</u>	<u>70</u>	<u>231</u>	<u>4,57</u>
		11,0	22,0	33,0	0,201	79	218	4,58

Примечание: над чертой – длительное применение удобрений (фон), под чертой – с внесением извести; * среднегодовая нагрузка удобрений на 1 га севооборотной площади; ** подвижность фосфора по методу Н.П. Карпинского и В.Б. Замятиной; *** подвижный фосфор по методу А.Т. Кирсанова

Применение только одних азотных удобрений в среднегодовой дозе N₂₄ и применение такой же дозы совместно с фосфорными удобрениями (N₂₄P₃₀ на 1 га севооборотной площади) не влияло на содержание минерального азота, определенного после уборки сои. Отсутствие действия минеральных удобрений на содержание остаточного минерального азота в почве может быть обусловлено более активным его потреблением микроорганизмами. В вариантах с длительным применением повышенных доз азотно-фосфорных минеральных и органо-минеральных удобрений содержание остаточного минерального азота было выше на 4,9 и 2,0 мг/кг почвы, что составило 10 и 4 кг/га азота соответственно, по сравнению с контрольным вариантом. Такое увеличение свидетельствует о том, что содержание минерального азота в почве в большей степени зависело от дозы удобрений. По дан-

ным В.Ф. Прокопчук (1990), увеличение содержания минерального азота происходит пропорционально дозе внесенных удобрений.

В среднем за 2008–2009 гг. в вегетационно-полевом опыте после предшественника пшеницы весеннее содержание минерального азота в удобренном варианте составило 17,0 мг/кг почвы (табл. 8).

Таблица 8

Химические свойства почвы в зависимости от известкования и длительного применения удобрений, среднее за 2008–2009 гг. (3-й год действия извести)

№ варианта	Вариант*	Содержание азота, мг/кг почвы			P ₂ O ₅ **	P ₂ O ₅ ***	K ₂ O	Гумус
		N-NO ₃	N-NH ₄	N _{мин.}	мг/л	мг/кг		%
1	контроль	<u>5,4</u> 6,7	<u>11,6</u> 10,6	<u>17,0</u> 17,3	<u>0,080</u> 0,055	<u>34</u> 33	<u>193</u> 185	<u>4,34</u> 4,41
3	N ₂₄	<u>5,8</u> 5,9	<u>11,0</u> 10,7	<u>16,8</u> 16,6	<u>0,065</u> 0,048	<u>26</u> 26	<u>198</u> 197	<u>4,27</u> 4,34
4	N ₂₄ P ₃₀	<u>5,7</u> 6,4	<u>10,4</u> 10,4	<u>16,1</u> 16,8	<u>0,124</u> 0,079	<u>49</u> 51	<u>190</u> 189	<u>4,32</u> 4,42
6	N ₄₂ P ₄₈	<u>4,9</u> 5,6	<u>11,6</u> 11,3	<u>16,5</u> 16,9	<u>0,229</u> 0,175	<u>76</u> 78	<u>180</u> 176	<u>4,30</u> 4,26
9	N ₂₄ P ₃₀ + навоз 4,8 т	<u>6,9</u> 6,2	<u>11,3</u> 11,9	<u>18,2</u> 18,1	<u>0,212</u> 0,141	<u>71</u> 75	<u>214</u> 213	<u>4,41</u> 4,52

Примечание: над чертой – длительное применение удобрений (фон), под чертой – с внесением извести; * среднегодовая нагрузка удобрений на 1 га севооборотной площади; ** подвижность фосфора по методу Н.П. Карпинского и В.Б. Замятиной; *** подвижный фосфор по методу А.Т. Кирсанова

Последствие длительного применения минеральных удобрений не повлияло на весеннее содержание минерального азота, а в варианте с органо-минеральными удобрениями этот показатель был выше на 1,2 мг/кг почвы по сравнению с контролем. Исследованиями, выполненными в 6-й и 8-й ротациях севооборота, было выяснено, что содержание подвижного фосфора при длительном применении минеральных и органо-минеральных азотно-фосфорных удобрений увеличивалось соответственно норме применения удобрений, достигнув максимума в варианте с ежегодной нагрузкой N₄₂P₄₈ на 1 га севооборотной площади (Прокопчук В.Ф., 2003; Наумченко Е.Т., 2006).

В наших исследованиях в длительном полевом опыте в конце девятой ротации севооборота эта закономерность сохраняется (рис. 7). В варианте с неудобренной почвой среднее по трем закладкам опыта содержание подвижного фосфора, определенное методом А.Т. Кирсанова, в слое почвы 0 - 20 см составило 40 мг/кг почвы.

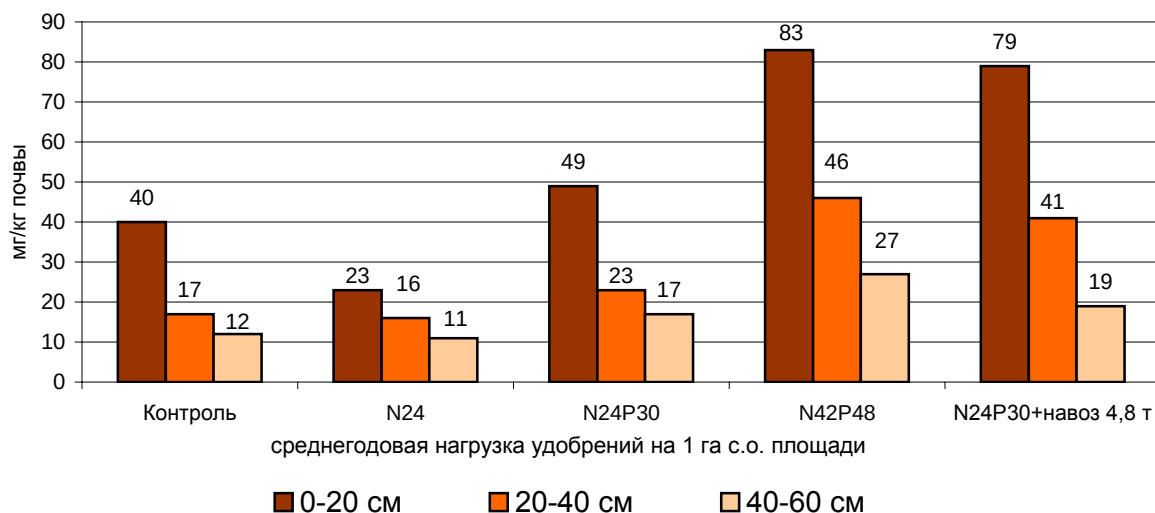


Рис. 7. Содержание P_2O_5 в зависимости от длительного применения удобрений, среднее за 2006–2008 гг.

На фоне длительного применения только одних азотных удобрений содержание подвижного фосфора в пахотном слое было ниже на 17 мг/кг почвы, по сравнению с контрольным вариантом. В варианте с длительным применением пониженных доз азотно-фосфорных удобрений содержание подвижного фосфора в слое почвы 0 - 20 см было выше на 9 мг/кг, а на фоне применения повышенных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений – на 43 мг/кг почвы, по сравнению с контрольным вариантом. В варианте, где часть минеральных удобрений заменена эквивалентным количеством органических (навоз 4,8 т), содержание кислотно-растворимого фосфора в пахотном слое было выше на 39 мг/кг почвы, по сравнению с вариантом, где удобрения не применялись. Изменение содержания подвижного фосфора при внесении удобрений происходит не только в пахотном, но и в ниже лежащих слоях почвы. Так, на фоне длительного применения $N_{24}P_{30}$ содержание подвижного фосфора в слоях почвы 20 - 40 и 40 - 60 см было выше на 6 и 5 мг/кг почвы, на фоне $N_{42}P_{48}$ – на 29 и 15 мг/кг и на фоне $N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т – на 24 и

7 мг/кг почвы соответственно слоям почвы, по сравнению с вариантом без применения удобрений.

По мнению В.И. Никитишена (1984), причиной увеличения содержания фосфора ниже зоны его внесения может быть не только вымывание, но и биологический перенос его корнями растений. Эта версия была подтверждена исследованиями В.Ф. Прокопчук (2003) при изучении изменений фосфатного фонда луговой черноземовидной почвы на 37 год после начала применения удобрений.

По результатам наших исследований в вегетационно-полевом опыте как в конце девятой, так и в начале десятой ротации севооборота сохранилась та же закономерность содержания подвижного фосфора в почве в зависимости от нормы применения удобрений, что и после окончания пятой и восьмой ротации севооборота (Прокопчук В.Ф., 2001; Наумченко Е.Г., 2006). Так, на фоне длительного применения одних только азотных удобрений в дозе N_{24} на 1 га севооборотной площади в среднем за 2006–2007 гг. и 2008–2009 гг. содержание кислотно-растворимого фосфора составило 28 и 26 мг/кг почвы соответственно годам исследования. По данным И.Г. Ковшика (1983), такое содержание подвижного фосфора является критическим для почв Амурской области и может повлиять на формирование урожая сельскохозяйственных культур. На фоне длительного применения пониженных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений содержание подвижного фосфора было выше на 20 и 15 мг/кг почвы соответственно в первый и третий годы исследований, по сравнению с вариантами без применения удобрений. В среднем за 2006–2007 гг. и 2008–2009 гг. в варианте с максимальной среднегодовой нагрузкой – $N_{42}P_{48}$ содержание подвижного фосфора было выше на 50 и 42 мг/кг почвы соответственно по сравнению с контрольными вариантами. При внесении минеральных удобрений совместно с органическими в дозе $N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т на 1 га севооборотной площади содержание фосфора, определенного по методу А.Т. Кирсанова, за 2006–2007 гг. было выше на 38 мг/кг, а за 2008–2009 гг. – на 37 мг/кг почвы, по сравнению с контролем.

По мнению Н.Е. Стрельченко (1987) и А.А. Христенко (1998), содержание кислотно-растворимых форм фосфора не всегда отражает уровень обеспеченности растений этим элементом.

Более надежным диагностическим показателем являются методы, характеризующие концентрацию фосфора в почвенном растворе, в том числе метод Н.П. Карпинского и В.Б. Замятиной. В вегетационно-полевом опыте в среднем за 2006–2007 гг. подвижность фосфора определенная этим методом в неудобренном варианте составила 0,096 мг/л, что соответствует средней степени подвижности фосфатов. Длительное применение N_{24} на 1 га севооборотной площади не изменило подвижность фосфора (0,096 мг/л), а на фоне применения $N_{24}P_{30}$ – была выше на 0,047 мг/л по сравнению с контролем. Подвижность фосфора еще больше возросла с увеличением доз фосфорных удобрений. Так, на фоне $N_{42}P_{48}$ и $N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т на 1 га севооборотной площади увеличение произошло в 2,5 и 2,4 раза соответственно дозам удобрений по сравнению с контрольным вариантом.

В среднем за 2008–2009 гг. закономерность степени подвижности фосфора сохраняется по вариантам так же, как за 2006–2007 гг. В вариантах с последствием только одних азотных и пониженных доз азотно-фосфорных удобрений в слабосолевой раствор перешло соответственно 0,065 и 0,124 мг/л фосфора, а в вариантах с последствием повышенных доз минеральных и органоминеральных удобрений – 0,229 и 0,212 мг/л фосфора соответственно. То есть по этому показателю почва при увеличении нормы фосфорных удобрений переходит из средней в высоко обеспеченную легкодоступными растениям формами фосфора.

По данным В.Ф. Прокопчук (2001) и Р.Н. Степкиной (2001), на 20 - 35-й годы после закладки опыта на фоне длительного применения $N_{24}P_{30}$ и $N_{42}P_{48}$ на 1 га севооборотной площади среднее за вегетацию содержание обменного калия было ниже на 6 - 16 и 14 - 22 кг/га соответственно дозам удобрения, по сравнению с неудобренной почвой.

Несмотря на то, что калийные удобрения в изучаемых вариантах не используют, содержание подвижного калия в почве высокое. Это связано с наличием в минералогическом составе почв и почвообразующих пород минералов гидрослюд и монтмориллонита (Терентьев А.Т., 1969). Так, в варианте без применения удобрений длительного стационарного опыта, среднее содержание калия после выращивания пшеницы в слое почвы 0 - 20 см составило 178 мг/кг почвы, что подтверждает высокую обеспе-

ченность согласно градации по Российской Федерации. Последствие длительного применения N_{24} и $N_{24}P_{30}$ на 1 га севооборотной площади не изменило содержание подвижного калия, а на фоне $N_{42}P_{48}$ в пахотном слое стало ниже на 14 мг/кг почвы по сравнению с контрольным вариантом, что может быть обусловлено повышенным выносом его культурами севооборота. В варианте с органо-минеральными удобрениями содержание подвижного калия в пахотном слое было выше на 32 мг/кг почвы по сравнению с контролем. Такое увеличение обусловлено регулярным внесением навоза, в котором, по данным В.Т. Куркаева (2000), содержится около 6 кг/т подвижного калия. Изменения содержания подвижного калия наблюдаются на глубине до 40 см.

В вегетационно-полевом опыте в среднем за 2006–2007 и за 2008–2009 гг. прослеживается та же закономерность содержания подвижного калия по вариантам, что и в пахотном слое почвы длительного стационарного опыта. То есть содержание подвижного калия на фоне длительного применения повышенных доз азотно-фосфорных удобрений было ниже на 20 мг/кг почвы в среднем за 2006–2007 гг. и на 13 мг/кг почвы в среднем за 2008–2009 гг., по сравнению с вариантами без применения удобрений. В варианте с органо-минеральными удобрениями в 2006 – 2007 гг. содержание подвижного калия было выше на 14 мг/кг, а в 2008 – 2009 гг. – на 21 мг/кг почвы, по сравнению с контрольным вариантом.

Содержание гумуса в почве вегетационно-полевого опыта 2006–2007 гг. на фоне длительного применения минеральных удобрений изменялось незначительно, а на фоне совместного внесения минеральных удобрений с органическими (навоз 4,8 т/га) было выше на 0,14% по сравнению с вариантом без внесения удобрений. В среднем за 2008–2009 гг. на фоне длительного применения всех систем удобрения содержание гумуса находилось в пределах 4,27 - 4,41%, при этом превышений по сравнению с контрольным вариантом не выявлено.

Содержание остаточного минерального азота в первый год действия извести на фоне всех систем удобрения увеличилось на 2,3 - 6,8 мг/кг почвы, что, по нашему мнению, связано со вспышкой микробиологической активности и интенсивным разложением органического вещества, кроме варианта, где вносили повы-

шенные дозы минеральных азотно-фосфорных удобрений ($N_{42}P_{48}$), по сравнению с фоновыми вариантами.

В первый год действия извести в вариантах без применения удобрений и с одними только азотными удобрениями содержание подвижного фосфора снизилось на 2 - 3 мг/кг, а на фоне повышенных доз минеральных и органо-минеральных удобрений увеличилось на 4 - 9 мг/кг почвы по сравнению с фоновыми вариантами. При этом на фоне длительного применения всех систем удобрения снизилась подвижность фосфора на 0,009 - 0,031 мг/л, а также содержание обменного калия на 8 - 17 мг/кг почвы по сравнению с фоновыми вариантами. Это связано с замещением катионов калия в почвенном поглощающем комплексе катионами кальция.

В первый год действия извести на фоне длительного применения одних только азотных удобрений в дозе N_{24} на 1 га севооборотной площади содержание гумуса снизилось на 0,11% и не изменилось в остальных вариантах опыта по сравнению с фоном. По мнению В.И. Гуревич (2009), минимальные дозы минеральных удобрений обуславливают большую скорость минерализации почвенных запасов органического вещества. Это объясняется тем, что прохождение микробиологической деятельности в условиях значительного дефицита азота приводит к мобилизации азота, содержащегося в гумусе.

В третий год действия извести содержание в почве минерального азота изменялось по вариантам опыта от 16,6 до 18,1 мг/кг, обменного калия – от 176 до 213 мг/кг и подвижного фосфора – от 26 до 78 мг/кг почвы, при этом существенных изменений по отношению к фоновым вариантам не выявлено. Однако в последствии извести (3-й год после внесения) количество доступного растениям фосфора снизилось во всех вариантах опыта на 0,017 - 0,071 мг/л, что составило 35 - 50% по сравнению с фоновыми вариантами. По мнению И.Г. Ковшика (1976) и В.Ф. Прокочук (2000), под действием извести содержание доступного растениям фосфора снижается в связи с закреплением его в виде прочносвязанных фосфатов кальция. Полученные нами данные подтверждают теорию И.А. Шильникова (2008) о том, что оптимизация реакции среды в почве улучшает ее фосфатный и азотный режимы лишь на фоне удобрений.

Известь на третий год действия в вариантах без применения удобрений и с одними только азотными удобрениями не повлияла на содержание гумуса в почве, а на фоне длительного применения пониженных доз азотно-фосфорных ($N_{24}P_{30}$) и повышенных доз органо-минеральных удобрений ($N_{24}P_{30}$ +навоз 4,8 т) увеличила содержание гумуса соответственно на 0,10 и 0,11%, по сравнению с фоновыми вариантами.

Таким образом, длительное применение азотно-фосфорных удобрений повысило содержание подвижного фосфора, увеличение происходило соответственно дозе внесенных удобрений, при этом изменение его содержания отмечено на глубине до 60 см. Содержание минерального азота также увеличилось на фоне всех систем удобрения, однако содержание изменялось до глубины 40 см. Длительное применение одних только азотных удобрений в дозе N_{24} на 1 га севооборотной площади снизило до критического уровня содержание подвижного фосфора (26 - 28 мг/кг почвы) и его подвижность, а длительное применение повышенных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений снизило содержание подвижного калия в почве. Известкование снизило количество доступного растениям фосфора на фоне всех систем удобрения на 35 - 50%, но увеличило содержание гумуса на фоне длительного применения $N_{24}P_{30}$ и $N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т на 1 га севооборотной площади.

Глава 4. БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА ФОНЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Наряду с основными агрохимическими показателями уровня плодородия почвы, условий роста и развития растений важнейшим является биологическая активность почв. С ней связаны процессы синтеза и распада гумуса, минерализация вносимых в почву органических удобрений, пожнивно-корневых остатков возделываемых культур, перевод труднодоступных для растений элементов питания в доступную форму, трансформация вносимых в почву удобрений (Минеев В.Г., 1990). Изменения интенсивности биохимических процессов в почве чётко прослеживаются только при длительном систематическом применении удобрений. При разовом внесении удобрений эти изменения носят временный характер (Девятова Т.А., 2006).

Биологическая активность почв изменяется по сезонам, зависит от гидротермических условий и типа почвы (Демкина Т.С., 1998; Гушевило Ж., 1998; Дзюин Г.П., 2006; Ананьева Ю.С., 2007). Исследованиями Р.Н. Степкиной (2001) в длительном полевом опыте установлено, что луговые черноземовидные почвы Зейско-Буреинской равнины в весенний период обладают низкой биологической активностью. Наиболее интенсивно она протекает с середины июля по август. Кислотность также оказывает существенное влияние на биологические процессы в почве, так как микробиоценоз является наиболее чувствительным компонентом почвенной экосистемы (Дегтярева И.А., 2003; Пушкарева Н.Г., 2008). Исследованиями Е.В. Надежкиной (2001) в стационарных и микрополевых опытах установлено, что при снижении рН до 4,5 ед. ослабевала ферментативная активность чернозёма выщелоченного. По мнению Н.Г. Пушкаревой (2008), в кислой зоне рН биохимические механизмы в почве способствовали большему распаду гумуса. Подкисление дерново-подзолистой почвы в результате длительного применения минеральных удобрений способствовало размножению сапрофитных грибов (Минеев В.Г., 1990). По данным Г.М. Ширской (1996), в результате длительного применения минеральных азотно-калийных удобрений проис-

ходила перестройка в структуре микробного комплекса, численность микроскопических грибов возрастала в 1,5 - 2,6 раза, а количество сапрофитов и актиномицетов уменьшалось в 3 - 5 раз по сравнению с абсолютным контролем. При этом изменение природного микробного равновесия происходило на глубине до 40 см. Длительное применение высоких доз минеральных удобрений снижало численность бактерий и негативно влияло на микробиологическую активность выщелоченного чернозёма и дерново-подзолистой почвы (Башков А.С., 1989; Ремпе Е.Х., 1989; Минеев В.Г., 1991). Однако длительное применение минеральных удобрений на луговой черноземовидной почве в условиях Зейско-Буреинской равнины увеличивало численность микроорганизмов по сравнению с неудобренной почвой (Степкина Р.Н., 2001). Аналогичные данные, свидетельствующие об увеличении численности целлюлозоразлагающих и аммонифицирующих микроорганизмов от длительного применения минеральных удобрений, были получены на выщелоченном чернозёме (Котева В., 2002).

Исследованиями И.Ф. Храмцова (2002) и С.В. Куликова (2004) установлено, что на биологическую активность чернозёма выщелоченного и лугово-черноземной почвы наибольшее влияние оказывала обеспеченность почвы фосфором. При повышении содержания подвижного фосфора возрастала численность нитрифицирующих бактерий и нитрификационная способность почв. Внесение навоза на чернозёме южном также увеличило численность аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий, основная масса которых была сконцентрирована на глубине 10 - 30 см (Чуркина Г.Н., 1998). Однако данные, полученные в вегетационно-полевом опыте А.Г. Голубевой (1976), свидетельствуют о том, что увеличение нитратного азота в малокультуренной дерново-подзолистой почве отрицательно повлияло на нитрификационную способность.

Положительное влияние внесения минеральных удобрений совместно с навозом отмечено на выщелоченном чернозёме и дерново-подзолистых почвах, при этом увеличивалась численность всех групп микроорганизмов, усиливалась их деятельность, и как следствие, повышалась биологическая активность почвы (Ашаева Г.П., 1988; Башков А.С., 1989; Чуркина Г.Н., 1998; Завьялова Н.Е., 2006). Аналогичные данные, свидетельствующие об

увеличении активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов при внесении органо-минеральных удобрений, были получены Р.Н. Степкиной (2001) в длительном стационарном опыте на луговой черноземовидной почве. По данным Г.К. Солововой (2006), совместное внесение минеральных и органических удобрений неоднозначно влияло на коэффициент накопления гумуса в южном чернозёме, лимитирующим фактором было количество осадков. Так, во влажный год разложение гумусовых веществ преобладало над их накоплением.

Внесение известковых материалов, ослабляя почвенную кислотность, усиливает развитие и деятельность полезных для растений почвенных микроорганизмов (Федчун А.А., 1997). На количественные и качественные изменения микрофлоры при известковании указывали В.П. Басистый (1968), А.С. Башков (1989), В.Г. Минеев (1990), Е.В. Надежкина (2001), Л.Н. Щапова (2005). По данным Л.М. Рясинской (1973) и Л.Н. Щаповой (1998), большую часть микробного населения почв юга Дальнего Востока Российской Федерации представляли бактерии – 96 - 98%, грибы составляли 2 - 4% от общего содержания микроорганизмов в почве.

Все группы микроорганизмов по-разному отзывались на внесение извести в почву. Количество аммонифицирующих бактерий увеличивалось в известкованной почве до 6,7 - 6,9 млн./г почвы по сравнению с количеством в неизвесткованной почве – 5,1 млн./г почвы (Федчун А.А., 1997). Внесение извести подавляло жизнедеятельность микроскопических грибов, численность которых резко снижалась. По-видимому, снижение кислотности почвы отрицательно сказывалось на развитии данной группы микроорганизмов (Щапова Л.Н., 2005). Аналогичные данные были получены И.А. Дегтяревой (2003) и Г.П. Дзюиным (2006) при внесении извести по 1,0 и 1,5 дозе гидролитической кислотности на выщелоченном чернозёме и дерново-подзолистой почве. Снижение численности микроскопических грибов при известковании отмечали и другие исследователи (Карягина Н.Н., 1991; Минеев В.Г., 1995; Клебанович Н.В., 1998).

Численность бактерий, растущих на крахмало-аммиачном агаре, является наиболее четким показателем обеспеченности почвы элементами минерального питания. Особенно показатель-

ным является отношение численности бактерий, развивающихся на минеральном азоте и численности бактерий, использующих органические формы азота. С увеличением дозы извести величина соотношения становилась больше, что свидетельствует об усилении минерализационных процессов в почве (Федчуна А.А., 1997; Дзюин Г.П., 2006). По данным Е.В. Надежкиной (2001), при известковании возрастала не только численность микроорганизмов, утилизирующих органический азот, но изменялась и активность их ферментативных систем.

Важнейшим условием гумусонакопления является наличие в почве актиномицетов, которым принадлежит важная роль в процессе распада трудноразлагаемых остатков органической природы. Совместное внесение извести и органо-минеральных удобрений на дерново-подзолистой почве увеличивало содержание актиномицетов (Башков А.С., 1989; Дегтярева И.А., 2003). По данным Л.Н. Шаповой (2005), увеличение численности актиномицетов наблюдалось после исчезновения из органического вещества легкодоступных фракций и определялось качественным составом органических удобрений. Высокая численность этих организмов в вариантах, в которых навоз вносили вместе с известью, а также в вариантах без применения органических удобрений (известь, NPK) способствовала интенсивному разложению гумуса, что подтверждалось низким его содержанием в соответствующих вариантах опыта. По мнению Н.Г. Пушкаревой (2008), обеднение кислой почвы соединениями углерода сопровождается интенсивным выделением CO_2 , что свидетельствует о более полном биологическом «сгорании» в ней органических веществ. Известкование серой лесной почвы повышало содержание CO_2 в почвенном воздухе (Гушевилов Ж., 1998). Аналогичные данные были получены И.А. Дегтяревой (2003) при внесении как одной извести, так и совместно с минеральными удобрениями. Известно, что существует прямая зависимость между величиной pH и энергией разложения органического вещества: при повышении значения pH количество выделявшегося CO_2 увеличивалось. Причем наиболее ярко эта закономерность прослеживалась в первый месяц закладки компостов, на второй эти закономерности сглаживались, а на третий месяц они почти не наблюдались, что объясняется ослаблением микробиологической деятельности (Федчун А.А., 1997).

Внесение минеральных удобрений на кислых почвах приводит к снижению биологической активности почв и изменению микробиоценоза – уменьшению численности некоторых агрономически полезных групп микроорганизмов и увеличению количества грибов, что обусловлено повышением кислотности почвы. При известковании негативное влияние минеральных удобрений на микрофлору почв проявляется слабее, при этом биологическая активность почвы повышается. Внесение минеральных удобрений совместно с навозом способствует повышению биологической активности почв благодаря усилению в них микробиологических процессов.

Слабая степень изученности влияния минеральных и органических удобрений на микробиологические процессы, происходящие в луговой черноземовидной почве, не даёт должного представления об изменении биологических свойств почвы. В этой связи крайне необходимо изучить действие длительного применения удобрений на биологическую активность почвы в условиях Приамурья. При этом нет исследований влияния известки на фоне длительного применения удобрений на биологические свойства луговой черноземовидной почвы.

4.1. Углерод микробной биомассы

Изучение почвенной микрофлоры и мониторинг этой важнейшей части почвенного покрова при его сельскохозяйственном использовании является актуальным и практически значимым (Паринкина О.М., 1995). Изменения интенсивности биохимических процессов в почве чётко прослеживаются только при длительном систематическом применении удобрений (не менее 10 лет). При их разовом внесении эти изменения носят временный характер (Девятова Т.А., 2006).

В наших исследованиях в почве вегетационно-полевого опыта, отобранной 04.10.2006 г. и 06.10.2007 г., содержание углерода микробной биомассы различалось по вариантам, при этом результаты исследований по годам существенно не изменялись, поэтому на рисунке 5 (а) приведено его среднее значение за два года.

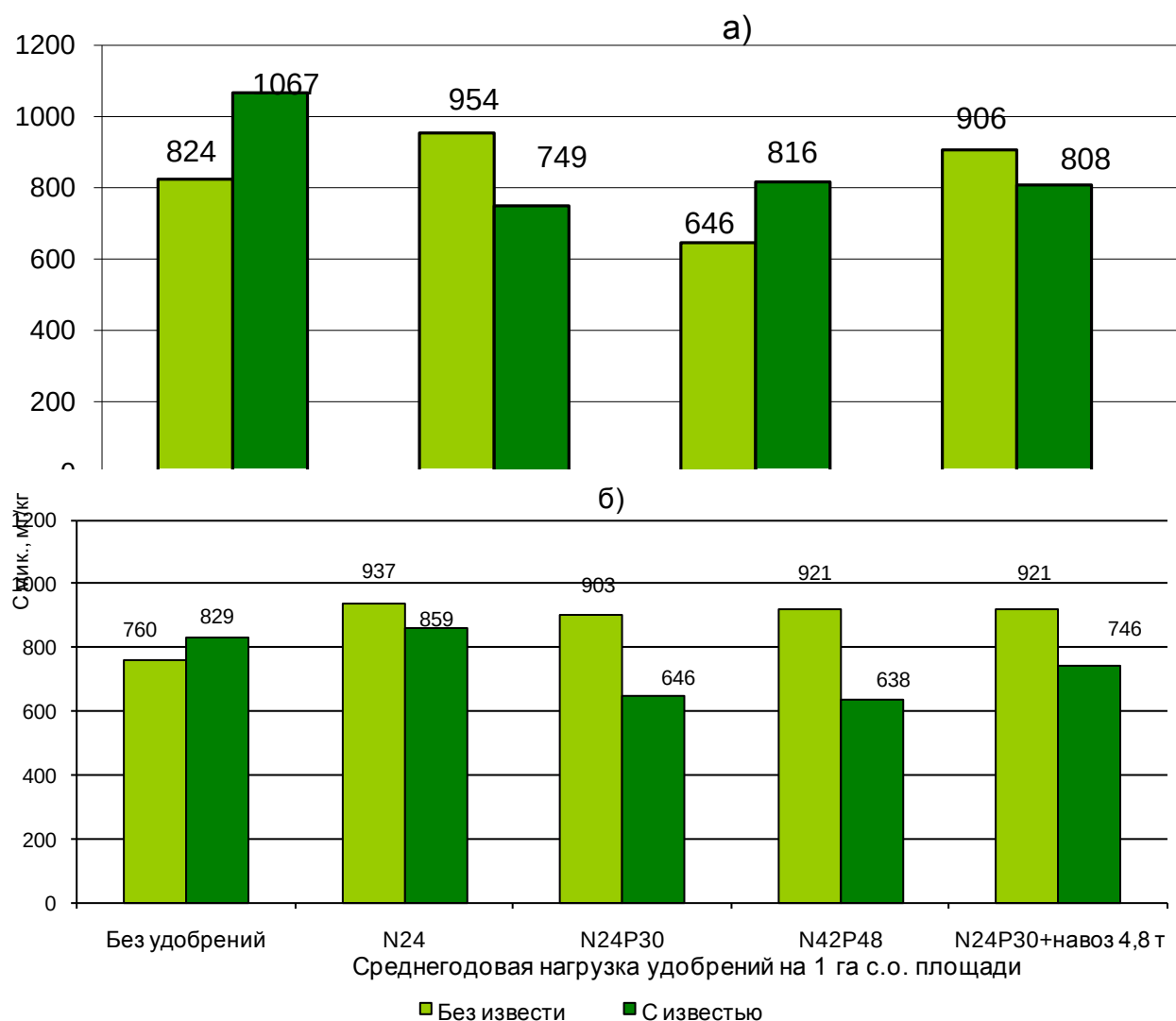


Рис. 5. Углерод микробной биомассы в почве в зависимости от известкования на фоне длительного применения удобрений:
 а) в среднем за 2006–2007 гг., 1-й год действия извести;
 б) 2008 г., 3-й год действия извести

После выращивания 4-й культуры севооборота (сои) содержание углерода микробной биомассы в почве контрольного варианта составило 824 мг/кг почвы, а на фоне длительного применения одних только азотных удобрений в дозе N₂₄ на 1 га севооборотной площади данный показатель был выше на 130 мг/кг почвы. Такое увеличение может быть связано с отсутствием прямого действия азотных удобрений, так как в данном варианте под сою азотные удобрения не вносились. На фоне длительного применения пониженных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений в среднегодовой дозе N₂₄P₃₀, при непосредственном внесении под культуру P₆₀ на 1 га севооборотной площади, содержание углеро-

да микробной биомассы составило 646 мг/кг почвы, что на 28% меньше значения контрольного варианта.

Полученные в среднем за 2006 – 2007 гг. данные свидетельствуют о том, что применение пониженных доз минеральных удобрений способствует снижению общего числа жизнеспособных клеток микроорганизмов в почве. Аналогичные результаты по снижению численности микроорганизмов при внесении умеренных доз минеральных удобрений на дерново-подзолистых почвах были получены Л.В. Яковлевой (2009). По мнению О.М. Паринкиной (1995), уменьшение микробной биомассы в структуре органического вещества почв пашни отражает нарушение сложившегося в экосистеме равновесия.

В наших исследованиях увеличение дозы минеральных азотно-фосфорных удобрений до $N_{42}P_{48}$ на 1 га севооборотной площади, как и в варианте с одними только азотными удобрениями, немного повысило содержание углерода микробной биомассы. По нашему мнению, увеличение биомассы микроорганизмов происходит за счет повышения численности микроскопических грибов, которые лучше развиваются в кислой среде. Аналогичные данные были получены Л.А. Карягиной (1991), Т.А. Девятовой (2006). На фоне длительного применения минеральных удобрений совместно с органическими содержание углерода микробной биомассы было на уровне значения контрольного варианта (без применения удобрений).

В 2008 г. определение углерода микробной биомассы выполняли в почве, отобранной 23 мая перед посевом однолетних трав (соя+овес). В результате сложившихся гидротермических условий содержание углерода микробной биомассы в почве контрольного варианта составило 760 мг/кг почвы, а в вариантах с внесением минеральных и органо-минеральных удобрений оно было несколько выше (903 - 937 мг/кг почвы) и практически не изменялось по вариантам (рис. 5). Возможно, это результат весеннего отбора почвы и влияние предшествующей культуры (пшеницы). По данным Ю.М. Возняковской (1994), возделывание пшеницы способствует развитию фитопатогенных грибов за счет поступления в почву побочной продукции, которая содержит до 60% трудногидролизуемой фракции углеродсодержащих веществ.

В первый год действия извести (в среднем за 2006–2007 гг.) в варианте без применения удобрений содержание углерода микробной биомассы возросло на 243 мг/кг почвы относительно фонового варианта, что свидетельствует об увеличении общего числа жизнеспособных клеток микроорганизмов. В результате наблюдений исследователями установлено стимулирующее действие извести на микрофлору почвы (Федчун А.А., 1997; Щапова Л.Н., 2005). Однако в наших исследованиях известь в первый год действия на фоне длительного применения удобрений по-разному действовала на содержание углерода микробной биомассы в почве. Так, в варианте с одними только азотными удобрениями и повышенными дозами азотно-фосфорных удобрений отмечено снижение этого показателя соответственно на 205 и 98 мг/кг почвы по сравнению с фоновыми вариантами. Такое снижение содержания углерода микробной биомассы при известковании, возможно, связано с частичным сокращением численности микроскопических грибов, на которое указывают многие исследователи (Минеев В.Г., 1995; Клебанович Н.В., 1998; Полянская Л.М., 2005). Уменьшение количества и биомассы грибов в пахотных почвах, обусловленное изменением условий почвенной среды, является одной из важнейших причин уменьшения содержания гумуса (Паринкина О.М., 1995). В наших исследованиях в первый год действия извести в вариантах с длительным применением N_{24} и $N_{42}P_{48}$ на 1 га севооборотной площади содержание гумуса снизилось на 0,11 и 0,08% относительно фоновых вариантов (табл. 7).

Внесение извести на фоне длительного применения пониженных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений ($N_{24}P_{30}$) увеличило содержание углерода микробной биомассы на 170 мг/кг почвы относительно фонового варианта, то есть снизило отрицательное воздействие этой системы удобрений на состояние органического вещества почвы.

Внесение извести на фоне без применения удобрений с органо-минеральных удобрений ($N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т), и на фоне пониженных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений способствовало увеличению содержания углерода микробной биомассы на 97 мг/кг почвы, по сравнению с фоновым вариантом. Возможно, под действием извести происходит активизация мик-

рофлоры, участвующей в процессе синтеза гумуса, что положительно влияет на его содержание в почве.

В третий год действия извести в весенний период увеличение содержания углерода микробной биомассы на 69 мг/кг почвы произошло только в варианте без применения удобрений. На фоне длительного применения минеральных и органо-минеральных удобрений известь в третий год действия снизила содержание углерода микробной биомассы на 78 - 283 мг/кг почвы, по сравнению с фоновыми вариантами, и преобладающих в почвенной микрофлоре грибов. Причём, несмотря на высокое содержание элементов питания в почве, наибольшее снижение углерода микробной биомассы отмечено в вариантах с применением минеральных азотно-фосфорных удобрений. По мнению Л.М. Полянской (1997), уменьшение числа жизнеспособных клеток в почве, даже в отдельные периоды вегетации, является важным симптомом нарушения естественных процессов поддержания плодородия почв.

Таким образом, в почве, отобранной в осенний период, увеличение биомассы микроорганизмов отмечено на фоне одних только азотных и повышенных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений на 130 и 82 мг/кг почвы соответственно, а при отборе почвы в весенний период – содержание углерода микробной биомассы увеличилось на фоне всех систем удобрения на 143 – 177 мг/кг почвы. Стимулирующее действие извести в первый год после внесения отмечено на фоне без применения удобрений, применения пониженных доз азотно-фосфорных удобрений и внесения органо-минеральных удобрений – 243, 170 и 97 мг/кг почвы соответственно. В третий год действия извести в весенний период увеличение содержания углерода микробной биомассы на 69 мг/кг почвы произошло только в варианте без применения удобрений.

4.2 Нитрификационная способность почвы

Одним из надёжных методов прогнозирования действия азотных удобрений является метод определения нитрификационной способности почвы (Голубева А.П., 1970; Турчин Ф.В. 1972). Для изучения влияния извести на фоне длительного применения минеральных и органо-минеральных удобрений была определена нитрификационная способность почвы по методике С.П. Кравкова. Величина нитрификационной способности обуславливается интенсивностью биологических процессов, приводящих к образованию легкорастворимых минеральных форм азота, являющихся надёжными показателями обеспеченности почвы доступным для питания растений азотом (Аринушкина Е.В., 1970).

В результате серии лабораторных экспериментов с почвой, отобранной в вегетационно-полевом опыте после выращивания сои (2006–2007 гг.) и перед посевом однолетних трав (2008–2009 гг.), выявлены существенные различия нитрификационной способности почвы на фоне длительного применения минеральных и органо-минеральных удобрений. В среднем за 2006–2007 гг. исследований нитрификационная способность луговой черноземовидной почвы в варианте без применения удобрений составила 16,5 мг/кг, а за 2008–2009 гг. была ниже на 0,9 мг и составила 15,6 мг N-NO₃/кг почвы (табл. 11). По нашему мнению, это связано как с разным временем отбора почвы, так и с влиянием предшествующих культур. Исследованиями В.Ф. Прокопчук установлено, что при одновременном сроке отбора почвы нитрификационная способность луговой черноземовидной почвы после выращивания пшеницы несколько ниже, чем после выращивания сои (Отчет о научно-исследовательской..., 2000). Аналогичные данные о снижении нитрификационной способности на черноземной почве были получены Ю.М. Возняковской (1994) в Поволжье.

Длительное применение одних только азотных удобрений в дозе N₂₄ на 1 га севооборотной площади не повлияло на величину нитрификационной способности почвы как после выращивания сои, так и после пшеницы. Длительное применение такой же дозы азотных удобрений совместно с фосфорными (N₂₄P₃₀) увеличило относительно контрольного варианта нитрификационную способность почвы в среднем за 2006–2007 гг. после сои на 1,5 мг

N-NO₃/кг и не повлияло на эту величину в 2008–2009 гг. после пшеницы.

Таблица 11

Нитрификационная способность почвы в зависимости от известкования на фоне длительного применения удобрений, мг N-NO₃/кг почвы

№ варианта	Вариант*	Нитрификационная способность, в среднем					
		за 2006–2007 гг. (1-й год действия извести)			за 2008–2009 гг. (3-й год действия извести)		
		без применения извести	с применением извести	среднее значение	без применения извести	с применением извести	среднее значение
1	Без удобрений	16,5	18,2	17,4	15,6	16,1	15,9
3	N ₂₄	16,2	17,9	17,1	15,8	15,5	15,7
4	N ₂₄ P ₃₀	18,0	17,5	17,8	15,7	16,4	16,1
6	N ₄₂ P ₄₈	16,9	20,1	18,5	16,0	16,8	16,4
9	N ₂₄ P ₃₀ +навоз 4,8 т	18,6	19,0	18,8	17,8	17,9	17,9
В среднем по извести		17,2	18,5	-	16,2	16,5	-
НСР ₀₅		0,8		1,3	0,4		0,7
НСР ₀₅ част.		1,9		-	0,9		-

Примечание: * среднегодовая доза удобрений на 1 га севооборотной площади

Увеличение дозы минеральных азотно-фосфорных удобрений до N₄₂P₄₈ на 1 га севооборотной площади, как и применение одних только азотных удобрений не повлияло на нитрификационную способность почвы, определенную после выращивания сои и после пшеницы.

При замене части минеральных удобрений эквивалентной дозой органических (N₂₄P₃₀+навоз 4,8 т) нитрификационная способность почвы была выше на 2,1 мг в среднем за 2006–2007 гг., и на 2,2 мг N-NO₃/кг почвы в среднем за 2008–2009 гг. по сравнению с вариантом без применения удобрений. Аналогичные данные были получены В.Ф. Прокопчук (2002) при определении нитрификационной способности почвы в результате 30-летнего применения этой же дозы удобрений в стационарном полевом опыте. Полученные данные указывают на большие потенциальные возможности микрофлоры почвы в образовании нитратов, сложившиеся в результате систематического применения органо-минеральных удобрений как на 30-й, так и на 45-й год.

В первый год после внесения извести в варианте без применения удобрений нитрификационная способность почвы увеличилась на 1,7 мг N-NO₃/кг почвы, а на третий год действия извести увеличение было незначительным по сравнению с фоном. В варианте с длительным применением одних только азотных удобрений нитрификационная способность почвы в первый год после внесения извести увеличилась на 1,7 мг/кг по сравнению с фоном, а на третий год осталась на уровне фонового варианта. На фоне длительного применения пониженных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений в первый год действия извести не оказала влияния на нитрификационную способность почвы. Однако в третий год действия извести в этом варианте произошло достоверное на 5%-м уровне значимости увеличение нитрификационной способности на 0,7 мг/кг почвы по сравнению с фоновым вариантом. Внесение извести в 2006–2007 гг. на фоне длительного применения N₄₂P₄₈ на 1 га севооборотной площади увеличило нитрификационную способность почвы на 3,2 мг/кг по сравнению с фоном, а на третий год после внесения извести (2008–2009 гг.) отмечена лишь тенденция увеличения этой величины. По нашему мнению, увеличение образования нитратного азота при внесении извести связано с повышением содержания азота в органическом веществе почвы и с повышением скорости его минерализации.

В варианте, где минеральные удобрения применялись совместно с органическими (N₂₄P₃₀ + навоз 4,8 т), извести как в первый, так и в третий годы действия не оказала значительного влияния на нитрификационную способность.

Таким образом, достоверное увеличение нитрификационной способности луговой черноземовидной почвы на 2,1 мг отмечено только на фоне длительного применения органо-минеральных удобрений при весеннем отборе почвы после сои и на 2,2 мг N-NO₃/кг почвы при осеннем отборе почвы после выращивания пшеницы. Извести в первый год действия увеличила нитрификационную способность в варианте без применения удобрений и с одними только азотными удобрениями на 1,7 мг/кг почвы, а на фоне повышенных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений увеличение произошло на 3,2 мг/кг почвы. В третий год после внесения извести достоверное на 5%-м уровне значимости увеличе-

ние нитрификационной способности отмечено лишь на фоне с пониженными дозами минеральных азотно-фосфорных удобрений.

4.3 Азотминерализующая способность почвы

Внесение в почву минеральных удобрений оказывает существенное влияние не только на размеры вовлечения азота в биомассу растений, но и на основные процессы превращения азотных соединений в почве: фиксацию, иммобилизацию, минерализацию и денитрификацию (Никитишен В.И., 1984).

С целью повышения точности диагностики азотного режима почв была определена азотминерализующая способность почвы после выращивания 5-й культуры севооборота (пшеницы, в 2007–2008 гг.).

После компостирования почвы контрольного варианта без добавления удобрений азотминерализующая способность составила 10 мг N/кг почвы, а на фоне длительного применения одних только азотных удобрений она была в 2 раза выше (рис. 6, 7). Самая низкая минерализующая способность при компостировании без добавления удобрений отмечена в варианте с длительным применением $N_{24}P_{30}$ на 1 га севооборотной площади – 9,7 мг/кг почвы. На фоне длительного применения повышенных доз минеральных и органо-минеральных удобрений величина азотминерализующей способности почвы составила 11,2 и 13,8 мг N/кг почвы соответственно. В результате компостирования почвы с 10 мг азота удобрений в почве контрольного варианта и на фоне минеральных систем удобрения происходит иммобилизация азота, причем наибольшее закрепление азота отмечено в почве контрольного варианта – 13,9 мг N/кг почвы.

Решающую роль в иммобилизации азота в почве играют почвенные микроорганизмы. Аммонийный или нитратный азот поступая в микробные клетки не вовлекается в дальнейшие процессы внутриклеточного синтеза (Kieft, 1987). На фоне длительного применения органо-минеральных удобрений внесение 10 мг азота удобрения (что соответствует 24 кг азота на га) способствует образованию «экстра» азота в количестве 4,7 мг/кг почвы, что в пересчете составляет 12 кг азота на га.

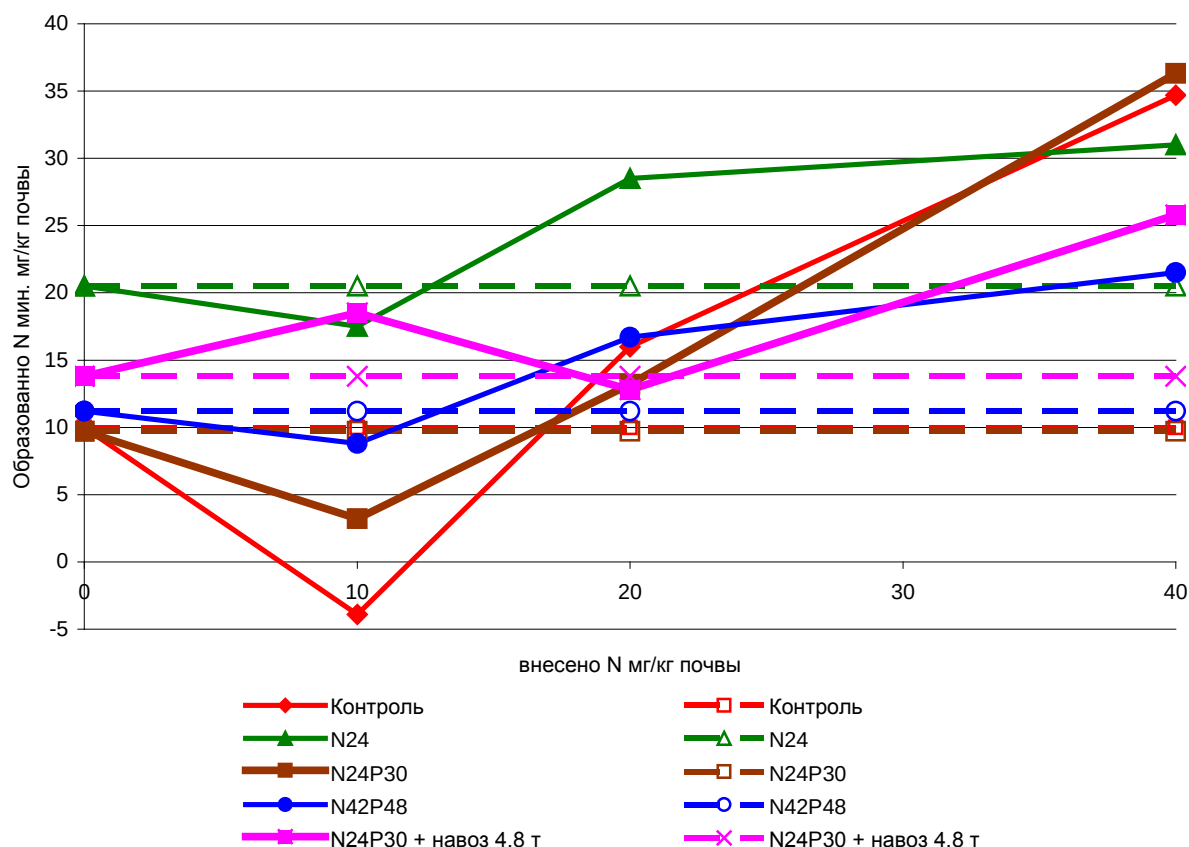


Рис. 6. Азотминерализующая способность почвы с внесением азотных удобрений (сплошная линия – образовалось $N_{\text{мин}}$ относительно исходного содержания за вычетом внесенной дозы; пунктирная линия – содержание $N_{\text{мин}}$ при компостировании без добавления удобрений), в среднем за 2007–2008 гг.

Внесение 10 мг фосфора удобрений не одинаково действовало на азотминерализующую способность почвы изучаемых вариантов. Так, в контрольном варианте и с длительным применением органо-минеральных удобрений величина минерализующей способности увеличилась на 3,7 и 2,6 мг N/кг почвы соответственно по сравнению с величиной без дополнительного внесения удобрений. На фоне длительного применения пониженных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений внесение 10 мг фосфора удобрений на 1 кг почвы не повлияло на азотминерализующую способность, а на фоне одних только азотных (N_{24}) и повышенных доз минеральных азотно-фосфорных ($N_{42}P_{48}$) удобрений – снизило минерализационную способность на 2,2 и 4,7 мг/кг почвы соответственно, относительно величины, где фосфорные удобрения не вносили.

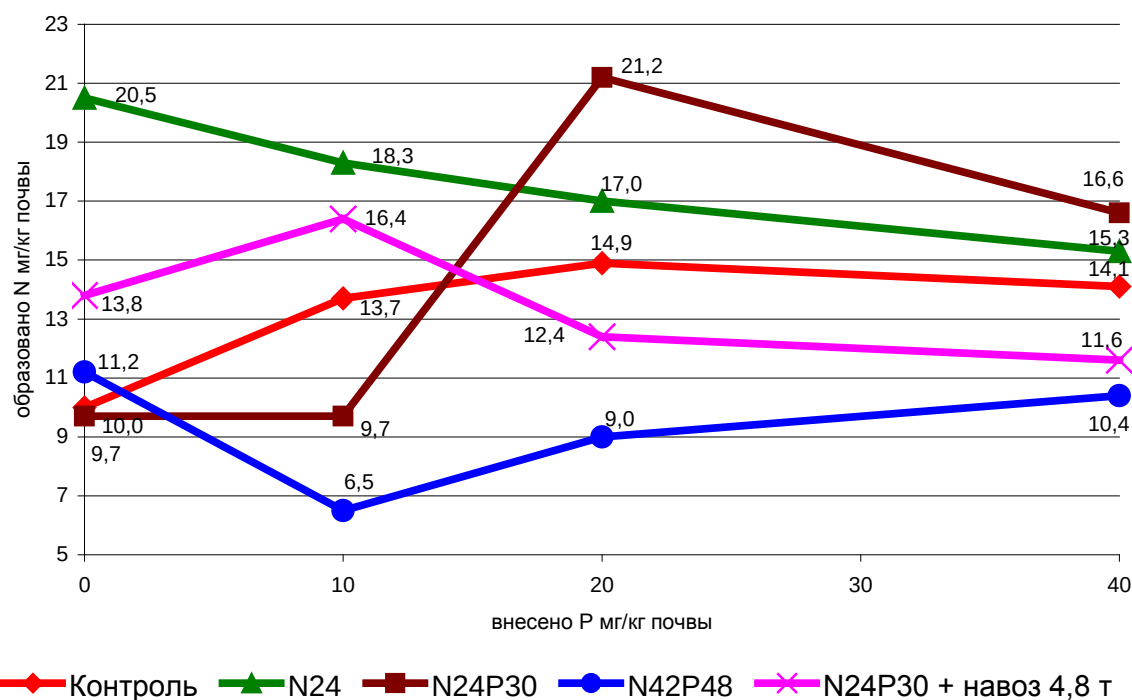


Рис. 7. Азотминерализующая способность почвы с внесением возрастающих доз фосфорных удобрений, в среднем за 2007–2008 гг.

Внесение 20 мг/кг азота удобрений увеличило азотминерализующую способность почвы на фоне всех систем удобрения на 3,5–8,0 мг/кг почвы, кроме варианта с длительным применением органо-минеральных удобрений, где внесение 20 мг азота удобрений на 1 кг почвы не повлияло на азотминерализующую способность относительно исходного содержания за вычетом внесенной дозы.

После компостирования почвы контрольного варианта с 20 мг фосфора удобрений закономерность увеличения минерализационной способности почвы сохранялась, величина минерализации возросла на 4,9 мг/кг почвы относительно значения, полученного в варианте, где фосфор удобрений не вносили. Увеличение азотминерализующей способности на 11,5 мг/кг при внесении 20 мг фосфора на 1 кг почвы, также отмечено в варианте с длительным применением пониженных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений. На фоне длительного применения N_{24} , $N_{42}P_{48}$ и $N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т внесение 20 мг фосфора удобрений снижало азотминерализующую способность почвы соответственно на 3,5; 2,2 и 1,4 мг/кг почвы по отношению к значениям, полученным в вариантах, где фосфор удобрений не вносили.

Увеличение внесенного в почву количества азота удобрений до 40 мг/кг сопровождалось образованием «экстра» азота в почве всех вариантов опыта от 10,3 до 26,6 мг/кг почвы, что в пересчете составляет 25 - 64 кг азота на 1 га, причем максимальное образование отмечено на фоне длительного применения пониженных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений ($N_{24}P_{30}$), а минимальное – повышенных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений ($N_{42}P_{48}$).

Внесение 40 мг фосфора удобрений на 1 кг почвы увеличило азотминерализующую способность в контрольном варианте на 4,1 мг и на фоне пониженных доз минеральных удобрений на 6,9 мг/кг почвы, но снизило эту величину в остальных вариантах опыта на 0,8 - 5,2 мг/кг почвы по сравнению с исходным содержанием.

Таким образом, внесение дополнительных малых (10 мг д.в./кг почвы) доз азотных и фосфорных удобрений снижает азотминерализующую способность почвы на фоне минеральных систем удобрения и увеличивает на фоне совместного применения минеральных удобрений с органическими ($N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т). Увеличение доз азота удобрений до 20 и 40 мг/кг почвы приводит к образованию «экстра» азота, увеличивая азотминерализующую способность на 3,5 - 26,6 мг/кг почвы. Увеличение дозы фосфорных удобрений до 20 и 40 мг/кг почвы также повышает этот показатель на фоне длительного применения минеральных азотно-фосфорных удобрений на 4,9 - 6,9 мг/кг почвы, но снижает на фоне длительного применения одних только азотных удобрений на 3,5 - 5,2 мг и на фоне органо-минеральных удобрений на 1,4 - 2,2 мг/кг почвы.

4.4 Целлюлозоразлагающая способность почвы

Процесс распада клетчатки, осуществляемый микроорганизмами, является одним из важнейших показателей плодородия почвы, который свидетельствует об активности почвенных процессов. Для наиболее полной характеристики биологической активности почвы этот процесс необходимо изучать в естественной среде, то есть в полевых условиях (Виноградский, 1955).

В 2007 г. в период выращивания сои целлюлозоразлагающая способность почвы в варианте без применения удобрений соста-

вила 23,9% (рис. 8). На фоне длительного применения минеральных и органо-минеральных удобрений наблюдалось достоверное снижение интенсивности разложения целлюлозы на 1,2 - 1,9% по сравнению с контрольным вариантом. В условиях вегетационно-полевого опыта 2008 года в варианте без применения удобрений целлюлозоразлагающая способность почвы была на 11,3% выше, чем 2007 года и составила 35,2%. Такое увеличение интенсивности разложения соломы, по-видимому, связано с увеличением влажности почвы в результате выпавших осадков в июле 2008 года.

В ранее выполненных исследованиях на луговой черноземной почве Г.К. Шелевым (1984) также было отмечено положительное влияние влажности почвы на целлюлозоразлагающую активность почвы. Влияние длительного применения одних только азотных удобрений проявилось в достоверном снижении целлюлозоразлагающей способности почвы на 1,6% по сравнению с контрольным вариантом. На фоне совместного внесения азотных и фосфорных удобрений отмечена тенденция к снижению интенсивности разложения целлюлозы. В 2009 г. на фоне всех систем удобрения целлюлозоразлагающая способность почвы находилась в пределах значения контрольного варианта (без применения удобрений) 33,3 - 34,5%.

Известь в первый год действия (2007 г.) в варианте без применения удобрений несколько снизила целлюлозоразлагающую способность почвы, а на фоне длительного применения одних только азотных удобрений увеличила её на 0,7%, по сравнению с фоновыми вариантами. Наиболее интенсивный процесс разложения соломы за 1 месяц экспозиции был отмечен при известковании на фоне длительного применения $N_{24}P_{30}$, разрушению подверглось на 1,7% соломы больше, чем в фоновом варианте.

Известкование на фоне повышенных доз минеральных удобрений практически не повлияло на активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов. Совместное применение извести и органо-минеральных удобрений способствовало увеличению разложения целлюлозы, убыль массы соломы составила 22,9%, что на 0,5% больше по сравнению с фоновым вариантом.

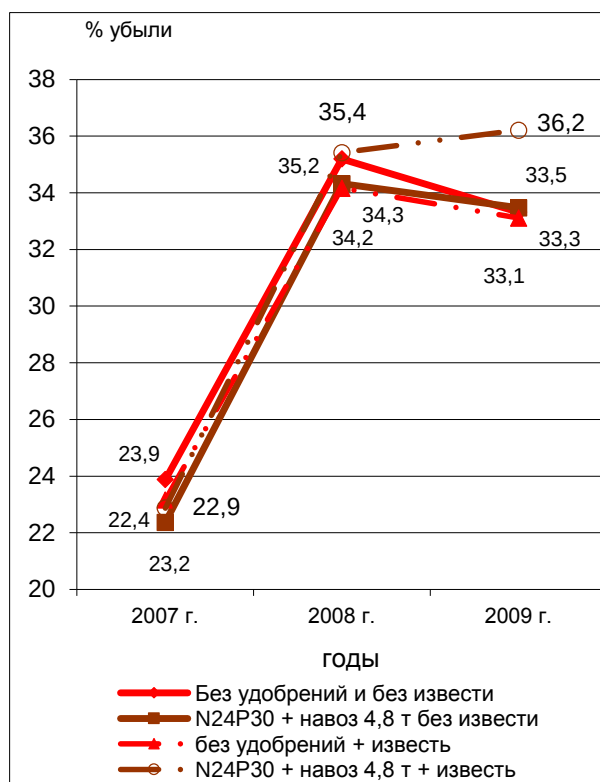
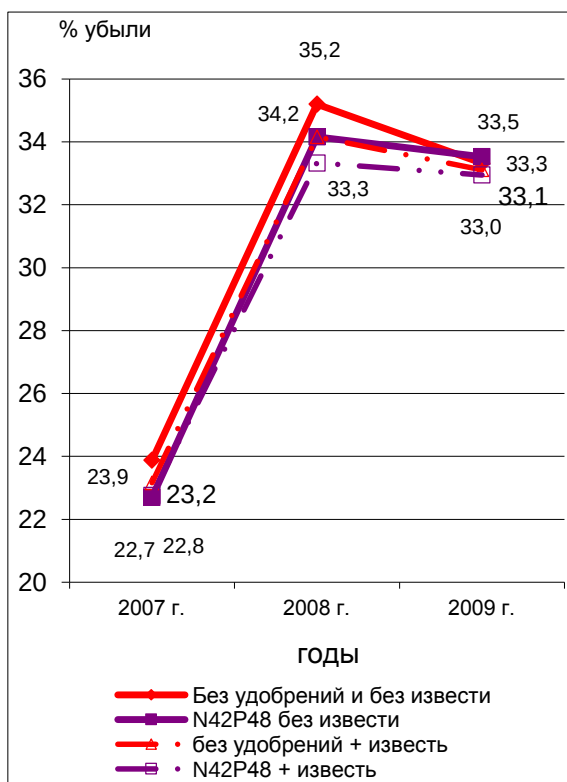
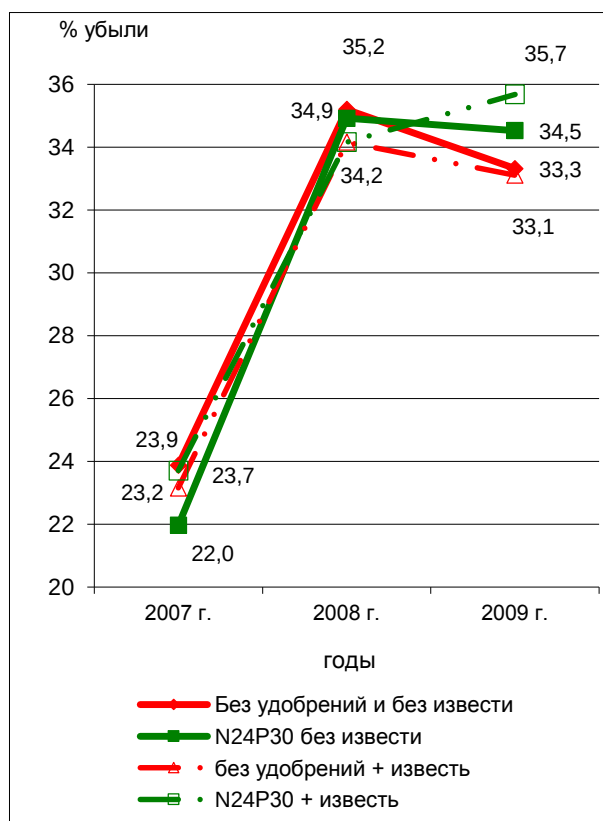
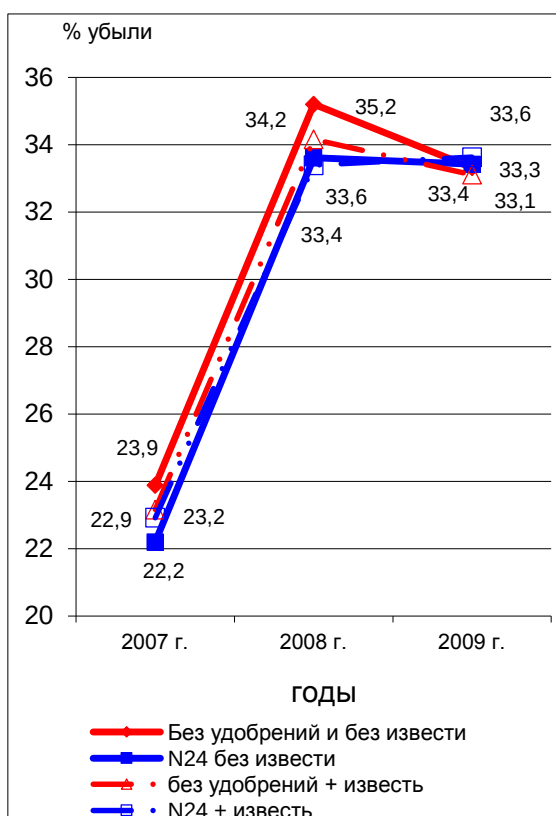


Рис. 8. Целлюлозоразлагающая способность почвы в зависимости от известкования на фоне длительного применения удобрений (2007 г. – после сои, 2008 г. – после пшеницы, 2009 г. – после однолетних трав), % убыли соломы

Во второй год действия извести (2008 г.) в варианте без применения удобрений интенсивность разложения целлюлозы снизилась на 1,0% по сравнению с фоновым вариантом. Известь во второй год действия незначительно снизила целлюлозоразлагающую способность почвы в варианте с одними азотными удобрениями и достоверно на 5%-м уровне значимости снизила этот показатель в вариантах с пониженными и повышенными дозами минеральных азотно-фосфорных удобрений на 0,7 и 0,9% соответственно, по сравнению с фоновыми вариантами. На фоне длительного применения органо-минеральных удобрений известь во второй год после внесения увеличила целлюлозоразлагающую способность почвы на 1,1% по сравнению с фоновым вариантом, что свидетельствует об усилении активности почвенных процессов.

На третий год после внесения извести интенсивность разложения целлюлозы практически не изменялась в вариантах без применения удобрений и с одними только азотными удобрениями, но увеличилась на фоне длительного применения $N_{24}P_{30}$ на 1 га севооборотной площади на 1,2% по сравнению с фоновыми вариантами. Известь в третий год после внесения на фоне длительного применения повышенных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений несколько снизила интенсивность разложения целлюлозы, а при замене части минеральных удобрений эквивалентной дозой органических ($N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т) увеличила целлюлозоразлагающую способность почвы на 2,7% по сравнению с фоновыми вариантами. Такое увеличение, возможно, связано с поступлением дополнительного количества углерода и азота при внесении 4,8 т навоза на 1 га под однолетние травы (соя+овес). Аналогичные данные увеличения целлюлозоразлагающей способности почвы от внесения извести на фоне органических удобрений были получены в условиях Московской области на дерново-подзолистой почве А.К. Миненко (1968) и в условиях северной зоны Амурской области на луговой черноземовидной почве Г.К. Шелевым (1984).

Таким образом, длительное применение как минеральных, так и органо-минеральных удобрений не привело к существенным изменениям целлюлозоразлагающей способности почвы, однако известь на фоне $N_{24}P_{30}$ и $N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т только на 3-й год действия увеличила этот показатель на 1,2 и 2,7% соответственно.

Глава 5 ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ И ИЗВЕСТИ НА УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ УРОЖАЯ

Естественное плодородие некоторых типов почв не может обеспечить хороший рост и урожай культурных растений. Низкая исходная гумусированность почвы, кислая реакция среды вынуждают земледельцев преобразовывать природные свойства почв – окультуривать их. Научно обосновано, что для каждой почвенно-климатической зоны необходимы свои параметры плодородия, нормы органических и минеральных удобрений, которые способствуют реализации потенциальной продуктивности сельскохозяйственных культур (Завьялова Н.Е., 2005; Минеев В.Г., 2005). По мнению Л.С. Любарской (1986), В.Г. Минеева (1980) и Б.Б. Котвицкого (1990), для изыскания путей повышения продуктивности сельскохозяйственных культур необходимы систематические наблюдения в длительных стационарных опытах. Особую ценность представляют длительные опыты с многократным наложением удобрений на одни и те же поля, что позволяет учитывать предшествующее насыщение почвы удобрениями (Степкина Р.Н., 1976; 1987).

Одним из главных факторов, обеспечивающих стабильное питание растений в агроценозах, является рациональная система удобрения (Kristaponyte I., 2005). Так, по данным И.Ф. Храмцова (1997), с увеличением длительности применения минеральных удобрений в севообороте, возрастало положительное их влияние на урожайность зерновых культур за счет суммарного эффекта действия. Аналогичные данные на 35-й год были получены Е.Т. Наумченко (2000) на луговой черноземовидной почве при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{24}P_{30}$ на 1 га севооборотной площади, а увеличение дозы вносимых удобрений при сложившемся плодородии дальнейшим ростом урожайности не сопровождалось. Обобщённые результаты исследований с пшеницей за 23 года на выщелоченном чернозёме свидетельствуют, что применение умеренных доз азотных удобрений повысило урожай зерна в 1,22 - 1,43 раза по сравнению с вариантом без применения удобрений (Волюнкин В.И., 1999). Исследованиями

А.Г. Медведева (1997) установлено, что азотные удобрения на выщелоченном чернозёме повышали конкурентную способность пшеницы и увеличивали ее урожай. Однако систематическое применение одних только азотных удобрений (N_{24} на 1 га севооборотной площади) в течение 19 лет на луговой черноземовидной почве не способствовало повышению урожайности пшеницы в 5-польном севообороте (Шелевой Г.К., 1986). По мнению В.И. Никитишена (2002), причины «скрытого» отрицательного действия удобрений на агроценоз заключаются в нарушении биологических процессов в почве вследствие проявления физиологической кислотности минерального азота и избыточного накопления в корнеобитаемом слое нитратов при дефиците фосфора.

Научная информация об отношении сои к плодородию почв и применению минеральных удобрений весьма разноречива, особенно противоречивы данные о применении под сою азотных удобрений (Моисеев А.А., 2001). Некоторые исследователи в различных почвенно-климатических условиях установили, что при создании благоприятных условий для процесса азотфиксации соя способна полностью обеспечить свои потребности в азотном питании за счет усвоения азота воздуха (Трепачев Е.П., 1973; Доросинский Л.М., 1985). Другими исследователями, наоборот, показана высокая эффективность азотных удобрений. Так, в Средней Азии оптимальной дозой внесения под сою считается N_{60} , на каштановых почвах Заволжья – N_{60-90} , на предкавказских карбонатных чернозёмах – N_{97-126} , на чернозёмных почвах европейской части России – N_{60-80} (Кормилицин В.Ф., 1981; Губанов П.Е., 1989; Грациенко В.Г., 1989; Бабаяров М.Х., 1991). Среди дальневосточных исследователей также существуют различные точки зрения в отношении необходимости применения азотных удобрений под сою. Одни рекомендуют «стартовые» небольшие дозы азота при посеве (Куркаев В.Т., 1966; Пенчукова Н.А., 1974). Другие свидетельствуют, что применение средних доз и даже полное обеспечение сои азотом минеральных удобрений способствуют увеличению урожайности (Грицун А.Т., 1964; Бурлака В.В., 1967; Посыпанов Г.С., 1971). Различие мнений связано, по-видимому, с разнообразными экологическими условиями выполнения опытов. По данным Ю.И. Слабко (1985), внесение одних

только азотных удобрений в условиях Приморского края неэффективно и может снизить урожай сои на почвах, плохо обеспеченных подвижными фосфатами. Аналогичные данные были получены В.Ф. Прокопчук (1995) при обобщении за 30 лет результатов полевых опытов, выполненных разными научными учреждениями Амурской области, где азотные удобрения были эффективны под сою лишь в 23% случаев.

В условиях длительного стационарного опыта Г.К. Шелевым (1986) и Р.Н. Степкиной (1990, 2001) установлено, что наиболее эффективны под сою фосфорные удобрения в дозе P_{60} на 1 га. Однако в этом же опыте после восьми ротаций 5-польного севооборота выяснилось, что повышенная урожайность сои в большей степени обусловлена сложившимся уровнем обеспеченности почвы подвижным фосфором, нежели дозой фосфорного удобрения, внесенной непосредственно под культуру (Наумченко Е.Т., 2004). По данным С.А. Хохлова (1994), внесение тройных доз полного минерального удобрения на выщелоченном чернозёме обеспечивало увеличение урожайности сои на 0,47 т/га по сравнению с вариантом без применения удобрений. Между тем на дерново-подзолистых почвах действие фосфорных и калийных удобрений было слабым и нерегулярным, что, как отмечено Г.Е. Мерзлой (1996), связано с хорошей обеспеченностью почвы этими элементами. По мнению А.В. Дроздова (2000), при разработке системы удобрений под сою необходимо учитывать, что оптимизация фосфорно-калийного питания усиливает активность симбиоза и повышает урожай сои, при этом обязательным приёмом является обработка семян молибденом. В Амурской области многочисленными исследованиями подтверждена высокая эффективность предпосевной обработки семян молибденом (Куркаев В.Т., 1965; Бегун С.А., 1977; Тильба В.А., 1987; Казачков Ю.Н., 1991).

Исследованиями С. А. Тулина (1996), проведенными на дерново-подзолистых почвах, установлено, что решающее значение в повышении урожаев принадлежит навозу. Это объясняется тем, что органическое удобрение за счет деструкции вещества постоянно образует резерв доступных питательных веществ, обеспечивающий стабильное питание растений в течение всего вегетаци-

онного периода. Однако систематическое применение высоких доз навоза 60 - 80 т/га (или больше N_{300}) не способствовало существенному увеличению прибавки урожая сельскохозяйственных культур, по сравнению с меньшей дозой (Тарасов, 1996; Криштапоните, 2005). По данным Р.Н. Степкиной (1990), С.С. Тереховой (1991) и С.А. Тулина (1996), наиболее эффективным для полевых культур является совместное применение органических и минеральных удобрений, в числе которых наибольшее влияние оказывают азотные удобрения.

К настоящему времени накоплен определенный объем экспериментальных данных по эффективности длительного применения удобрений под соево-овсяную смесь на луговой черноземовидной почве. Исследованиями Г.К. Шелевого (1986) установлено, что устойчивую и наиболее высокую прибавку урожайности зеленой массы однолетних трав обеспечивали азотные удобрения. При этом на протяжении трех ротаций севооборота большое значение имели азотно-фосфорные удобрения, эффективность которых сохранялась на высоком уровне. При совместном применении минеральных и органических удобрений урожайность соево-овсяной смеси соответствовала варианту, где применяли азотно-фосфорные удобрения в дозе $N_{90}P_{60}$ на 1 га севооборотной площади. Прибавку урожая получали в основном за счет овса. Это свидетельствует о том, что овёс активно использовал питательные вещества, а при недостатке их в почве хорошо отзывался на минеральные удобрения. По данным Р.Н. Степкиной (2001), раздельное внесение фосфорных и азотных удобрений под однолетние травы в условиях Амурской области малоэффективно.

Критерием оценки любого приема в земледелии является показатель прибавок урожая сельскохозяйственных культур (Федоров А.А., 2001). Известкование значительно улучшает плодородие кислых почв и увеличивает продуктивность растений (Чеботарев Н.Т., 2008). Но действие извести на урожай зависит от большого количества факторов: дозы и нормы внесения известкового материала, свойств почвы, конкретно складывающихся погодных условий и времени взаимодействия с почвенной массой, а также от свойств мелиоранта (Кузин В.Ф., 1983; Федчун А.А., 1997; Моисеев А.А., 2001). За счет внесения кальция и магния с

известковым материалом осуществляется нормальный рост и развитие растений. Потребность в них проявляется с фазы прорастания семени. При недостатке кальция рост и развитие корней приостанавливается, нарушаются процессы избирательного поглощения элементов минерального питания. Физиологическая роль магния определяется его участием в фотосинтезе и деятельности ферментов, в процессах, связанных с фиксацией атмосферного азота бобовыми растениями (Федоров А.А., 2001).

В условиях Дальнего Востока Российской Федерации об эффективности известкования кислых почв малыми дозами имеются разноречивые данные. Так, в Приморском крае исследованиями А. П. Куртесова (1949) выявлено, что при норме известкования 2 т/га в среднем за 10 лет прибавка урожайности пшеницы составила 0,093 т/га. В многолетних опытах А. Т. Грицуна (1964) применение малых доз извести (2,2 т/га) на лугово-бурой почве не оказало существенного влияния на урожайность сельскохозяйственных культур. Полученные урожаи яровой пшеницы в условиях Амурской области свидетельствуют о том, что применение извести на луговой черноземовидной почве неэффективно (Ковшик, 1982). По данным В.П. Басистого (1965), применение извести на буро-подзолистых почвах в дозе 1,5 т/га позволило повысить урожайность яровой пшеницы на 8%, а в дозе 3 т/га увеличило урожайность пшеницы на 40% по сравнению с неизвесткованной почвой. Такое различие в действие извести может быть объяснено либо отличающимися гидротермическими условиями сравниваемых регионов, либо неодинаковым действием известковых удобрений на разных типах почв (Федчун А.А., 1997).

По данным Н.А. Пенчуковой (1976) и Р.А. Акбирова (2006), на луговой глееватой почве и чернозёме выщелоченном положительное действие оказывали различные дозы извести на фоне минеральных удобрений, но самая высокая прибавка урожая зерна пшеницы получена при внесении извести из расчета по одной гидролитической кислотности на фоне полного минерального удобрения. Аналогичные данные получены в условиях Приморского края при внесении полной дозы извести на буро-подзолистой и бурой оподзоленной почвах (Федчун А.А., 1973). Наиболее сильное воздействие на урожай сельскохозяйственных

культур оказали дозы извести, внесённые по 1,5 - 2,0 гидролитической кислотности, которые за 12-летний период увеличили урожайность зерна в среднем на 1,08 – 3,14 т/га по сравнению с внесением извести в полной дозе, равной одной гидролитической кислотности. Увеличение дозы по 2,5 гидролитической кислотности не способствовало росту урожайности сельскохозяйственных культур (Федоров А.А., 2001).

Для нормального роста и развития растений сои требуется создание целого ряда условий, в том числе и оптимальной реакции среды. Одни исследователи получали прибавки урожая семян сои от применения извести, другие – нет, что объясняли понижением фосфатного уровня почвы непосредственно после известкования (Кузин В.Ф., 1983; Русаков В.В., 1986). Так, внесение извести в двойной дозе в условиях Амурской области снижало урожайность сои, оптимальной была определена доза по 0,5 Нг при внесении полного минерального удобрения (Ковшик И.Г., 1976). Аналогичные данные были получены Л.Н. Прокиной (2004) при известковании чернозёма выщелоченного в дозе, определенной по 0,5 Нг, что обеспечило прибавку урожая сои (0,12 т/га) в первый год действия извести. В стационарном агрохимическом опыте в условиях Приморского края при внесении извести, рассчитанной по полной гидролитической кислотности, прибавка урожайности сои в среднем за 11 лет составила 0,34 т/га, при этом отрицательное действие кислотности почвы на сою уменьшалось при внесении минеральных и органических удобрений (Федоров А.А., 2001).

Положительное влияние одновременного внесения минеральных удобрений и извести по полной гидролитической кислотности отмечают ряд исследователей (Моисеев А.А., 2000; Ломако Е.И., 2001). Однако применение извести из расчета 0,25 и 0,50 гидролитической кислотности на кислых почвах Приморья даже на фоне минеральных удобрений не давало прибавки урожая сои (Грицун А.Т., 1964; Гибанова М.Н., 1970, Рясинская Л.М., 1973). По данным В.Т. Николаевой (1985), Ф.Г. Бурганова (1996), Р.Г. Хасбиулиной (1997) и В.Ф. Прокопчук (1999), наиболее высокие урожаи сельскохозяйственных культур обеспечило совместное внесение навоза, извести и минеральных удоб-

рений. Эффективность навоза и извести, внесенных совместно, в значительной степени зависела не только от степени кислотности почвы, но и от доз этих удобрений. Исследования, выполненные на Центральной опытной станции ВИУА, свидетельствуют, что при совместном внесении извести и навоза прибавки урожая сельскохозяйственных культур были близки к сумме прибавок, полученных при раздельном применении этих удобрений (Федчун А.А., 1997).

Таким образом, длительное применение минеральных и органических удобрений неоднозначно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур, что связано с разнообразными экологическими условиями выполнения опытов и биологическими особенностями каждой культуры. Установлено, что положительное влияние минеральных удобрений на урожай культур происходит в результате суммарного эффекта действия. В различных почвенно-климатических условиях получены разноречивые данные о применении одних только азотных удобрений, но установлен положительный эффект совместного применения органических и минеральных удобрений. Действие извести на урожай сельскохозяйственных культур зависит от большого количества факторов и свойств мелиоранта. Однозначных данных о действии извести на урожай нет, но установлена эффективность внесения её совместно с минеральными и органическими удобрениями. Отсутствие длительных опытов с известью в условиях Амурской области не позволяет изучить продолжительность действия известковых удобрений и определить их эффективность для сельскохозяйственных культур.

5.1 Урожайность сельскохозяйственных культур

Обобщённые за 30 лет данные о полевых опытах с удобрениями, проведенные в Амурской области разными научными учреждениями, свидетельствуют, что эффективность минеральных удобрений колеблется в широких пределах. Так, эффективность применения фосфорных и азотно-фосфорных удобрений под сою на относительно плодородной луговой черноземовидной почве,

где располагается основная часть посевов культуры, в 60 - 66% случаев отсутствует. Яровая пшеница в южной зоне Амурской области лишь в 20% случаев значительно увеличила урожайность при внесении фосфорных удобрений. Увеличение дозы азотных удобрений на 30 кг/га в 40% случаев не повлияло на урожайность, а в 20% случаев снизило ее (Прокопчук В.Ф., 1990; 1995).

Результаты краткосрочных полевых опытов, даже если они проведены в звене севооборота, не могут дать исчерпывающего ответа на вопрос об оптимизации минерального питания растений в агроценозах с учетом последствий удобрений, внесенных под предшествующую культуру. В этой связи большую ценность представляют результаты длительного стационарного опыта по изучению системы удобрений в севообороте (Наумченко Е.Т., 2004).

В наших исследованиях изучено влияние длительного (на 43-й – 45-й годы) применения минеральных и органо-минеральных азотно-фосфорных удобрений на урожайность сои (4-я культура севооборота), пшеницы (5-я культура севооборота) и однолетних трав (соя+овес, 1-я культура севооборота). Действие минеральных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур зависит не только от содержания питательных элементов в почве и потребности культур в них, но и от обеспеченности влагой и теплом конкретного вегетационного периода (Прокопчук В.Ф., 1995). Именно недостатком влаги в почве в 2007 г. можно объяснить снижение урожайности сои на 0,78 т/га в варианте без применения удобрений по сравнению с 2006 г. (табл. 12). Минимальное количество (35 мм) выпавших осадков в июле 2007 г., когда у растений сои отмечалась фаза цветения и начала налива семян, было лимитирующим фактором в формировании урожая.

В среднем за 2006–2007 гг. достоверных изменений урожайности сои на фоне длительного применения минеральных азотно-фосфорных удобрений не отмечено. При этом в 2007 г. внесение под культуру $N_{30}P_{60}$ и P_{60} +навоз 12 т привело к достоверному увеличению урожайности на 0,35 и 0,32 т/га соответственно, по сравнению с вариантом без применения удобрений.

Таблица 12

Влияние длительного применения удобрений на урожайность сои
(в условиях полевого опыта)

№ варианта	Вариант*	Внесено под сою	Урожайность сои, т/га			
			2006 г.	2007 г.	в среднем за 2006 – 2007 гг.	по отношению к контролю
1	контроль	0	2,12	1,34	1,73	-
3	N ₂₄	0	2,03	1,51	1,77	0,04
4	N ₂₄ P ₃₀	P ₆₀	2,01	1,42	1,72	- 0,01
6	N ₄₂ P ₄₈	N ₃₀ P ₆₀	2,01	1,69	1,85	0,12
9	N ₂₄ P ₃₀ + навоз 4,8 т	P ₆₀ + навоз 12 т	2,11	1,66	1,89	0,16
НСР ₀₅			0,11	0,28	0,15	

Примечание: * среднегодовая нагрузка удобрений на 1 га севооборотной площади

По данным Е.Т. Наумченко (2004), за все время проведения опыта (8 ротаций) соя слабо отзывалась на внесение удобрений. Выполненными ранее исследованиями установлено, что наиболее эффективно применение под культуру фосфорных удобрений (Степкина Р.Н., 2001). Этот вывод правомерен для первых шести ротаций. Анализ изменения продуктивности сои за 7 – 8-ю ротации свидетельствует, что увеличение урожайности культуры в большей степени обусловлено сложившимися в результате длительного применения удобрений уровнем обеспеченности почвы подвижным Р₂О₅, нежели дозой фосфорного удобрения, внесённой непосредственно под культуру (Наумченко Е.Т., 2004).

Достоверная прибавка урожайности сои (0,16 т/га) в среднем за 2006–2007 гг. была получена в варианте с длительным применением органо-минеральных удобрений при непосредственном внесении под культуру Р₆₀+навоз 12 т.

В девятой ротации севооборота урожайность пшеницы в контрольном варианте была обусловлена погодными условиями. Так, за май и июнь 2007 г. выпало 158 мм осадков, урожайность пшеницы в контрольном варианте составила 1,66 т/га, а в 2006 и 2008 гг. за эти же месяцы выпало 76 и 46 мм осадков, урожайность пшеницы составила 0,98 и 0,97 т/га соответственно (табл. 13). В среднем за три года исследований последствие как одних толь-

ко азотных удобрений (N_{24}), так и совместное их применение с фосфорными ($N_{24}P_{30}$) не привело к значительным изменениям урожайности пшеницы. Лишь в варианте с длительным применением N_{24} на 1 га севооборотной площади отмечена тенденция уменьшения урожайности пшеницы по причине снижения выполненности зерна.

Таблица 13

Влияние длительного применения удобрений на урожайность пшеницы
(в условиях полевого опыта)

№ варианта	Вариант*	Внесено под пшеницу	Урожайность пшеницы, т/га				
			2006 г.	2007 г.	2008 г.	в среднем за 2006 – 2008 гг.	по отношению к контролю
1	Контроль	0	0,98	1,66	0,97	1,20	-
3	N_{24}	0	0,82	1,70	0,95	1,16	- 0,04
4	$N_{24}P_{30}$	0	0,80	1,98	1,02	1,27	0,07
6	$N_{42}P_{48}$	0	1,04	2,31	1,10	1,48	0,28
9	$N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т	0	0,87	2,10	0,96	1,31	0,11
НСР ₀₅			0,17	0,33	0,25	0,23	

Примечание: * среднегодовая нагрузка удобрений на 1 га севооборотной площади

В среднем за три года исследований последствие применения повышенных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений увеличило урожайность пшеницы на 0,28 т/га по сравнению с вариантом без применения удобрений, а при замене части минеральных удобрений эквивалентной дозой органических (навоз 4,8 т) отмечена лишь тенденция увеличения урожайности.

Исследованиями Г.К. Шелевого (1986) установлено, что на луговой черноземовидной почве азотно-фосфорные удобрения заметно повышают урожайность сое-овсяной смеси. Действие отдельно внесённых фосфорных и азотных удобрений сопровождалось незначительным увеличением урожайности зеленой массы однолетних трав. Величина приростов зависела как от вида удобрений, так и от особенностей культур.

В наших исследованиях урожайность зеленой массы сое-овсяной смеси в среднем за три года в варианте без применения

удобрений составила 19,7 т/га, а на фоне длительного применения одних только азотных удобрений, при непосредственном внесении под культуру N₆₀, урожайность составила 21,4 т/га (табл. 14). Незначительная прибавка урожайности зеленой массы (1,7 т/га), полученная в среднем за три года в варианте с длительным применением N₂₄, свидетельствует, что эта доза удобрения остается малоэффективной на протяжении десяти ротаций 5-польного севооборота.

Таблица 14

Влияние длительного применения удобрений на урожайность зеленой массы соево-овсяной смеси (в условиях полевого опыта)

№ варианта	Вариант*	Внесено под сою+овес	Урожайность зеленой массы, т/га				
			2007 г.	2008 г.	2009 г.	в среднем за 2007–2009 гг.	по отношению к контролю
1	Контроль	0	19,3	18,5	21,2	19,7	-
3	N ₂₄	N ₆₀	19,9	17,2	27,1	21,4	1,7
4	N ₂₄ P ₃₀	N ₆₀ P ₃₀	21,1	20,5	29,1	23,6	3,9
6	N ₄₂ P ₄₈	N ₉₀ P ₆₀	22,7	21,0	35,1	26,3	6,6
9	N ₂₄ P ₃₀ + навоз 4,8 т	N ₆₀ P ₃₀ + навоз 12 т	21,6	22,7	36,2	26,8	7,1
НСР ₀₅			2,9	2,1	7,4	3,2	

Примечание: * среднегодовая нагрузка удобрений на 1 га севооборотной площади

Длительное применение азотно-фосфорных удобрений обеспечило достоверную прибавку урожайности зеленой массы однолетних трав за три года исследований. Так, при непосредственном внесении под культуру N₆₀P₃₀, N₉₀P₆₀ и N₆₀P₃₀ + навоз 12 т были получены прибавки 3,9, 6,6 и 7,1 т/га соответственно, по сравнению с вариантом без применения удобрений. Несмотря на то, что сою и овёс высевали в соотношении 1:0,75, во всех вариантах опыта зеленая масса овса преобладала над массой сои, а на фоне азотно-фосфорных удобрений масса сои еще немного снизилась и в среднем за 2007 – 2009 гг. составила 26 - 28% (табл. 15).

Таблица 15

Влияние длительного применения удобрений на соотношение компонентов соево-овсяной смеси зеленой массы, %

№ варианта	Вариант*	2007 г.		2008 г.		2009 г.		В среднем за 2007–2009 гг.	
		компоненты зеленой массы							
		соя	овес	соя	овес	соя	овес	соя	овес
1	Контроль	36	64	30	70	24	76	30	70
3	N ₂₄	35	65	29	71	27	73	30	70
4	N ₂₄ P ₃₀	33	67	28	72	16	84	26	74
6	N ₄₂ P ₄₈	37	63	33	67	13	87	28	72
9	N ₂₄ P ₃₀ ⁺ навоз 4,8 т	31	69	33	67	13	87	26	74

Примечание: * среднегодовая нагрузка удобрений на 1 га севооборотной площади

В вегетационно-полевом опыте в среднем за два года исследований (2006–2007 гг.) в варианте без применения удобрений и извести урожайность сои составила 2,15 т/га (табл. 16). Длительное применение одних только азотных удобрений снизило урожайность сои на 0,20 т/га, а внесение извести в этом варианте привело к снижению урожайности на 0,39 т/га по сравнению с вариантом без применения удобрений, что, по нашему мнению, связано с низким содержанием доступного фосфора в почве, недостаток которого негативно сказался на росте и развитии растений сои. По данным структурного анализа установлено, что растения сои на фоне внесения одних только азотных удобрений были самыми низкорослыми, имели меньшее количество бобов и семян, чем в варианте без применения удобрений.

Непосредственное внесение под сою фосфорных удобрений в дозе Р₆₀ обеспечило прибавку урожайности 0,12 т/га, а внесение такой же дозы фосфорных удобрений совместно с азотными (N₃₀P₆₀) увеличило урожайность сои на 0,30 т/га по сравнению с вариантом, где удобрения не применялись. Внесение извести в этих вариантах (N₂₄P₃₀ и N₄₂P₄₈) не привело к значительным изменениям урожайности сои в среднем за два года исследований. Максимальная урожайность сои получена на фоне длительного применения органо-минеральных удобрений, прибавка составила 0,40 т/га при внесении удобрений и 0,68 т/га при совместном

применении удобрений и извести по сравнению с вариантом без удобрений.

Таблица 16

Влияние извести на фоне длительного применения удобрений на урожайность культур (в условиях вегетационно-полевого опыта)

№ варианта	Длительное применение удобрений (фактор А)	Внесено удобрений под культуру	Урожайность, т/га		
			без извести	с известью, 5,5 т/га (фактор Б)	в среднем по фактору А
	Соя 2006–2007 гг.				
1	Без удобрений	0	2,15	2,00	2,07
3	N ₂₄	0	1,95	1,76	1,86
4	N ₂₄ P ₃₀	P ₆₀	2,27	2,24	2,26
6	N ₄₂ P ₄₈	N ₃₀ P ₆₀	2,45	2,43	2,44
9	N ₂₄ P ₃₀ + навоз 4,8 т	P ₃₀ + навоз 12 т	2,55	2,83	2,69
	Среднее	-	2,27	2,25	2,26
	НСР ₀₅ частных 0,16; НСР ₀₅ фактор А 0,11; НСР ₀₅ фактор Б 0,07				
	Пшеница 2007–2008 гг.				
1	Без удобрений	0	2,23	1,85	2,04
3	N ₂₄	0	2,07	1,95	2,01
4	N ₂₄ P ₃₀	0	2,49	2,25	2,37
6	N ₄₂ P ₄₈	0	2,62	2,28	2,45
9	N ₂₄ P ₃₀ + навоз 4,8 т	0	2,68	2,61	2,64
	Среднее	-	2,42	2,19	2,30
	НСР ₀₅ частных 0,30; НСР ₀₅ фактор А 0,21; НСР ₀₅ фактор Б 0,13				
	Соя+овес (зеленая масса) 2008–2009 гг.				
1	Без удобрений	0	17,2	14,7	16,0
3	N ₂₄	N ₆₀	17,6	17,5	17,6
4	N ₂₄ P ₃₀	N ₆₀ P ₃₀	22,1	24,1	23,1
6	N ₄₂ P ₄₈	N ₉₀ P ₆₀	27,1	25,6	26,4
9	N ₂₄ P ₃₀ + навоз 4,8 т	N ₆₀ P ₃₀ + навоз 12 т	26,2	25,8	26,0
	Среднее	-	22,0	21,5	21,8

НСР₀₅ частных 3,9; НСР₀₅ фактор А 2,8; НСР₀₅ фактор Б 1,8

Урожайность пшеницы, идущей 5-й культурой севооборота, в контрольном варианте составила 2,23 т/га, а последствие извести снизило урожайность на 0,38 т/га (табл. 16). На фоне длительного применения одних только азотных удобрений в дозе N₂₄

на 1 га севооборотной площади, как и в полевом опыте, отмечена тенденция снижения урожайности пшеницы. Известь в этом варианте во второй год действия снизила урожайность на 0,28 т/га по сравнению с фоновым вариантом. По данным структурного анализа растений пшеницы, установлено, что известь снижала количество зерен в колосе, но не влияла на массу 1000 зёрен. Длительное применение пониженных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений ($N_{24}P_{30}$) привело к достоверному увеличению урожайности пшеницы на 0,26 т/га по сравнению с вариантом без применения удобрений, а под действием извести урожайность пшеницы в этом варианте снизилась на 0,24 т/га по сравнению с фоном. Снижение урожайности обусловлено уменьшением количества зёрен в колосе и ухудшением выполненности зерна.

Последствие повышенных доз минеральных ($N_{42}P_{48}$) и органо-минеральных ($N_{24}P_{30}$ +навоз 4,8 т) удобрений увеличило урожайность пшеницы соответственно на 0,39 и 0,45 т/га за счет повышения озернённости колоса по сравнению с вариантом без применения удобрений. Известь во второй год действия снизила урожайность пшеницы в варианте с минеральными азотно-фосфорными удобрениями ($N_{42}P_{48}$) на 0,34 т/га и не повлияла на урожайность пшеницы в варианте с органо-минеральными удобрениями по сравнению с фоном.

В среднем за 2008 – 2009 гг. урожайность зеленой массы соево-овсянной смеси в контрольном варианте вегетационно-полевого опыта составила 17,2 т/га, а действие извести проявилось в снижении урожайности на 2,5 т/га по сравнению с фоновым вариантом (табл. 16). Внесение одних только азотных удобрений в дозе N_{60} под однолетние травы, так же как и в полевом опыте, не привело к значительным изменениям урожайности зеленой массы. Известь на третий год после внесения не повлияла на урожайность соево-овсянной смеси. Внесение под однолетние травы $N_{60}P_{30}$ привело к увеличению урожайности зеленой массы на 4,9 т/га, а последствие извести в этом варианте обеспечило максимальную прибавку – 2,0 т/га по сравнению с фоновым вариантом. При этом во всех вариантах опыта доля зеленой массы овса была больше, чем сои в вариантах без внесения извести на 24 - 54%, с внесением извести на 9 - 44% (табл. 17). Максимальная урожайность зеленой массы соево-овсянной смеси (27,1 т/га) была

получена в варианте с длительным применением повышенных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений при внесении под культуру N₉₀P₆₀.

Таблица 17

Влияние длительного применения удобрений на соотношение компонентов соево-овсяной смеси зеленой массы (в условиях вегетационно-полевого опыта), %

№ вариан- та	Вариант*	2008 г.		2009 г.		В среднем за 2008-2009 гг.	
		компоненты зеленой массы					
		соя	овес	соя	овес	соя	овес
1	Без удобрений	<u>32</u> 36	<u>68</u> 64	<u>45</u> 55	<u>55</u> 45	<u>38</u> 45	<u>62</u> 54
3	N ₂₄	<u>29</u> 36	<u>71</u> 64	<u>36</u> 40	<u>64</u> 60	<u>32</u> 38	<u>68</u> 62
4	N ₂₄ P ₃₀	<u>23</u> 29	<u>77</u> 71	<u>26</u> 27	<u>74</u> 73	<u>24</u> 28	<u>76</u> 72
6	N ₄₂ P ₄₈	<u>24</u> 29	<u>76</u> 71	<u>22</u> 28	<u>78</u> 72	<u>23</u> 28	<u>77</u> 72
9	N ₂₄ P ₃₀ ⁺ навоз 4,8 т	<u>29</u> 30	<u>71</u> 70	<u>36</u> 39	<u>64</u> 61	<u>32</u> 34	<u>68</u> 66
Примечание: * среднегодовая доза удобрений на 1 га севооборотной пло- щади; над чертой – без внесения извести, под чертой – с внесением изве- сти							

Непосредственное внесение под культуру органоминеральных удобрений в дозе N₆₀P₃₀ + навоз 12 т обеспечило увеличение урожайности на 9,0 т/га по сравнению с вариантом без применения удобрений, а известь на третий год после внесения снизила урожайность зеленой массы однолетних трав в этом варианте на 0,4 т/га по сравнению с фоновым вариантом.

Таким образом, длительное применение одних только азотных удобрений в дозе N₂₄ на 1 га севооборотной площади снижает урожайность сои на 0,20 т/га и не влияет на урожайность пшеницы и зеленой массы однолетних трав (соя+овес). Длительное применение пониженных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений в дозе N₂₄P₃₀ на 1 га севооборотной площади не влияет на урожайность сои, но увеличивает урожайность пшеницы на 0,26 т/га и урожайность однолетних трав на 2,0 - 3,9 т/га. Применение повышенных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений

ний в дозе $N_{42}P_{48}$ на 1 га севооборотной площади увеличивает урожайность сои на 0,30 т/га, пшеницы – на 0,28 - 0,39 т/га и однолетних трав – на 6,6 – 9,9 т/га. Длительное применение минеральных удобрений совместно с органическими в дозе $N_{24}P_{30}$ +навоз 4,8 т на 1 га севооборотной площади обеспечило увеличение урожайности сои на 0,16 – 0,40 т/га, пшеницы на 0,45 т/га и зеленой массы однолетних трав на 7,1 – 9,0 т/га.

Известь в первый год действия статистически значимо снижает урожайность сои в варианте с одними только азотными удобрениями на 0,19 т/га и не влияет в последствии на урожайность пшеницы и однолетних трав. На фоне длительного применения $N_{24}P_{30}$ известь после внесения в первый год не влияет на урожайность сои, во второй год снижает урожайность пшеницы на 0,24 т/га а в третий год увеличивает урожайность зеленой массы однолетних трав на 2,0 т/га. Известь, внесенная в варианте с повышенными дозами азотно-фосфорных удобрений ($N_{42}P_{48}$), не влияет на урожайность сои и однолетних трав, но во второй год действия снижает урожайность пшеницы на 0,34 т/га. На фоне органо-минеральных удобрений известь, внесенная по одной гидролитической кислотности, увеличила урожайность сои на 0,28 т/га и не повлияла на урожайность пшеницы и однолетних трав.

5.2 Химический состав и качество урожая

Растение строит свой организм из определенных химических элементов, находящихся в окружающей среде. Оно состоит из сухого вещества и содержит значительное количество воды. В большинстве вегетативных органов сельскохозяйственных культур содержание воды составляет 70 - 95%, в семенах – от 5 до 15%. Входящие в состав сухого вещества растений органические соединения (90 - 95%) и минеральные соли (5 - 10%) определяют качество сельскохозяйственной продукции (Агрохимия, 2004). По мнению большинства исследователей, качество сельскохозяйственной продукции во многом определяется почвенно-климатическими условиями региона выращивания, генетическими особенностями возделываемых сортов и агротехническими факторами, из которых наиболее быстродействующим и эффек-

тивным является научно обоснованное применение удобрений (Коданев И.М., 1970; Шарапов Н.И., 1973; Бесланеев С.М., 2008).

Исследованиями Н.Т. Ниловской (1984) установлено, что в условиях полной обеспеченности растений питанием, различное соотношение NPK в питательной среде не влияет на элементный состав. При этом проявляется внутренняя избирательность в распределении поглощенных элементов. Химический состав вегетативных органов отражает особенности культивирования, а содержание N, P, K в зерне является генетически детерминированным. Однако в работах Л.П. Воллейдт (1974) и А.Н. Павлова (1975) показано, что уровень накопления белка в зерне хотя генетически и детерминирован, всё же в большинстве случаев определяется азотным статусом материнского растения и сформированной в течение онтогенеза биомассой.

Из минеральных удобрений наибольшее влияние на качество урожая оказывают азотные удобрения. Применение их в оптимальных дозах при сбалансированном отношении с другими элементами питания может существенно повысить урожай, а также содержание белка в растениеводческой продукции (Бесланеев С.М., 2008). Кроме этого имеются данные, свидетельствующие о четкой обратной зависимости между урожаем и белковостью зерна (Конарев В.Г., 1980; Сарычева А.А., 2002). Ещё больше работ, в которых такая зависимость отрицается. Многие исследователи свидетельствуют, что это результат неправильного питания растений, связанный с отсутствием легкоусвояемого азота в почве на самых последних этапах развития растений (Минеев В.Г., 1981; Керефова Л.Ю., 2007).

В Приамурье большинство выводов о влиянии удобрений на качество урожая сельскохозяйственных культур сделано на основании данных, полученных в краткосрочных опытах без учета предшествующего насыщения почвы удобрениями. Поэтому целесообразно изучить влияние длительного применения минеральных и органо-минеральных азотно-фосфорных удобрений на химический состав урожая сельскохозяйственных культур.

В наших исследованиях в условиях стационарного опыта в среднем за 2006–2007 гг. в варианте без применения удобрений содержание белка в семенах сои сорта Соната составило 39,20% (табл. 18). В вариантах с длительным применением одних только

азотных и азотно-фосфорных удобрений содержание белка в семенах сои снизилось на 0,20 - 0,80% по сравнению с вариантом без применения удобрений.

Таблица 18

Влияние длительного применения удобрений на химический состав урожая сои (в условиях полевого опыта), в среднем за 2006–2007 гг.

№ варианта	Вариант*	Внесено под сою	Содержание в семенах сои, %					Содержание в соломе сои, %		
			белка	жира	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Контроль	0	39,20	19,70	6,27	0,99	2,77	1,14	0,38	1,92
3	N ₂₄	0	39,00	20,00	6,24	0,92	2,78	1,10	0,43	1,85
4	N ₂₄ P ₃₀	P ₆₀	38,40	19,90	6,15	0,92	2,71	1,06	0,41	1,88
6	N ₄₂ P ₄₈	N ₃₀ P ₆₀	38,90	19,60	6,23	0,92	2,73	1,09	0,46	1,91
9	N ₂₄ P ₃₀ + навоз 4,8 т	P ₃₀ + навоз 12 т	39,00	19,80	6,24	0,98	2,77	1,18	0,39	1,92
Примечание: * среднегодовая доза удобрений на 1 га севооборотной площади										

Длительное применение минеральных и органо-минеральных удобрений не оказало существенного влияния на содержание жира, фосфора и калия в семенах сои. Наибольшее содержание фосфора (0,46%) в соломе сои отмечено на фоне длительного применения повышенных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений (N₄₂P₄₈), что связано с высоким содержанием этого элемента в почве данного варианта (рис. 7). При этом содержание фосфора в семенах сои не увеличилось. Возможно, это результат нарушения процесса реутилизации фосфора из вегетативных органов.

Исследованиями Р.Н. Степкиной (1990) в пятой ротации севооборота установлено, что содержание белка в зерне пшеницы зависит не только от доз и видов удобрений, но и от погодных условий, особенно от количества осадков в июле, а так же от величины самого урожая. При анализе химического состава урожая пшеницы сорта Амурская 1495 в девятой ротации севооборота выявлены те же закономерности. В засушливые 2006 и 2008 гг. содержание белка составило 12,83 - 14,37%, а во влажный и более урожайный 2007 г. – в пределах 11,20 - 12,60%. В среднем за три года исследований в варианте без применения удобрений содержание белка в зерне пшеницы составило 12,64%, а при внесении азотных и азотно-фосфорных удобрений его содержание увели-

чилось на 0,07 - 0,80% (табл. 19). Причём, наибольшее увеличение белковости зерна произошло на фоне длительного применения одних только азотных (N₂₄) и органо-минеральных (N₂₄P₃₀ + навоз 4,8 т) удобрений, в засушливые годы, когда отмечалась тенденция снижения урожайности.

Таблица 19

Влияние длительного применения удобрений на химический состав урожая пшеницы (в условиях полевого опыта), в среднем за 2006–2008 гг.

№ варианта	Вариант*	Внесено под пшеницу	Содержание в зерне пшеницы, %				Содержание в соломе пшеницы, %		
			белка	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Контроль	0	12,64	2,20	0,96	0,40	0,50	0,54	1,50
3	N ₂₄	0	13,21	2,30	0,96	0,45	0,54	0,56	1,50
4	N ₂₄ P ₃₀	0	12,71	2,21	0,96	0,43	0,51	0,50	1,48
6	N ₄₂ P ₄₈	0	13,05	2,27	0,96	0,41	0,59	0,49	1,52
9	N ₂₄ P ₃₀ + навоз 4,8 т	0	13,44	2,34	0,96	0,42	0,49	0,51	1,51

Примечание: * среднегодовая доза удобрений на 1 га севооборотной площади

Определенных закономерностей в изменении содержания фосфора и калия в зерне, азота и фосфора в соломе пшеницы от внесения минеральных и органо-минеральных удобрений не проявилось. Независимо от различных доз и видов изучаемых удобрений содержание калия в соломе пшеницы в среднем за три года находилось на уровне контрольного варианта – 1,48 – 1,52%.

В условиях стационарного опыта в среднем за три года исследований содержание азота в зеленой массе однолетних трав в варианте без применения удобрений составило 1,95% (табл. 20). При этом содержание общего азота в зеленой массе сои было самым высоким в опыте – 3,55%, а в зеленой массе овса было самым низким – 1,26%. Несмотря на снижение доли сои в зеленой массе однолетних трав при увеличении дозы азотных удобрений, содержание общего азота находилось на уровне значения варианта без применения удобрений (1,97 - 2,04%). Содержание фосфора и калия в зеленой массе однолетних трав на фоне длительного при-

менения минеральных и органо-минеральных удобрений существенно не изменялось.

Таблица 20

Влияние длительного применения удобрений на содержание элементов в зеленой массе однолетних трав (в условиях полевого опыта), в среднем за 2007–2009 гг., %

№ варианта	Вариант*	Внесено под сою+овес	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Без удобрений	0	1,95	0,49	2,30
3	N ₂₄	N ₆₀	2,00	0,48	2,20
4	N ₂₄ P ₃₀	N ₆₀ P ₃₀	1,97	0,46	2,32
6	N ₄₂ P ₄₈	N ₉₀ P ₆₀	2,04	0,45	2,37
9	N ₂₄ P ₃₀ + навоз 4,8 т	N ₆₀ P ₃₀ + навоз 12 т	2,01	0,48	2,32

Примечание: * среднегодовая доза удобрений на 1 га севооборотной площади

В условиях вегетационно-полевого опыта в среднем за 2006 – 2007 гг. исследований содержание белка в семенах сои варианта без применения удобрений составило 38,50%, длительное применение N₂₄, N₄₂P₄₈ и N₂₄P₃₀ + навоз 4,8 т, как и в полевом опыте, снизило этот показатель соответственно на 0,77; 0,12 и 1,20% (табл. 21). При этом условия вегетации сои в годы исследований были различными по количеству выпавших осадков, что привело к снижению белковости семян в 2006 г. и её увеличению – в 2007 г.

По данным В.Т. Синеговской (2005), уменьшение влажности почвы ингибирует формирование симбиотического аппарата, что в свою очередь приводит к недостаточной обеспеченности растений азотом и снижению белковости семян. Вместе с тем, развитие симбиотического аппарата и его активность во многом зависят от условий питания растения-хозяина, а не только клубеньковых бактерий. Поэтому создание благоприятных условий для роста и развития растений, протекания активного симбиоза имеет важное значение. Известкование является одним из способов улучшения условий роста растений и развития полезных микроорганизмов, способствует усилению фиксации азота клубеньковыми бактериями (Кузин, 1983).

В наших исследованиях в условиях вегетационно-полевого опыта в среднем за 2006–2007 гг. известь, внесенная по одной гидролитической кислотности, увеличила белковость семян сои на 0,13 - 1,01% по сравнению с фоновыми вариантами, кроме ва-

рианта, где под сою вносили $N_{30}P_{60}$ (табл. 21). Возможно, это обусловлено самой высокой обменной кислотностью почвы в опыте, величина которой не снизилась в первый год после внесения извести (см. табл. 4). По данным В.Т. Синеговской (2005), увеличение обменной кислотности приводит к снижению массы клубеньков и уменьшению усвоения азота из воздуха растениями сои. Также одной из причин отсутствия увеличения белка в семенах сои может быть непосредственное внесение под культуру азотных удобрений. Исследователем В.А. Тильбой (1975) установлено, что азотные удобрения вызывают уменьшение численности клубеньковых бактерий, особенно в прикорневой зоне. Удобренные растения в большей мере, чем неудобренные, препятствуют распространению азотфиксирующих бактерий на поверхности корней и в прикорневой зоне.

За два года исследований содержание азота в соломе сои во всех вариантах опыта находилось на уровне значения варианта без применения удобрений и составляло 1,14 - 1,19%. Известь в первый год действия увеличила содержание азота в соломе сои во всех вариантах на 0,06 - 0,15%, кроме варианта с пониженными дозами азотно-фосфорных удобрений ($N_{24}P_{30}$), где этот показатель остался без изменений – 1,19% (табл. 21).

Содержание фосфора в семенах сои в варианте без применения удобрений составило 0,91%, а с увеличением нагрузки удобрений при непосредственном внесении под сою $N_{30}P_{60}$ снизилось до 0,79%. При замене части минеральных удобрений органическими ($N_{24}P_{30}$ + навоз 12 т) содержание фосфора в семенах не снизилось. При этом, анализируя данные по годам исследований, необходимо отметить, что в условиях достаточного увлажнения (2006 г.) содержание фосфора в семенах сои изменялось от 0,84 до 1,19%, а в более засушливый 2007 г. – от 0,65 до 0,76%.

В среднем за 2006–2007 гг. содержание фосфора в соломе сои на фоне всех систем удобрения находилось на уровне значения варианта без удобрений – 0,40%. При этом по годам исследований содержание фосфора в соломе сои несколько различалось, что обусловлено условиями увлажнения в период вегетации сои. Известкование не оказало значительного влияния на содержание фосфора в соломе сои во всех вариантах опыта, однако на фоне длительного применения одних только азотных удобрений отмечено самое низкое содержание этого элемента – 0,35%, что обу-

словлено низким содержанием доступного фосфора для растений (0,067 мг/л) в почве данного варианта (см. табл. 7).

Длительное применение минеральных, органо-минеральных удобрений и известкование на их фоне не повлияло на содержание калия, кальция и магния в семенах и соломе сои (табл. 21).

В условиях вегетационно-полевого опыта содержание жира в семенах сои изменялось от 19,24 до 19,90%, при этом минимальное содержание жира было в семенах, полученных в варианте с длительным применением повышенных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений при непосредственном внесении под культуру $N_{30}P_{60}$. Внесение извести в вариантах без удобрений, с одними только азотными удобрениями и пониженными дозами азотно-фосфорных удобрений снизило содержание жира в семенах сои на 0,08, 0,34 и 0,16% по сравнению с фоновыми вариантами. Известь в первый год после внесения на фоне длительного применения повышенных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений увеличила содержание жира в семенах сои на 0,31% и не повлияла на этот показатель в варианте с органо-минеральными удобрениями. При этом прослеживается чёткая обратная зависимость между содержанием белка и жира в семенах сои, которая так же отмечается в ряде работ.

В среднем за 2007–2008 гг. в условиях вегетационно-полевого опыта в варианте без применения удобрений содержание белка в зерне пшеницы составило 13,28% (табл. 22). При этом во влажный и более урожайный 2007 г. содержание белка в зерне составляло 13,18%, а в более засушливый и менее урожайный 2008 г. – 13,37%. То есть прослеживается такая же зависимость содержания белка в зерне пшеницы от погодных условий, как и в стационарном опыте. Длительное применение удобрений неодинаково действовало на белковость зерна пшеницы. Так, в варианте с одними только азотными удобрениями (N_{24}) содержание белка увеличилось на 0,15%, а на фоне пониженных доз азотно-фосфорных удобрений ($N_{24}P_{30}$) и органо-минеральных удобрений ($N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т) содержание белка снизилось соответственно на 0,66 и 0,59% по сравнению с вариантом без применения удобрений. Возможно, длительное применение фосфорных удобрений приводит к снижению белковости зерна пшеницы. Точки зрения на этот счёт среди исследователей расходятся. Так, по мнению В.Г. Минеева (1978), большое значение имеет соотношение азота

и фосфора в питательной среде, а по данным Н.Т. Ниловской (1982), белковость зерна пшеницы была одинаковой при различном соотношении азота и фосфора в питательной среде.

Известь во второй год после внесения в варианте без удобрений и на фоне пониженных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений ($N_{24}P_{30}$) увеличила содержание белка в зерне пшеницы соответственно на 0,10 и 0,27%, а на фоне длительного применения одних только азотных удобрений, повышенных доз минеральных и органо-минеральных удобрений понизила данный показатель соответственно на 0,14, 0,55 и 0,22% по сравнению с фоновыми вариантами. Аналогичные данные о влиянии известкования на снижение содержания белка в зерне пшеницы были получены В.К. Каличкиным (2002) в стационарном опыте на дерново-подзолистой почве.

В варианте без применения удобрений содержание фосфора в зерне пшеницы составило 0,96%, содержание калия – 0,32%, кальция и магния – 0,04 и 0,09% соответственно. Длительное применение удобрений и известки во второй год после внесения не оказало влияния на содержание этих элементов как в основной, так и в побочной продукции пшеницы (табл. 22).

В среднем за 2007–2008 гг. в условиях вегетационно-полевого опыта в соломе пшеницы содержание азота и фосфора существенно не изменялось во всех вариантах опыта. При этом необходимо отметить, что во второй год действия известки в варианте с длительным применением N_{24} на 1 га севооборотной площади содержание азота в соломе составило 0,58% и было самым низким, а содержание фосфора – 0,31% и было самым высоким в опыте.

В условиях вегетационно-полевого опыта так же, как и в стационарном опыте, зеленая масса однолетних трав была убрана в фазу выметывания у овса. В среднем за два года исследований содержание общего азота в зеленой массе однолетних трав в варианте без применения удобрений составило 2,29%. Непосредственное внесение под культуру минеральных удобрений снизило содержание общего азота на 0,13 - 0,27%, что обусловлено уменьшением содержания азота в зеленой массе сои и доли сои в структуре однолетних трав (табл. 23). Внесение под однолетние травы $N_{60}P_{30}$ + навоз 12 т существенно не повлияло на содержа-

ние азота в зеленой массе однолетних трав, что связано с увеличением доли овса и содержания в нём этого элемента.

Таблица 23

Влияние извести на содержание элементов в зеленой массе однолетних трав на фоне длительного применения удобрений (в условиях вегетационно-полевого опыта), в среднем за 2008-2009 гг., %

№ варианта	Вариант	Внесено под сою+овес	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1	Без удобрений	0	<u>2,29</u> 2,54	<u>0,47</u> 0,55	<u>2,42</u> 2,51	<u>0,92</u> 1,03	<u>0,34</u> 0,33
3	N ₂₄	N ₆₀	<u>2,16</u> 2,49	<u>0,49</u> 0,51	<u>2,40</u> 2,46	<u>0,79</u> 0,92	<u>0,34</u> 0,34
4	N ₂₄ P ₃₀	N ₆₀ P ₃₀	<u>2,02</u> 2,07	<u>0,50</u> 0,51	<u>2,36</u> 2,40	<u>0,65</u> 0,72	<u>0,34</u> 0,34
6	N ₄₂ P ₄₈	N ₉₀ P ₆₀	<u>2,16</u> 2,10	<u>0,50</u> 0,50	<u>2,33</u> 2,37	<u>0,63</u> 0,73	<u>0,35</u> 0,35
9	N ₂₄ P ₃₀ + навоз 4,8 т	N ₆₀ P ₃₀ + навоз 12 т	<u>2,21</u> 2,11	<u>0,48</u> 0,51	<u>2,38</u> 2,34	<u>0,79</u> 0,83	<u>0,34</u> 0,34

Примечание: над чертой – без внесения извести, под чертой – с внесением извести

Действие извести на третий год после внесения в варианте без удобрений и с одними только азотными удобрениями проявилось в увеличении содержания общего азота в зеленой массе однолетних трав на 0,25 и 0,33% соответственно, по сравнению с фоновыми вариантами. Это связано с увеличением содержания азота в зеленой массе овса. Содержание кальция в зеленой массе однолетних трав в варианте без применения удобрений составило 0,92%, а применение минеральных и органо-минеральных удобрений снизило содержание этого элемента на 0,13 - 0,29%. Такое снижение объясняется уменьшением доли сои в структуре однолетних трав. Известь на третий год после внесения в вариантах без удобрений и с минеральными удобрениями увеличила содержание кальция в зеленой массе однолетних трав на 0,07 - 0,13% по сравнению с фоновыми вариантами.

Независимо от минеральных и органо-минеральных удобрений в зеленой массе однолетних трав содержание фосфора составило 0,47 - 0,50%, калия – 2,33 - 2,42% и магния – 0,34%. Известь на третий год после внесения не оказала существенного влияния на содержание этих элементов в зеленой массе однолетних трав.

Таким образом, длительное применение минеральных и органо-минеральных удобрений снижает содержание белка на 0,20-1,20% и не влияет на содержание жира, фосфора, калия, кальция и магния в семенах сои. Не изменяется содержание калия, кальция и магния в соломе сои на фоне минеральных и органо-минеральной систем удобрения.

Длительное применение одних только азотных удобрений в дозе N_{24} на 1 га севооборотной площади увеличивает содержание белка в зерне пшеницы на 0,15 - 0,57%, которое обусловлено снижением урожайности культуры. Длительное применение минеральных и органо-минеральных удобрений не влияет на содержание фосфора, калия, кальция и магния в зерне и соломе пшеницы. Применение как одних азотных удобрений, так и совместно с фосфорными снижает в зеленой массе однолетних трав содержание азота на 0,13 - 0,27% и содержание кальция на 0,13 - 0,29%.

Известь в первый год действия на фоне N_{24} , $N_{24}P_{30}$ и $N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т увеличивает содержание белка на 0,70, 0,13 и 1,01% в семенах сои. На фоне длительного применения одних только азотных удобрений и пониженных доз азотно-фосфорных удобрений известь снижает в семенах сои содержание жира на 0,34 и 0,16%. В первый год после внесения извести в вариантах с минеральными азотно-фосфорными удобрениями содержание фосфора в семенах сои увеличилось на 0,10 - 0,13%. Известь во второй год действия в вариантах без удобрений и с пониженными дозами азотно-фосфорных удобрений увеличила содержание белка в зерне пшеницы на 0,10 и 0,27%, а на фоне длительного применения N_{24} , $N_{42}P_{48}$ и $N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т снизила – на 0,14, 0,55 и 0,22%. Известь на третий год действия в вариантах без удобрений и с одними только азотными удобрениями увеличила в зеленой массе однолетних трав содержание общего азота на 0,25 и 0,33%, а на фоне $N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т снизила его на 0,10%. Известь в последствии в вариантах без удобрений и с минеральными удобрениями увеличила содержание кальция в зеленой массе однолетних трав на 0,07-0,13%

Известь как в прямом действии, так и в последствии не оказала существенного влияния на содержание фосфора, калия, кальция и магния в основной и побочной продукции сои, пшеницы и в зеленой массе однолетних трав.

Глава 6 ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Применяемые в настоящее время методы оценки эффективности производства сельскохозяйственных культур по экономическим показателям (затраты на производство, рентабельность продукции и др.) определяются политикой ценообразования и не всегда объективно отражают затраты. Одним из показателей, позволяющих более достоверно определить затраты на производство сельхозпродукции, является энергоёмкость – расход энергии, топлива на единицу производимой продукции растениеводства. Этот показатель более объективен и не зависит от конъюнктуры рынка (Практическая методика определения..., 2001).

При расчете энергозатрат на возделывание сои, пшеницы и однолетних трав (соя + овёс) учитывали следующие статьи затрат: машины и оборудование, семена, горюче-смазочные материалы, видовой состав и количество удобрений, пестициды и живой труд по категориям сложности. Расчет энергетической эффективности применения минеральных и органо-минеральных удобрений выполняли согласно методике Г.С. Посыпанова (1995).

В среднем за 2006–2007 гг. исследований наибольший энергетический доход (30,78 ГДж/га) был получен в варианте с максимальной нагрузкой внесения удобрений (табл. 24). Энергетический расчет свидетельствует, что применение органо-минеральных удобрений под сою в условиях Амурской области неэффективно – чистый энергетический доход снизился на 21,4%, а энергетическая себестоимость 1 т семян увеличилась на 69,3%, относительно контрольного варианта.

При урожайности пшеницы от 1,16 до 1,48 т/га затраты энергии на производство существенно по вариантам опыта не изменились и составили 4,85 - 4,88 ГДж/га (табл. 25). Последствием длительного применения $N_{24}P_{30}$, $N_{42}P_{48}$ и $N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т обеспечило увеличение чистого энергетического дохода соответственно на 0,7; 29,8 и 11,7% относительно контрольного варианта.

Таблица 24

Оценка энергетической эффективности применения минеральных
и органо-минеральных удобрений при выращивании сои
(4-я культура севооборота, в среднем за 2006–2007 гг.)

Показатель	Вариант / внесено под культуру				
	контроль / 0	N ₂₄ / 0	N ₂₄ P ₃₀ / P ₆₀	N ₄₂ P ₄₈ / N ₃₀ P ₆₀	N ₂₄ P ₃₀ + навоз 4,8 т / P ₆₀ навоз 12 т
Затрачено энергии, ГДж/га	10,44	10,44	10,98	11,77	19,30
Урожайность семян, т/га	1,73	1,77	1,72	1,85	1,89
Получено энергии с урожаем, ГДж/га	39,79	40,71	39,56	42,55	43,47
Чистый энергетиче- ский доход, ГДж/га	29,35	30,27	28,58	30,78	24,17
Биоэнергетический коэффициент (КПД урожае)	3,81	3,90	3,60	3,61	2,25
Коэффициент энер- гетической эффек- тивности	2,81	2,90	2,60	2,61	1,25
Энергетическая се- бестоимость, ГДж/ т семян	6,03	6,90	6,38	6,36	10,21

Таблица 25

Оценка энергетической эффективности последствий применения минеральных
и органо-минеральных удобрений при выращивании пшеницы
(5-я культура севооборота, в среднем за 2006–2008 гг.)

Показатель	Вариант / внесено под культуру				
	Контроль / 0	N ₂₄ / 0	N ₂₄ P ₃₀ / 0	N ₄₂ P ₄₈ / 0	N ₂₄ P ₃₀ + навоз 4,8 т / 0
1	2	3	4	5	6
Затрачено энергии, ГДж/га	4,85	4,85	4,86	4,88	4,86
Урожайность семян, т/га	1,20	1,16	1,27	1,48	1,31
Получено энергии с урожаем, ГДж/га	21,72	20,99	22,99	26,79	23,71

Продолжение таблицы 25

1	2		4	5	6
Чистый энергетический доход, ГДж/га	16,87	16,14	18,13	21,91	18,85
Биоэнергетический коэффициент (КПД урожая)	4,48	4,33	4,73	5,49	4,88
Коэффициент энергетической эффективности	3,48	3,33	3,73	4,49	3,88
Энергетическая себестоимость, ГДж/ т зерна	4,04	4,18	3,83	3,30	3,71

При этом в варианте с последствием повышенных доз минеральных удобрений ($N_{42}P_{48}$) отмечен наибольший биоэнергетический коэффициент (КПД урожая) 5,49 – и наименьшая энергетическая себестоимость 1 т зерна – 3,30 ГДж/т.

Несмотря на увеличение затрат энергии при выращивании однолетних трав, чистый энергетический доход увеличился соответственно дозе внесенных удобрений на 11,5 - 37,2%, а биоэнергетический коэффициент снизился на 0,4 - 67,4% относительно контрольного варианта (табл. 26). При этом наибольшая энергетическая себестоимость 1 т зеленой массы (0,72 ГДж/т) отмечена в варианте с непосредственным внесением под однолетние травы $N_{60}P_{30}$ + навоз 12 т/га.

Таблица 26

Оценка энергетической эффективности применения минеральных и органо-минеральных удобрений при выращивании однолетних трав (1-я культура севооборота, в среднем за 2007–2009 гг.)

Показатель	Вариант / внесено под культуру				
	контроль / 0	N_{24} / N_{60}	$N_{24}P_{30} / N_{60}P_{30}$	$N_{42}P_{48} / N_{90}P_{60}$	$N_{24}P_{30} + \text{навоз } 4,8 \text{ т} / N_{60}P_{30} + \text{навоз } 12 \text{ т}$
1	2	3	4	5	6
Затрачено энергии, ГДж/га	8,45	10,21	10,56	11,75	19,17
Урожайность зеленой массы, т/га	19,7	21,4	23,6	26,3	26,8

Продолжение таблицы 26

1	2	3	4	5	6
Получено энергии с урожаем, ГДж/га	352,6	383,1	421,5	470,2	476,6
Чистый энергетический доход, ГДж/га	334,2	372,9	410,9	458,5	457,4
Биоэнергетический коэффициент (КПД урожая)	41,7	37,5	39,9	40,0	24,9
Коэффициент энергетической эффективности	39,5	36,5	38,9	39,0	23,9
Энергетическая себестоимость, ГДж/т	0,42	0,48	0,45	0,45	0,72

В целом за ротацию 5-польного севооборота затраты энергии на производство продукции увеличились соответственно среднегодовой нагрузке удобрений от 42,65 ГДж в варианте с одними только азотными удобрениями до 60,83 ГДж/га в варианте с органо-минеральными удобрениями, что на 0,9 – 55,8% больше по сравнению с вариантом без применения удобрений (табл. 27).

Таблица 27

Энергетическая оценка применения минеральных и органо-минеральных удобрений за ротацию 5-польного севооборота

Показатель	Вариант				
	кон- троль	N ₂₄	N ₂₄ P ₃₀	N ₄₂ P ₄₈	N ₂₄ P ₃₀ ⁺ навоз 4,8 т
Затрачено энергии на возделывание культур, ГДж/га	39,02	42,65	43,90	47,02	60,83
Получено энергии с урожаем культур севооборота, ГДж/га	471,57	501,99	546,79	607,51	608,68
Чистый энергетический доход за ротацию севооборота, ГДж/га	432,55	459,34	502,89	560,49	547,85
Биоэнергетический коэффициент (КПД урожая)	12,08	11,76	12,45	12,92	10,00

При этом наибольшее количество энергии (607,51 и 608,68 ГДж/га) получено с урожаем культур в вариантах с максимальной нагрузкой удобрений ($N_{42}P_{48}$ и $N_{24}P_{30}$ +навоз 4,8 т). Однако высокие затраты энергии на производство продукции в варианте с органо-минеральными удобрениями стали причиной низкого КПД урожая в этом варианте – 10,0. За ротацию 5-польного севооборота на фоне длительного применения повышенных доз азотно-азотно-фосфорных минеральных удобрений чистый энергетический доход был на 127,94 ГДж/га больше, чем в контрольном варианте.

Таким образом, наибольшие энергетические затраты отмечены при производстве сои, а максимальное количество энергии получено с урожаем однолетних трав. Выращивание сои с внесением минеральных азотно-фосфорных и органо-минеральных удобрений энергетически неэффективно из-за увеличения энергетической себестоимости 1 т семян на 14 - 69% и снижения чистого энергетического дохода на 1 га. Возделывание пшеницы в варианте с последствием длительного применения одних только азотных удобрений увеличило энергетическую себестоимость 1 т зерна на 0,14 ГДж, а на фоне повышенных доз минеральных удобрений понизило на 0,74 ГДж/т, по сравнению с контрольным вариантом. Применение минеральных азотных и азотно-фосфорных удобрений под однолетние травы существенно не повлияло на энергетическую себестоимость 1 т продукции, но внесение органо-минеральных удобрений в дозе $N_{24}P_{30}$ +навоз 12 т/га увеличивало этот показатель на 71% относительно контрольного варианта. Поэтому наиболее целесообразно в зерно-соевом севообороте применение минеральных (особенно азотных) удобрений под зерновые культуры и однолетние травы.

В целом за ротацию 5-польного севооборота наибольшие энергетические затраты (60,83 ГДж/га) и низкий биоэнергетический коэффициент отмечены в варианте с внесением $N_{24}P_{30}$ +навоз 4,8 т на 1 га севооборотной площади, а максимальный чистый энергетический доход (560,49 ГДж/га) – в варианте где применяли повышенные дозы минеральных удобрений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях Приамурья, согласно проведенным исследованиям, длительное применение удобрений в дозе $N_{42}P_{48}$ на 1 га севооборотной площади увеличивает актуальную, обменную и гидролитическую кислотности на 0,2 - 0,3 ед. и на 0,38 - 0,81 мг-экв/100 г почвы, снижает сумму поглощенных оснований Ca^{2+} и Mg^{2+} на 0,29 - 0,33 мг-экв/100 г почвы и степень насыщенности почвенного поглощающего комплекса основаниями на 2 - 3%, содержание подвижного K_2O на 14 - 20 мг/кг, соответственно на глубину до 40 - 60 см. Длительное применение одних только азотных удобрений в дозе N_{24} на 1 га севооборотной площади снижает содержание подвижного фосфора до 23 - 28 мг/кг почвы, то есть на 14 - 74% и его доступность растениям на 23% относительно варианта без применения удобрений.

Применение минеральных удобрений совместно с органическими в дозе $N_{24}P_{30}$ +навоз 4,8 т на 1 га севооборотной площади обеспечивает сохранение физико-химических свойств на уровне варианта без удобрений. Содержание подвижного P_2O_5 увеличилось на 97 - 118%, а его доступность растениям – на 136 - 165%.

На фоне длительного применения одних только азотных (N_{24}) и повышенных доз минеральных азотно-фосфорных ($N_{42}P_{48}$) удобрений отмечено увеличение биомассы микроорганизмов на 177 и 161 мг/кг и снижение целлюлозоразлагающей способности почвы на 1,7 и 1,2% соответственно, по сравнению с контрольным вариантом. Азотминерализующая способность почвы на фоне длительного применения минеральных удобрений при дополнительном внесении 25 кг азотных удобрений на 1 га сопровождается закреплением или газообразными потерями минерального азота. Увеличение дозы азотных удобрений до 50 - 100 кг/га способствует образованию минеральных форм азота в почве (экстра азот). При замене части минеральных удобрений эквивалентной дозой органических ($N_{24}P_{30}$ +навоз 4,8 т) возросла биологическая активность почвы: увеличилась нитрификационная способность на 2,2 мг $N-NO_3$ /кг, биомасса микроорганизмов на 161 мг/кг, по сравнению с контролем; азотминерализующая способность при дополнительном внесении малых доз азотных и фосфорных удобрений повысилась на 4,7 и 2,6 мг N/кг почвы.

Известь в дозе по 1 гидролитической кислотности (5,5 т/га) в первый год действия снизила актуальную кислотность на 0,4 - 0,6 ед., обменную – на 0,2 - 0,5 ед., увеличила степень насыщенности оснований на 4 - 7%. В третий год эффективность воздействия на почву повысилась, эти показатели изменились на 0,6 - 0,7 ед. рН и 7 - 8% соответственно по сравнению с фоновыми вариантами. Известь в третий год действия по сравнению с фоновыми вариантами снизила количество доступного растениям фосфора на 35 - 50% на фоне всех систем удобрения, но увеличила содержание гумуса на 0,10 и 0,11% на фоне длительного применения $N_{24}P_{30}$ и $N_{24}P_{30+}$ навоз 4,8 т на 1 га севооборотной площади.

Биомасса микроорганизмов на фоне длительного применения одних только азотных и повышенных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений снизилась в первый год после внесения извести на 205 и 98 мг/кг, а в третий – на 78 и 283 мг/кг почвы, соответственно. На фоне органо-минеральных удобрений известь повысила биомассу микроорганизмов на 97 мг/кг, целлюлозоразлагающую способность на 1,1 - 2,7% по сравнению с фоновыми вариантами.

Применение одних только азотных удобрений снизило урожайность сои на 0,20 т/га и не повлияло на продуктивность других культур. Длительное внесение $N_{24}P_{30}$ увеличило урожайность только однолетних трав на 3,9 - 9,4 т/га. Внесение повышенных доз минеральных и органо-минеральных удобрений увеличило урожайность пшеницы на 0,28 - 0,45 т/га и зеленой массы однолетних трав на 7,1 - 9,9 т/га. Урожайность сои увеличилась только на фоне длительного применения органо-минеральных удобрений на 0,16 - 0,40 т/га, по сравнению с контролем.

Применение азотных и азотно-фосфорных удобрений снизило содержание белка в семенах сои на 0,20 - 1,20%, в зерне пшеницы на 0,15 - 0,80% и содержание азота и кальция в зеленой массе однолетних трав на 0,13 - 0,27%, по сравнению с контрольным вариантом.

Известь в первый год действия снизила урожайность сои в вариантах без удобрений и с одними азотными удобрениями на 0,15 и 0,19 т/га и увеличила на 0,68 т/га только на фоне органо-минеральных удобрений. Во второй год действия извести урожайность пшеницы в вариантах без применения удобрений и с

внесением $N_{24}P_{30}$ и $N_{42}P_{48}$ снизилась соответственно на 0,38, 0,24 и 0,34 т/га, а в третий год после внесения извести урожайность однолетних трав увеличилась на 2,0 т/га только на фоне длительного применения $N_{24}P_{30}$ на 1 га севооборотной площади. На фоне других систем удобрений известь не оказывала существенного влияния на урожайность культур севооборота.

Сохранение и повышение плодородия луговой черноземовидной почвы, повышение продуктивности культур от применения минеральных удобрений возможно только на фоне органических удобрений вносимых не реже одного раза за ротацию севооборота. В зерно-соевом севообороте на луговой черноземовидной почве азотные удобрения даже в малых дозах (N_{24} на 1 га севооборотной площади) необходимо применять только совместно с фосфорными, причем, минеральные удобрения следует вносить под культуры, предшествующие сое. Эффективность извести зависит от обеспеченности почвы подвижным фосфором. Известкование луговой черноземовидной почвы при критическом содержании подвижного фосфора (24 - 28 мг/кг почвы) в условиях Приамурья может снизить урожайность сои. Поэтому известкованию должна предшествовать оптимизация фосфатного режима почв. При среднем и высоком содержании подвижного фосфора известкование наиболее эффективно на фоне органо-минеральной системы удобрения.

В условиях Приамурья выращивание сои с внесением минеральных азотно-фосфорных и органо-минеральных удобрений энергетически неэффективно: увеличилась энергетическая себестоимость 1 т семян на 14 - 69%, снизился чистый энергетический доход на 21%. Возделывание пшеницы по последствию повышенных доз азотно-фосфорных удобрений обеспечило снижение энергетической себестоимости 1 т зерна на 22% и максимальный (45%) уровень рентабельности производства. Внесение органо-минеральных удобрений под однолетние травы увеличило энергетическую себестоимость 1 т продукции на 71% относительно варианта без применения удобрений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматические ресурсы Амурской области / под ред. К.П. Березнякова. – Л: Гидрометеиздат, 1973. – 103 с.
2. Агрохимическая характеристика почв Зейско-Буреинской равнины и эффективность удобрений на них / под ред. Г.И. Иванова. – Хабаровское кн. изд-во, 1967. – 88 с.
3. Агрохимия / под ред. Ягодина. – М.: Мир, 2004. – 584.
4. Агрохимия почв юга Дальнего Востока: учебное пособие / под ред. А.М. Ивлева. – М.: Круглый год, 2001. – 104 с.
5. Аканова, Н.И. Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистых почв при систематическом применении минеральных удобрений в сочетании с известкованием / Н.И. Аканова // Вопросы известкования почв. – М.: Агроконсалт, 2002. С. 11–18.
6. Акбиров, Р.А. Влияние извести и удобрений на плодородие почвы и урожайность яровой пшеницы / Р.А. Акбиров, Ф.Ш. Гариффулин, А.Н. Загиров // Земледелие. – 2006. – № 6. – С. 18.
7. Ананьева, Ю.С. Содержание подвижных питательных веществ в чернозёмах и «дыхание» почвы в условиях высокого Алтайского Приобья / Ю.С. Ананьева, Е.В. Кононцева, С.А. Довбыш // Вестник Алтайского ГАУ. – 2007. – № 6. – С. 5–8.
8. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: МГУ, 1970. – С. 325.
9. Ашаева, Г.П. Биологическая активность почвы в условиях интенсивной химизации сельского хозяйства / Г.П. Ашаева // Повышение эффективности химизации в интенсивном земледелии. – Киров, 1988. – С. 70–72.
10. Бабаяров, М.Х. Влияние азотных удобрений и ризоторфина на урожайность сои / М.Х. Бабаяров // Технические культуры. – 1991. – № 5. – С. 37–40.
11. Барсуков, П.А. Последствия применения удобрений для окружающей среды (в условиях таежной зоны Западной Сибири) // Сибирский экологический журнал. – 1995. – С. 73–87.
12. Басистый, В.П. Влияние длительного применения удобрений на свойства почв: сб. науч. тр. / В.П. Басистый // Генезис,

химия и биология почв Приморья и Приамурья. – Владивосток, 1987. – С. 80–97.

13.Басистый, В.П. Влияние удобрений на минеральное питание и урожай яровой пшеницы / В.П. Басистый, Л.И. Белякова // Наука сельскому хозяйству: зерновые и крупяные культуры, соя. – Хабаровск, 1968. – С. 33–38.

14.Басистый, В.П. Применение известковых удобрений на переувлажненных почвах Приамурья / В.П. Басистый, В.В. Бурулака, Н.Д. Сысоров // Хабаровск. – 1965. – 65 с.

15.Башкин, В.Н. Определение азотминерализующей способности почв для экологически оптимального использования азотных удобрений / В.Н. Башкин, В.Н. Кудеятров // Фундаментальные науки – народному хозяйству. – М., 1990. – С. 271–272.

16.Башков, А.С. Влияние систематического известкования дерново-подзолистых суглинистых почв Удмуртии на их агрохимические свойства / А.С. Башков // Тезисы докладов 2-го съезда общества почвоведов. – М., 1996. – Кн. 1. – С. 332.

17.Башков, А.С. Микробиологическая активность дерново-подзолистой почвы при интенсивном земледелии / А.С. Башков, Л.Г. Комаревцева // Тезисы докладов 8 Всесоюзного съезда почвоведов. – Новосибирск, 1989. – Кн. 2. – С. 275.

18.Бегун, С.А. О влиянии нитрагина и микроэлементов на размеры клубеньков у сои / С.А. Бегун // Некоторые вопросы селекции, биологии и агротехники сои: научно-технический бюллетень. – Новосибирск, 1977. – Вып. 5, 6. – С. 72–78.

19.Белоцветова, О.Ю. Экологические аспекты сочетания известкования с фосфоритованием почв / О.Ю. Белоцветова // 2-я Октябрьская городская науч. конф. молодых ученых: тезисы докладов. – Пущино, 1997. – С. 220–221.

20.Бесланеев, С.М. Влияние удобрений на качество сельскохозяйственной продукции / С.М. Бесланеев, М.Б. Багов, О.М. Булатова // Агрохимический вестник. – 2008. – № 1. – С. 39.

21.Биологическая активность дерново-подзолистой почвы / Г.П. Дзюин [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2006. – № 8. – С. 75–79.

22.Биологическая оценка предшественников яровой пшеницы как регуляторов почвенного плодородия засушливой зоны

Поволжья / Ю.М. Возняковская [и др.] // Почвоведение. – 1994. – №1. – С. 70–74.

23.Большева, Т.Н. Влияние минеральных удобрений и известности на потери элементов питания из почвы / Т.Н. Большева // Оптимизация условий повышения плодородия почвы. – М., 1990. – С. 141–154.

24. Бурганов, Ф.Г. Эффективность известкования при безотвальной системе обработки почвы / Ф.Г., Бурганов, С.Ш. Нуриев, Р.З. Гарипов // 75 лет Татарскому НИИСХ: матер. науч.- практ. конф.. – Казань, 1996. – С. 85–87.

25.Бурлака, В.В. Поглощение растениями воды и питательных веществ в условиях анаэробноза / В.В. Бурлака // Наука – сельскому хозяйству. – Хабаровск, 1967. – С. 75–79.

26.Ваулин, А.В. Определение достоверности средних многолетних показателей краткосрочных полевых опытов при обработке результатов исследований методом дисперсионного анализа / А.В. Ваулин // Агрохимия. – 1998. – № 12. – С. 71–75.

27.Виноградский, С.Н. Микробиология почвы. Проблемы и методы / С.Н. Виноградский. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 790 с.

28.Влияние длительного применения минеральных и органических удобрений на фосфатный фонд чернозема типичного легкосуглинистого / Б.С. Носко [и др.] // Агрохимия. – 2008. – № 9. – С. 23–28.

29.Влияние известкования на биологическую активность и баланс гумуса в дерново-подзолистой суглинистой почве / Л.Н. Карягина [и др.]// Почвоведение. – 1991. – № 10. – С. 84–91.

30. Влияние многолетнего внесения удобрений на почвенно-поглощающий комплекс и микробное сообщество выщелоченного чернозема / И.Д. Свистова [и др.] // Агрохимия. – 2004. – № 6. – С. 16–23.

31.Влияние систематического применения минеральных удобрений и периодического известкования на плодородие чернозема выщелоченного лесостепи юга Нечерноземья / Моисеев А.А. [и др.]. // Научные основы производства сельскохозяйственной продукции: матер. науч.-практ. конф. – Саранск, 2006. – С. 43–54.

32.Воллейдт, Л.П. Поступление и использование азота удобрений ^{15}N на синтез белков в озимой пшенице / Л.П. Вол-

лейдт, С.С. Кузнецова // Сельскохозяйственная биология. – 1974. – Т.9. – № 4. – С. 505–509.

33.Волынкин, В.И. Влияние удобрений на урожай и качество зерна яровой пшеницы при разных погодных условиях / В.И. Волынкин, О.В. Волынкина // Агрохимия. – 1999. – № 5. – С. 48–54.

34.Гибанова, М.Н. К вопросу об известковании лугово-бурых почв / М.Н. Гибанова // Наука – сельскому и лесному хозяйству. – Владивосток, 1970. – С. 11–12.

35.Голов, Г.В. Почвы и экология агрофитоценозов Зейско-Буреинской равнины / Г.В. Голов. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 162 с.

36.Голубева, А.П. Нитрификационная способность почвы и факторы, влияющие на её эффективность / А.П. Голубева, З.М. Будникова // Бюллетень науч.-исслед. института удобрений и агропочвоведения имени Д. Н. Прянишникова. – М. – 1976. – № 28. – С. 73–79.

37.Горчев, А.А. Влияние длительного внесения удобрений на плодородие и продуктивность пашни / А.А. Горчев, Г.П. Дзюин, А.А. Долгих // Научные основы стратегии адаптивного растениеводства Сев.-Вост. Европейской части России: матер. науч.-практ. конф.. – Киров, 1999. – Ч. 1. – С. 180–185.

38.Грациенко, В.Г Программирование урожаев сои / В.Г. Грациенко, В.А. Степанищев // Технические культуры. – 1989. – № 5. – С. 18–19.

39.Грицун, А.Т. Применение удобрений в Приморском крае / А.Т. Грицун. – Владивосток: Дальневосточное книжное изд-во, 1964. – 438 с.

40.Гришин, Г.Е. Влияние известкования и систем удобрения на агрохимические свойства чернозема выщелоченного и продуктивность звена севооборота / Г.Е. Гришин // Вопросы известкования почв. – М.: Агроконсалт, 2002. – С. 64–74.

41.Губанов, П.Е. Особенности получения высоких урожаев сои в Поволжье / П.Е. Губанов // Технические культуры. – 1989. – № 4. – С. 10–12.

42. Гуменюк, А.Г. Эффективность известкования при разном удобрении кислой почвы / А.Г. Гуменюк, Б.А. Швайковский, А.В. Погорецкий // *Агрохимия*. – 1973. – № 1. – С. 92–98.

43. Гуревич, В.И. Сохранение и воспроизводство плодородия почв – основная задача в земледелии Сахалина / В.И. Гуревич, Л.В. Самутенко, Г.М. Лысенко // *Дальневосточный аграрный вестник*. – Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2009. – Вып. 1(9). – С. 34–36.

44. Гушевилов, Ж. Влияние продолжительного удобрения на биологическую активность карбонатного чернозема // *Растениеводческие науки* / Ж. Гушевилов. – 1998. – Вып. 35, № 6. – С. 448–452.

45. Гушевилов, Ж. Влияние продолжительного удобрения на биологическую активность серой лесной почвы // *Растениеводческие науки* / Ж. Гушевилов. – 1998. – Вып. 35, № 7. – С. 522–527.

46. Гушевилов, Ж. Некоторые последствия систематического двадцатилетнего удобрения кислых почв / Ж. Гушевилов // *Почвоведение и агрохимия*. – 1991. – Вып. 26, № 1–6. – С. 38–44.

47. Девятова, Т.А. Биологическая активность черноземов центра Русской равнины / Т.А. Девятова, А.П. Щербаков // *Почвоведение*. – 2006. – № 4. – С. 502–508.

48. Девятова, Т.А. Ферментативная активность чернозема выщелоченного при длительном систематическом применении удобрений / Т.А. Девятова // *Агрохимия*. – 2006. – № 1. – С. 12–15.

49. Дегтярева, И.А. Влияние различных доз извести на биологическую активность выщелоченного чернозема / И.А. Дегтярева, Е.И. Ломако, Я.Х. Яппаров // *Агрохимический вестник*. – 2003. – № 4. – С. 24–27.

50. Демкина, Т.С. Влияние длительного применения удобрений на дыхательную активность и устойчивость микробных сообществ почвы / Т.С. Демкина, Н.Д. Ананьева // *Почвоведение*. – 1998. – № 11. – С. 1382–1389.

51. Доросинский, Л.М. Повышение продуктивности бобовых культур и улучшение их качества / Л.М. Доросинский // *Минеральный и биологический азот в земледелии СССР*. – М.: Наука, 1985. – С. 142–150.

52. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: «Агропромиздат», 1985. – 351 с.

53. Дроздов, А.В. Особенности минерального питания сои в условиях Ульяновской области / А.В. Дроздов // Зерновые культуры. – 2000. – № 3. – С. 29–30.

54. Дука, В.И. Фосфатный режим дерново-подзолистых почв Прикарпатья при известковании / В.И. Дука, А.М. Ковальчук // Агрохимия. – 1972. – № 10. – С. 60–63.

55. Ермолаев, С.А. Влияние известкования на содержание и свойства гумуса / С.А. Ермолаев, Н.А. Зеленов // Матер. 39-й межд. конф. «Агроэкологическая эффективность применения средств химизации в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур». – М. 2005. – С. 42–44.

56. Ерморлина, В.И. Эффективность известкования и удобрений вновь осваиваемых земель / В.И. Ерморлина // Научные основы стратегии адаптивного растениеводства Сев.-Вост. Европейской части России: матер. науч.-практ. конф.. – Киров, 1999. – Ч. 1. – С. 171–175.

57. Завьялова, Н.Е. Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на трансформацию органического вещества дерново-подзолистой / Н.Е. Завьялова, А.И. Косолапова, В.Р. Ямалтдинова // Агрохимия. – 2005. – № 6. – С. 5–10.

58. Завьялова, Н.Е. Влияние известки на показатели плодородия дерново-подзолистой почвы / Н.Е. Завьялова, А.И. Косолапова, Е.М. Митрофанова // Плодородие. – 2005. – № 1. – С. 26–28.

59. Завьялова, Н.Е. Гумус и механический состав известкованной дерново-подзолистой почвы / Н.Е. Завьялова, А.И. Косолапова, Е.М. Митрофанова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2004. – № 5. – С. 66–74.

60. Завьялова, Н.Е. Изменение биологической активности дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений / Н.Е. Завьялова, В.Р. Ямалтдинова // Доклады российской академии с.-х. наук. – 2006. – № 3. – С. 39–42.

61. Известкование и ферментативная активность / Н.Г. Пушкарёва [и др.] // Агрохимический вестник. – 2008. – № 3. – С. 7–9.

62. Известкование кислых почв в Приморском крае: методические рекомендации / А.А. Федчун, Ю.И. [и др.]. – Владивосток, 1985. – 56 с.

63. Изменение физико-химических свойств серых лесных почв под влиянием удобрений / Окорков В.В. [и др.] // Вестник Российской академии с.-х. наук. – 2002. – № 5. – С. 33–35.

64. Казачков, Ю.Н. Эффективность макро- и микроэлементов и нитрагина под сою при возделывании на ровной и гребневой поверхности почвы: сб. науч. тр. / Ю.Н. Казачков, Г.А. Шелевая // Приемы повышения продуктивности в соеводстве. – Новосибирск, 1991. – С. 143–152.

65. Каличкин, В.К. Влияние известкования дерново-подзолистой почвы на химический состав растений / В.К. Каличкин, Н.С. Алексеева, И.Н. Минина // Вопросы известкования почв. – М.: Агроконсалт, 2002. – С. 91–98.

66. Канзываа, С.О. Влияние длительного применения удобрений на динамику гумуса в дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве / С.О. Канзываа // Бюллетень ВНИИ удобрений и агропочвоведения. – 2000. – № 113. – С. 11–12.

67. Керефова Л.Ю. Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от вида и сочетания удобрений при разных дозах и сроках их внесения / Л.Ю. Керефова, Х.С. Ташилов // Зерновое хозяйство. – 2007. – № 5. – С. 15–16.

68. Клебанович, Н.В. Влияние известкования на микрофлору и микробиологические особенности дерново-подзолистых почв Белоруссии / Н.В. Клебанович, Г.В. Мороз // Почвоведение. – 1998. – № 1. – С. 74–77.

69. Ковшик, И.Г. Влияние минеральных удобрений и извести на урожай сои / И.Г. Ковшик, В.Ф. Кузин, В.Г. Демченко // Пути повышения плодородия почв Приамурья: научно-технический бюллетень. – Новосибирск, 1982. – Вып. 18. – С. 3–12.

70. Ковшик, И.Г. Фосфор в почвах Амурской области и эффективность удобрений / И.Г. Ковшик, Е.Т. Наумченко // Фосфор в почвах Сибири: тр. СибНИИХИМ, СО ВАСХНИЛ. – Новосибирск, 1983. – С. 139–147.

71.Ковшик, И.Г., Закрепление фосфора удобрений в почвах в неусвояемой форме / И.Г. Ковшик, В.Г. Демченко // Научно-технический бюллетень. – Новосибирск, 1976. – Вып. 2. – С.81–87.

72.Коданев, И.М. Агротехника и качество зерна / И.М. Коданев. – М.: Изд-во Колос, 1970. – 232 с.

73.Конарев, В.Г. Белки пшеницы / В.Г. Конарев. – М.: изд-во Колос, 1980. – 195 с.

74.Кормилицин, В.Ф. Влияние удобрений на продуктивность поливной сои в Заволжье / В.Ф. Кормилицин // Агрохимия. – 1981. – № 1. – С. 75–78.

75.Косолапова, А.И. Значение известкования и минеральных удобрений для сохранения плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивность севооборота / А.И. Косолапова, Н.Е. Завялова, Е.М. Митрофанова // Доклады Российской академии с.-х. наук. – 2005. – № 2. – С. 31–32.

76.Костюкевич, Л.И. Влияние известкования и удобрений на содержание и состав гумуса дерново-подзолистой почвы / Л.И. Костюкевич, Н.Н. Алексейчик // Почвоведение. – 1990. – № 2. – С. 37–47.

77.Котвицкий, Б.Б. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность севооборота и агрохимические свойства дерново-подзолистых почв западного полесья УССР / Б.Б. Котвицкий // Земледелие. – 1990. – Вып. 65. – С. 30–36.

78.Котева, В. Влияние длительного применения минеральных удобрений на численность некоторых почвенных микроорганизмов / В. Котева // Почвоведение, агрохимия и экология. – 2002. – 37, № 1–3. – С. 53–56.

79.Кузин, В.Ф. Известкование кислых почв в Амурской области / В.Ф. Кузин, И.Г. Ковшик, М.С. Кузьмин, И.Г. Геращенко. – Новосибирск, 1983. – 56 с.

80.Кулаковская, Т.Н. Динамика калия при известковании и различном содержании его в почве / Т.Н. Кулаковская, Н.Н. Алексейчик, Н.А. Миронович // БНИИПА. Почвоведение и агрохимия. – Минск, 1970. – Вып. 7. – С. 37–43.

81.Кулаковская, Т.Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев / Т.Н. Кулаковская. – М.: изд-во Урожай, 1978. – 272 с.

82.Куликов, С.В. Биологическая активность лугово-черноземной почвы в зависимости от удобрений / С.В. Куликов, О.Ф. Хамова // Плодородие. – 2004. – № 6. – С. 23–24.

83.Куркаев, В.Т. Агрохимия: учеб. пособие / В.Т. Куркаев, А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2000. – 552 с.

84.Куркаев, В.Т. Влияние молибдена на сою при дополнительном применении / Куркаев В.Т. // Труды Амурской с.-х. опытной станции. – Хабаровск, 1965. – Т. 1. – С. 119–122.

85.Куркаев, В.Т. О видах и нормах удобрений под пшеницу, сою и кукурузу / В.Т. Куркаев // Труды Амурского НИИ по проблемам сельского хозяйства. – Хабаровск, 1966. – Т. 1. – С. 79–80.

86.Куркаев, В.Т. Почвы и диагностика питания растений в Приамурье / В.Т. Куркаев, Г.К. Шелевой, Р.Н. Степкина. – Новосибирск, 1978. – 92 с.

87.Куртесов, А.П. Вопросы улучшения плодородия дерново-подзолистых почв Суйфуно-Ханкайской равнины / А.П. Куртесов. – Владивосток, 1949. – 111 с.

88.Лебедева, Л.А. Эффективность минеральных удобрений и извести на дерново-подзолистой почве (на карбонатной почвообразующей породе) / Л.А. Лебедева, М.Г. Юлушев., Л.Н. Кабакина // Оптимизация условий повышенного плодородия почвы. – М., 1990. – С. 44–58.

89.Ломако, Е.И. Влияние основного и повторного известкования выщелоченного чернозема на агрохимические свойства и продуктивность сельскохозяйственных культур / Е.И. Ломако, Ф.Г. Бурганов, С.Ш. Нуриев // Бюллетень ВНИИ удобрений и агропочвоведения. – 2001. – № 115. – С. 44–46.

90.Любарская, Л.С. Влияние длительного систематического применения органических и минеральных удобрений на урожай культур и свойства почвы / Л.С. Любарская. // Влияние длительного применения удобрений на плодородие и продуктивность севооборотов. – М., 1968. – С. 436–474.

91.Мазен, Д.А. Состав обменных катионов в выщелоченном черноземе при длительном применении различных систем удобрения / Д.А. Мазен // Материалы 39-й международной науч. конф. «Агроэкологическая эффективность применения средств

химизации в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур». – М., 2005. – С. 12–15.

92.Макаров, Р.Ф. Влияние длительного применения удобрений на плодородие типичного чернозема и продуктивность севооборота / Р.Ф. Макаров, В.В. Архипова // Бюллетень ВНИИ удобрений и агропочвоведения. – 2001. – № 115. – С. 46–47.

93.Медведев, А.Г. Влияние азотных удобрений на продуктивность полевых севооборотов / Медведев А.Г. // Проблемы развития и научного обеспечения АПК Центрального Нечерноземья России: сб. матер. науч. сессии. – М., 1997. – С. 55–59.

94.Мерзлая, Г.Е. Влияние известкования и разных систем удобрения на физико-химические свойства чернозёма выщелоченного / Г.Е. Мерзлая, С.М. Надежкин, Е.В. Никулина // Вопросы известкования почв. – М., 2002. – С. 115–119.

95.Мерзлая, Г.Е. Плодородие почвы и продуктивность севооборота в зависимости от сочетаний и доз органических и минеральных удобрений / Г.Е. Мерзлая, Г.А. Зябкина, Т.П. Фомкина // Тезисы докладов 2-го съезда общества почвоведов. – М., 1996. – Кн. 1. – С. 369–370.

96.Минеев, В.Г. Агрохимические основы повышения качества зерна пшеницы / В.Г. Минеев, А.Н. Павлов. – М.: Изд-во Колос. – 1981. – 288 с.

97.Минеев, В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев. – М.: Изд-ва МГУ, «КолосС», 2004. – 720 с.

98.Минеев, В.Г. Агрохимия, биология и экология почвы / В.Г. Минеев, Е.Х. Ремпе. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 206 с.

99.Минеев, В.Г. Воспроизводство дерново-подзолистых почв после длительного применения минеральных удобрений / В.Г. Минеев, Н.Ф. Гомонова // Современное развитие научных идей Д.Н. Прянишникова / АН СССР, Всесоюзное общество почвоведов. – М., 1991. – С. 191–199.

100.Минеев, В.Г. Действие и последствие удобрения на плодородие дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы / В.Г. Минеев, Н.Ф. Гомонова // Агрохимия. – 2005. – № 1. – С. 5–13.

101.Минеев, В.Г. Изменение микробиоценоза и токсичность почв при применении высоких доз минеральных удобрений / В.Г.

Минеев, Е.Х. Ремпе // Биология почв антропогенных ландшафтов. – Днепропетровск, 1995. – С. 21–32.

102. Минеев, В.Г. О действии возрастающих доз азотных и фосфорных удобрений на содержание белка в зерне яровой пшеницы / В.Г. Минеев, В.Г. Аникст // Агрохимия. – 1978. – № 5. – 131–137.

103. Минеев, В.Г. Удобрение и качество продукции // Новое в жизни науки и техники / В.Г. Минеев // Знание. Серия «Сельское хозяйство». – М., – 1980. – № 10. – С. 63.

104. Минеев, В.Г. Химизация земледелия и природная среда / В.Г. Минеев. – М.: Агропромиздат, 1990. – 287 с.

105. Минеев, В.Г. Экологические последствия длительного применения повышенных и высоких доз минеральных удобрений / В.Г. Минеев, Е.Х. Ремпе // Агрохимия. – 1991. – № 3. – С. 35–49.

106. Миненко, А.К. Влияние извести и систематического применения органических и минеральных удобрений на биологическую активность дерново-подзолистой почвы / А.К. Миненко // Агрохимия. – 1968. – № 8. – С. 118–123.

107. Моисеев, А.А. Влияние известкования, севооборота, уровня окультуренности почвы и различных доз минеральных удобрений на продуктивность сои / А.А. Моисеев, Л.Н. Прокина, А.А. Ерофеев // Бюллетень ВНИИ удобрений и агропочвоведения. – 2000. – № 113. – С. 47–48.

108. Муха, В.Д. Изменение физико-химических свойств чернозема типичного при его длительном сельскохозяйственном использовании / В.Д. Муха, В.И. Лазарев // Агрохимия. – 2003. – № 1. – С. 5–7.

109. Надежкин, С.М. Влияние известкования и применения удобрений на плодородие чернозёма выщелоченного и продуктивность зернопропашного севооборота / С.М. Надежкин, Т.Б. Лебедева, М.В. Арефьева // Агрохимия. – 2006. – № 10. – С. 5–14.

110. Надежкин, С.М. Изменение плодородия чернозема выщелоченного при различных системах удобрений / С.М. Надежкин, Е.В. Надежкина, Т.Б. Лебедева // Тезисы докладов 2-го съезда общества почвоведов. – М., 1996. – Кн. 1. – С. 378–379.

111. Надежкина, Е.В. Влияние реакции среды на биологическую и ферментативную активность чернозема выщелоченного /

Е.В. Надежкина, С.М. Надежкин // Бюллетень ВНИИ удобрений и агропочвоведения. – 2001. – № 114. – С. 134–135.

112. Наумченко, Е.Т. Результаты длительного применения системы удобрений под сою в стационарном соево-зерновом севообороте: сб. статей координационного совещания / Е.Т. Наумченко, И.Г. Ковшик, А.В. Кондратова // Итоги исследований по сое за годы реформирования и направления НИР на 2005–2010 гг. Краснодар, 8–9 сентября 2004 г. – Краснодар, 2004. – С. 164–169.

113. Наумченко, Е.Т. Эффективность минеральных удобрений в зерно-соевом севообороте / Е.Т. Наумченко, А.В. Кондратова, И.Г. Ковшик. Сб. науч. тр. – Владивосток, 2006. – С. 72–75.

114. Наумченко, Е.Т. Эффективность минеральных удобрений под пшеницу на различных уровнях плодородия почв: сб. науч. тр. / Е.Т. Наумченко, И.Г. Ковшик, Т.Е. Абросимова // Пути воспроизводства плодородия почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур в Приамурье. – Благовещенск, 2000. – Вып. 6. – С. 122–129.

115. Небольсин, А. И. Экологические аспекты известкования кислых почв / А. И. Небольсин // Перспектива создания экологически чистых технологий возделывания с.-х. культур: тез. докл. – Л., 1990. – С. 84–86.

116. Небольсин, А.Н. Роль органического вещества в формировании кислотности и изменение гумусового состояния дерново-подзолистых почв при известковании / А.Н. Небольсин, З.П. Небольсина // Агрохимия. – 1998. – № 8. – С. 14–20.

117. Небытов, В.Г. Влияние известкования на агрохимические показатели чернозема выщелоченного, урожайность культур в севообороте при применении минеральных удобрений / В.Г. Небытов // Агрохимия. – 2004. – № 9. – С. 48–55.

118. Нестеров, А.А. Эффективность сочетания известкования с минеральными удобрениями на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве: автореф. дис. канд. с.-х. наук / А.А. Нестеров: ВНИИ удобрений и агропочвоведения. – М., 2000. – 18 с.

119. Неунылов, Б.А. Повышение плодородия почв рисовых полей Дальнего Востока / Б.А. Неунылов // Владивосток: Приморское кн. изд-во, 1961. – 239 с.

120. Никитишен, В.И. Агрохимические основы эффективного применения удобрений в интенсивном земледелии / В.И. Никитишен. – М.: Наука, 1984. – 214 с.

121. Никитишен, В.И. Изменение серых лесных почв ополей под влиянием длительного внесения удобрений / В.И. Никитишен // Почвоведение. – 2002. – № 2. – С. 205–215.

122. Николаева, В.Т. Урожайность и белковая продуктивность сои в зависимости от активности симбиоза при известковании и применении минеральных удобрений в условиях Приамурья: автореф. дис. канд. с.-х. наук (06.01.09, 03.00.07) / Николаева Валентина Тимофеевна; [Моск. сельскохозяйств. академия им. К.А. Тимирязева]. – М., 1985. – 15 с.

123. Ниловская, Н.Т. Продуктивность яровой пшеницы в зависимости от соотношения элементов минерального питания в среде / Н.Т. Ниловская, И.Н. Арбузова, Л.В. Осипова // Агрохимия. – 1982. – № 1. – С. 57–59.

124. Ниловская, Н.Т. Соотношение элементов минерального питания в среде и продуктивность яровой пшеницы: обзорная информация / Н.Т. Ниловская, И.Н. Арбузова, Л.В. Осипова. – М.: ВНИИТЦ-ЭСХ. – 1984. – 51 с.

125. Окорков, В.В. Влияние систем удобрения на плодородие серой лесной почвы Владимирского Ополя / В.В. Окорков // Агрохимия. – 1997. – № 9. – С. 20–28.

126. Оксененко, Н.И. Влияние извести и минеральных удобрений при систематическом их внесении на плодородие и продуктивность темно-серой лесной почвы / Н.И. Оксененко // Повышение эффективности функционирования АПК: тез. докл. – Курск, 1995. – С. 27–28.

127. Павлов, А.Н. Внешние условия и внутренние факторы, определяющие содержание белка в зерне / А.Н. Павлов // Проблемы белка в сельском хозяйстве. – М.: Изд-во «Колос», 1975. – С. 167–173.

128. Паринкина, О.М. Микробиологические аспекты уменьшения естественного плодородия почв при их сельскохозяйственном использовании / О.М. Паринкина, Н.В. Ключева // Почвоведение. – 1995. – № 5. – С. 573–581.

129. Пенчукова, Н.А. Особенности применения удобрений в Приамурье / Н.А. Пенчукова, Г.К. Шелевой. – Благовещенск, 1974. – 135 с.

130. Пенчукова, Н.А. Эффективность известкования / Н.А. Пенчукова, В.М. Тарануза, Н.И. Белый // Вопросы возделывания основных сельскохозяйственных культур в Амурской области. – Новосибирск, 1976. – С. 157–164.

131. Пестряков, А.М. Влияние известкования на плодородие темно-серой лесной почвы и продуктивность севооборота / А.М. Пестряков, Г.Д. Рощина, Е.А. Блинкова // Вопросы известкования почв. – М.: Агроконсалт, 2002. – С. 156–158.

132. Платонов, И.Г. Влияние периодического известкования, сельскохозяйственных культур и удобрений на запасы обменных оснований в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве и их пахотного слоя / И.Г. Платонов, В.Д. Полин, Тхиен Ле Ван // Доклады ТСХА. – 2000. – № 272. – С 18–22.

133. Повышение плодородия длительно сезонно-мерзлотных почв Зейско-Буреинской равнины: отчет о научно-исследовательской работе // Руководитель работы В.Ф. Прокопчук. – Благовещенск, 2000. – 33 с.

134. Поливцев, Н.Ф. Смещение и динамика реакции среды в почве при внесении / Н.Ф. Поливцев, Н.И. Аканова, А.А. Нестеров // Бюллетень ВНИИ удобрений и агропочвоведения. – 2000. – № 113. – С. 20–21.

135. Полянская, Л.М. Изменение состава микробной биомассы в почве при окультуривании / Л.М. Полянская, С.М. Лукин, Д.Г. Звягинцев // Почвоведение. – 1997. – № 2. – С. 206–212.

136. Полянская, Л.М. Содержание и структура микробной биомассы как показатель экологического состояния почв / Л.М. Полянская, Д.Г. Звягинцев // Почвоведение. – 2005. – № 6. – С. 706–714.

137. Попов Е.В. Влияние длительного применения удобрений на физико-химические свойства чернозёма выщелоченного / Е.В. Попов // Материалы 39-й международной науч. конф. «Агроэкологическая эффективность применения средств химизации в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур». – М., 2005. – С. 73–76.

138. Посыпанов, Г.С. Роль азота в использовании доступных питательных веществ из почвы и удобрений бобовыми культурами / Г.С. Посыпанов // Известия ТСХА. – 1971. – № 3. – С. 31–35.

139. Посыпанов, Г.С. Энергетическая оценка технологии возделывания полевых культур / Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов – М.: МСХА, 1995. – 21 с.

140. Практическая методика определения энергозатрат и энергоемкости производства продукции, а также потребностей в энергоресурсах / Е.К. Маркелова, А.В. Тихомиров, Р.В. Тузова [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 56 с.

141. Прокина, Л.Н. Влияние известкования и минеральных удобрений на формирование урожайности сои на черноземах выщелоченных: автореф. дис.... канд. с.-х. наук (06.01.09) / Прокина Людмила Николаевна; [Мордовский ун-т]. – Саранск, 2004. – 17 с.

142. Прокопчук В.Ф. Оптимизация фосфатного фонда луговых черноземовидных почв / В.Ф. Прокопчук // Матер. науч.-практ. конф. УНПК ДальГАУ. – Благовещенск, 2001. – Вып. 7. – С.129–134.

143. Прокопчук, В.Ф. Биологический круговорот азота в агроценозах Приамурья / В.Ф. Прокопчук // Проблемы экологии верхнего Приамурья. – Благовещенск, 2002. – Вып. 6. – С. 114–125.

144. Прокопчук, В.Ф. Влияние доз азотных удобрений на минеральное питание и урожай пшеницы / В.Ф. Прокопчук, И.Г. Ковшик // Интенсификация производства зерна в Амурской области: науч.-техн. бюл. –Новосибирск.– ВАСХНИЛ.– Сибирское отд. ВНИИ сои. – 1990. – Вып. 1. – 56 с.

145. Прокопчук, В.Ф. Влияние различных органических удобрений на свойства почв и урожайность сои / В.Ф. Прокопчук // Пути воспроизводства плодородия почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур в Приамурье: сб. науч. тр. ДальГАУ. – Благовещенск, 1999. – Вып. 5. – С. 3–12.

146. Прокопчук, В.Ф. Повышение эффективности минеральных удобрений под сою в Амурской области / В.Ф. Прокопчук, И.Г. Ковшик, Е.Т. Наумченко // Резервы повышения продуктивности сои: Сб. науч. тр. ВАСХНИЛ. Сибирское отд-е. ВНИИ сои. – Новосибирск, 1990. – С. 140–144.

147. Прокопчук, В.Ф. Почвы Зейско-Буреинской равнины и их трансформация в процессе сельскохозяйственного использования / В.Ф. Прокопчук // Зейско-Буреинская равнина: проблемы устойчивого развития: матер. Амурской науч.-практ. конф. – Благовещенск, 2001. – С. 64–71.

148. Прокопчук, В.Ф. Удобрение зерновых культур и сои при неполной обеспеченности минеральными удобрениями / В.Ф. Прокопчук // Наука – производству: матер. науч.-практ. конф. УНПК ДальГАУ. – Благовещенск-Ивановка, 1995. – С. 27–29.

149. Прокопчук, В.Ф. Фосфатный фонд почв Зейско-Буреинской равнины и его изменение при применении удобрений / В.Ф. Прокопчук // Почвоведение. – 2003. – № 7. – С. 835–841.

150. Прокопчук, В.Ф. Эффективность использования яровой пшеницей и соей фосфора из луговой черноземовидной почвы и минеральных удобрений / В.Ф. Прокопчук // Пути воспроизводства плодородия почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур в Приамурье. – 2000. – Вып. 6. – С. 46–55.

151. Псарева О.С. Влияние длительного применения удобрений на некоторые показатели почвы и продуктивность сахарной свеклы: труды молодых ученых / О.С. Псарева. – Воронеж, 2001. – № 2. – С. 52–57.

152. Пустовойтов Н.Д. Сезонно-мерзлотные почвы и их мелиорация / Н.Д. Пустовойтов. – М.: Наука, 1971. – 231 с.

153. Пути преодоления экологических последствий длительного применения минеральных удобрений в нечерноземной зоне / Н.Ф. Гомонова [и др.] // История взаимодействия общества и природы: факты и концепции: тез. док.. – М., 1990. – С. 136–137.

154. Регидратационный метод определения микробной биомассы в почве / С.А. Благодатский [и др.] // Почвоведение. – 1987. – № 4. – С. 64–73.

155. Ремпе, Е.Х. Изменение биологической активности и агрохимических свойств выщелоченного чернозема при систематическом внесении удобрений в условиях Мордовской АССР / Е.Х. Ремпе, Г.П. Наумова // Агрохимия. – 1989. – № 12. – С. 52–59.

156. Руководство по анализам кормов / под ред. Н.С. Ковалев. – М.: Изд-во Колос, 1982. – 74 с.

157. Русаков, В.В. Влияние известкования лугово-черноземных почв Приамурья на развитие симбиотического аппарата соей / В.В. Русаков, В.Т. Николаева // Агротехника возделывания полевых культур в Приамурье: науч.-техн. бюл. – Новосибирск. – 1986. – Вып. 25. – С. 48–57.

158. Рясинская, Л.М. Влияние извести на содержание обменных кальция и магния в лугово-бурых отбеленных почвах Приморья / Л.М. Рясинская, А.Т. Грицун // Генезис, химия и биология почв Приморья и Приамурья: сб. науч. тр. – Владивосток, 1987 – С. 125–133.

159. Рясинская, Л.М. Влияние извести на физические свойства лугово-бурых оподзоленных почв / Л.М. Рясинская // Влияние удобрений и извести на плодородие почв: труды Биолого-почвенного института. – Владивосток, 1973. – Т. 18 (121). – С. 58–62.

160. Салтанов, М.Д. Отношение сои к недостатку и оптимальному питанию кальцием, магнием и серой / М.Д. Салтанов // Биология, селекция и возделывание сои. – Благовещенск, 1971. – С. 181–121.

161. Сарычева, А.А. Физиолого-биохимические закономерности формирования качества зерна в различных агроэкологических условиях / А.А. Сарычева // Агрохимия. – 2002. – № 6. – С. 30–33.

162. Сафонов, А.Ф. Состояние плодородия почв и продуктивность полевых культур при длительном применении удобрений и известкования в бессменных посевах и севообороте / А.Ф. Сафонов, А.А. Алферов, М.А. Золотарев // Доклады ТСХА. – 2002. – № 274. – С. 231–235.

163. Сидорова, Г.М. Влияние длительного применения удобрений на гумусное состояние лугово-бурых оподзоленных почв Приморского края / Г.М. Сидорова, А.А. Федчун, А.А. Демин // Дальневосточные проблемы использования почв и рационального землеустройства. – Владивосток, 1996. – С. 21–23.

164. Синеговская, В.Т. Посевы сои в Приамурье как фотосинтезирующие системы / В.Т. Синеговская. – Благовещенск: ПКИ «Зея». – 2005. – 120 с.

165. Система земледелия Амурской области / под ред В.А. Тильба. – Благовещенск: ИПК «Приамурье», 2003. – 304 с.

166. Слабко, Ю.И. Удобрения в системе полевых севооборотов Приморского края / Ю.И. Слабко— Владивосток, 1985. – 64 с.

167. Сметанова, В.А. Влияние длительного применения удобрений на плодородие выщелоченного чернозема и каштановой почвы в условия юга России: автореф. дис.... канд. биол. наук (06.01.04) / Сметанова Виктория Анатольевна. – М.: МГУ, 2004. – 23 с.

168. Соловова, Г.К. Биологическая активность чернозема южного в условиях длительного применения органо - минеральных удобрений / Г.К. Соловова, В.В. Пронько // Современные проблемы почвоведения и экологии: сб. статей.- Всероссийская науч.-практ. конф. – Йошкар-Ола, 2006. – С. 106–109.

169. Степкина, Р.Н. Влияние системы удобрения полевого севооборота на урожай и качество пшеницы на лугово-черноземовидной почве / Р.Н. Степкина // Интенсификация производства зерна в Амурской области: Науч.-техн. бюл. – Новосибирск, 1990. – Вып. 1. – С. 23–29.

170. Степкина, Р.Н. Влияние удобрений при длительном их применении в севообороте на урожай и качество зерна сои / Р.Н. Степкина, Г.К. Шелевой // Увеличение производства сои на основе совершенствования условий питания: науч.-техн. бюл. – Новосибирск, 1987. – Вып. 31. – С. 9–18.

171. Степкина, Р.Н. Длительное применение удобрений в севообороте / Р.Н. Степкина, В.Т. Куркаев // Вопросы возделывания основных сельскохозяйственных культур в Амурской области. – Новосибирск, 1976. – С. 75–79.

172. Степкина, Р.Н. Изменение фосфатного режима лугово-черноземовидной почвы и продуктивность севооборота при длительном применении удобрений / Р.Н. Степкина, Г.К. Шелевой // Пути повышения плодородия почв и эффективность применения удобрений: науч.-техн. бюл.– Новосибирск, ВАСХНИЛ. Сиб. отд. ВНИИ сои, 1988. – Вып. 2. – С. 3–9.

173. Степкина, Р.Н. Результаты исследование длительного применения удобрений под сою в Приамурье / Р.Н. Степкина // Резервы повышения продуктивности сои: сб. науч. тр.– Новосибирск, 1990. – С. 127–132.

174. Степкина, Р.Н. Эффективность систематического применения удобрений в севообороте на лугово-черноземовидных

почвах Приамурья / Р.Н. Степкина. – Благовещенск: ДальГАУ, 2001. – 146 с.

175. Стрельченко, Н.Е. Структура фосфатного фонда пахотных почв Приморья, особенности его формирования и пути рационального использования / Стрельченко Н.Е. // Почвенный покров Дальнего Востока, проблемы его эффективного использования, мелиорации и охраны. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. – С. 124–131.

176. Тарасов, С.И. Агроэкологические особенности длительного применения бесподстилочного навоза / С.И. Тарасов, Н.А. Кумеркина // Химия в сельском хозяйстве. – 1996. – № 6. – С. 27–31.

177. Терентьев, А.Т. Почвы Амурской области и их сельскохозяйственное использование / А.Т. Терентьев. – Владивосток, 1969. – 273 с.

178. Терехова, С.С. Эффективность органических и минеральных удобрений на предкавказском выщелоченном чернозёме / С.С. Терехова, К.Б. Мамсуров, А.Г. Солдатенко // Бюл. ВНИИ удобрений и агропочвоведения. – 1991. – № 107. – С. 39–41.

179. Тильба, В.А. Микробиологические исследования некоторых почв под посевами сои на Дальнем Востоке / В.А. Тильба, Г.П. Голодяев // Науч.-техн. бюл. – Новосибирск, 1975. – Вып. 3–4. – 67 с.

180. Тильба, В.А. Совместное применение молибдена и нитрагина для предпосевной обработки семян сои / В.А. Тильба, С.А. Бегун // Увеличение производства сои на основе совершенствования условий питания: Науч.-техн. бюл. – Новосибирск, 1987. – Вып. 31. – С. 33–42.

181. Тишков, Н.М. Изменение агрохимических свойств чернозема выщелоченного при длительном применении удобрений в севообороте с масличными культурами / Н.М. Тишков // Науч.-техн. бюл. ВНИИ масл. культур. – 2003. – № 2. – С. 37–48,84.

182. Трепачев, Е.П. Минеральный азот и бобовые растения / Е.П. Трепачев, Н.А. Арташков // Агрохимия. – 1973. – № 6. – С. 3–12.

183. Трофимов, С.Н. Изменение свойств почв под влиянием удобрения культур полевого севооборота / С.Н. Трофимов, В.А.

Варламов // Проблемы антропогенного почвообразования: тез. докл. междунар. конф. – М., 1997. – Т. 1. – С. 206–208.

184. Тулин, С.А. Органические и минеральные удобрений на песчаных дерново-подзолистых почвах / С.А. Тулин, Н.Г. Ставрова // Химия в сельском хозяйстве. – 1996. – № 3. – С. 6–9.

185. Турчин, Ф.В. Азотное питание растений и применение азотных удобрений. – Избранные труды / Ф.В. Турчин. – М.: «Изд-во Колос», 1972. – 336 с.

186. Федоров, А.А. Влияние системы удобрений и доз извести на содержание и качественный состав гумуса в лугово-бурой почве / А.А. Федоров, Н.В. Хавкина // Агрохимия. – 1987. – № 8. – С. 58–67.

187. Федоров, А.А. Теория и практика известкования кислых почв Дальнего Востока / А.А. Федоров, В.П. Басистый. – Уссурийск, 2001. – 165 с.

188. Федчун, А.А. Влияние известкования на урожай сои и пшеницы в приморском крае / А.А. Федчун // Влияние удобрений и извести на плодородие почв: труды БПИ. – Владивосток, 1973. – Т. 18(121). – С. 70–76.

189. Федчун, А.А. Динамика кислотности и подвижных форм элементов в звене севооборота под соей и пшеницей / А.А. Федчун, В.И. Ознобихин // Роль культур полевого севооборота в плодородии почв Приморья. – Уссурийск, 1988. – С. 12–42.

190. Федчун, А.А. Известкование почв в Приморском крае: монография / А.А. Федчун. – Уссурийск, 1997. – 145 с.

191. Формы фосфатов в длительно удобряемой лугово-бурой оподзоленной почве и их сезонные изменения / Н.Е. Стрельченко [и др.] // Влияние удобрений и извести на плодородие почв: труды Биолого-почвенного института. – Владивосток, 1973. – Т. 18 (121). – С. 15–27.

192. Хасбиулина, Р.Г. Изменение почвенного плодородия и продуктивности севооборота под влиянием удобрений / Р.Г. Хасбиулина, Л.Н. Закирова // Современное состояние и рациональное использование почв: регион. науч. конф.. – Владивосток, 1997. – Кн. 2. – С. 91–95.

193. Хохлов, С.А. Удобрение сои в севообороте на выщелоченном черноземе Западного Предкавказья: тр. Кубанского гос. аграр. ун-та / Хохлов С.А., Куркаев В.Т. – 1994. – № 339. – С. 28–44.

194. Храмцов И.Ф., Воронкова Н.А., Хамова О.Ф. К вопросу об оценке Почвенно-микробиологических условий минерального питания сои / И.Ф. Храмцов, Н.А. Воронкова, О.Ф. Хамова // С.-х. биология. Сер. Биология растений. – 2002. – № 5. – С. 52–55.

195. Храмцов, И.Ф. Влияние длительного применения удобрений и приемов основной обработки на плодородие почвы и продуктивность севооборота / И.Ф. Храмцов, Н.Ф. Кочегарова // Матер. науч. чтений. – Новосибирск, 1997. – С. 209–11.

196. Христенко А.А. Оценка фосфатного состояния почв с использованием метода Чанга-Джексона / А.А. Христенко // Агрохимия. – № 8. – 1998. – С. 5–13.

197. Чеботарев, Н.Т. Влияние длительного внесения удобрений на плодородие подзолистой почвы и продуктивность культур в кормовом / Н.Т. Чеботарев, В.И. Ермолина, В.М. Кормановская // Агрохимия. – 2005. – № 4. – С. 5–9.

198. Чеботарев, Н.Т. Влияние длительного применения минеральных удобрений и извести на воспроизводство плодородия и продуктивность дерново-подзолистой почвы / Н.Т. Чеботарев, В.Н. Бубнова // Агрохимия. – 2008. – № 7. С. 18–21.

199. Чуркина, Г.Н. Изучение биологической активности южного карбонатного чернозема под влиянием органических и минеральных удобрений / Г.Н. Чуркина, Н.Я. Казанцев // Почвозащитная система земледелия и зерновое производство на Евразийском континенте в XXI веке: тез. докл. междунар.. науч.-теор. конф.. – Новосибирск, 1998. – С. 97–99.

200. Шарапов Н.И. Повышение качества урожая сельскохозяйственных культур / Н.И. Шарапов. – Л.: Изд-во Колос. – 1973. – 224 с.

201. Шелевой, Г.К. Влияние предшественников, удобрений и способов обработки на биологическую активность почвы под соей / Г.К. Шелевой, С.В. Рафальский, В.Ф. Ключева // Интенсификация возделывания сои на Дальнем Востоке. – Новосибирск, 1984. – С. 36–45.

202. Шелевой, Г.К. Влияние систематического применения удобрений на продуктивность культур зерно-соевого севооборота / Г.К. Шелевой, Р.Н. Степкина // Агротехника возделывания полевых культур в Приамурье: науч.-техн. бюл. – Новосибирск, 1986 – Вып. 25. – С. 29–37.

203. Шильников, И.А. Значение известкования и потребность в известковых удобрениях / И.А. Шильников, Н.И. Аканова, В.Н. Темников // Агрохимический вестник. – 2008. – №6. – С. 28–31.

204. Шильников, И.А. Итоги исследований по известкованию почв и задачи на 2001–2005 годы / И.А. Шильников, Н.И. Аканова, М.В. Никифорова // Бюллетень ВНИИ удобрений и агропочвоведения. – 2001. – № 115. – С. 87–90.

205. Ширская, Г.М. Эколого-микробиологическая оценка антропогенного воздействия на дерново-подзолистую почву / Г.М. Ширская, Н.Ф. Гомонова, И.Н. Скворцова // Тез. докл. 2-го съезда общества почвоведов. – М., 1996. – КН.1. – С. 426.

206. Шконде Э.И. Агрохимическая характеристика почв Зейско-Буреинской равнины / Э.И. Шконде // Почвенная и агрометеорологическая характеристика южной части Зейско-Буреинского междуречья. – Благовещенск, 1959. – С. 184–219.

207. Шморгунов, Г.Т. Влияние извести и минеральных удобрений на плодородие подзолистых почв в Республике Коми / Г.Т. Шморгунов, В.И. Ермолина, Н.В. Булатова // Бюллетень ВНИИ удобрений и агропочвоведения. – 2001. – № 114. – С. 185–186.

208. Щапова Л.Н. Влияние удобрений и извести на микробиологическую активность почвы / Л.Н. Щапова // Агрохимия. – 2005. – № 12. – С. 11–21.

209. Щапова, Л.Н. Биологическая активность естественных и антропогенно измененных почв юга Дальнего Востока / Щапова Л.Н. // Экологическое состояние и ресурсный потенциал естественного и антропогенно-измененного почвенного покрова: матер. науч. конф.. – Владивосток, 1998. – С. 167–170.

210. Щетинина, Л.Л. Гумусное состояние серой лесной почвы и факторы его определяющие при длительном применении удобрений / Л.Л. Щетинина, Л.Б. Климакова // Органическое вещество почв и методы его исследования. – Л., 1990. – С. 58–64.

211. Яковлева, Л.В. Роль минеральных удобрений в миграции кальция при известковании дерново-подзолистых почв / Л.В. Яковлева // Бюллетень ВНИИ удобрений и агропочвоведения. – 2001. – № 114. – С. 191.

212. Яковлева, Л.В. Экологические аспекты известкования дерново-подзолистых почв Северо-запада России: автореф. дис. ... доктора с.-х. наук (06.01.04) / Яковлева Лидия Владимировна // РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева. – С.-Петербург, 2009. – 45 с.

213. Янова, Г.Н. Изменение физико-химических свойств черноземов мощных малогумусных при интенсивном земледелии в условиях западной лесостепи Украины / Г.Н. Янова // Агрохимия. – 1992. – № 4. – С. 69–74.

214. Kieft T.L.. Microbial biomass response to a rapid increase in water potential when dry soil is wetted / T.L. Kieft, E. Soroker, M.K. Firestone // Soil Biol. Biochem. 1987. –V. 19. – P. 119–126.

215. Kristaponyte, I. Effect of fertilization systems on the balance of plant nutrients and soil agrochemical properties / I. Kristaponyte // Agron. res. 2005. – V.3, № 1, – P. 45–54.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Глава 1 ХАРАКТЕРИСТИКА УСЛОВИЙ, ОБЪЕКТОВ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ	4
1.1 Климатические и агрометеорологические условия.....	4
1.2 Характеристика почвы опытного участка.....	8
1.3 Методика исследований	10
Глава 2 ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА ФОНЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ.....	16
Глава 3. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА ФОНЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ.....	32
Глава 4. БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА ФОНЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ.....	46
4.1 Углерод микробной биомассы.....	50
4.2 Нитрификационная способность почвы	55
4.3 Азотминерализующая способность почвы.....	58
4.4 Целлюлозоразлагающая способность почвы	61
Глава 5 ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ И ИЗВЕСТИ НА УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ УРОЖАЯ.....	65
5.1 Урожайность сельскохозяйственных культур	71
5.2 Химический состав и качество урожая.....	80
Глава 6 ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ.....	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	95
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	98

*Науменко Александр Валерьевич,
Ковшик Иван Григорьевич,
Прокопчук Валентина Федоровна*

СВОЙСТВА ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЙ
И ИЗВЕСТКОВАНИЯ

Монография

Лицензия ЛР 020427 от 25.04.1997 г.
Подписано к печати 27.12.2012 г. Формат 60×90/16.
Уч.-изд.л. – 5,4. Усл.-п.л. – 7,8.
Тираж 500 экз. Заказ 241.

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии издательства ДальГАУ
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86

