



Питание зерновых колосовых культур на каштановых почвах Ставрополя

Багринцева В.Н.



Багринцева В.Н.

ПИТАНИЕ ЗЕРНОВЫХ КОЛОСОВЫХ КУЛЬТУР
НА КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ СТАВРОПОЛЬЯ

Москва

2015

Багринцева Валентина Николаевна – заведующая отделом технологии возделывания кукурузы ВНИИ кукурузы, доктор сельскохозяйственных наук.

В монографии дан обзор опытов с удобрениями, проводившихся на каштановых почвах засушливой зоны Ставропольского края с 1934 по 1983 гг., обобщены и изложены результаты собственных исследований автора в полевых опытах на каштановой почве края за 1984-1995 гг., а также дан анализ исследований по агрохимии за 1996-2008 гг. Исследования проводились в Прикумском филиале Ставропольского НИИСХ (Прикумской опытно-селекционной станции).

На основании материалов Буденновской зональной агрохимической лаборатории и опытных данных проанализированы тенденции изменения плодородия каштановой почвы при ее длительном интенсивном использовании, показана роль минеральных и органических удобрений в повышении обеспеченности почвы макроэлементами и органическим веществом. Выявлены закономерности влияния удобрений на урожайность зерновых культур и продуктивность зернопаровых севооборотов в условиях дефицита влаги. Обсуждены также экологические проблемы, возникающие при ведении земледелия в условиях дефицитного баланса питательных веществ в полевых севооборотах. Автором предложены варианты оптимизации системы удобрения в севооборотах засушливой зоны края.

Представленные в книге материалы являются основой для оптимальной, эффективной и экологически безопасной системы удобрения зерновых культур в засушливой зоне каштановых почв.

Книга адресована агрономам, фермерам, специалистам агрохимической службы, студентам агрономических специальностей высших и средних учебных заведений.

Рецензирование и редакция: Носов В.В., региональный директор Международного института питания растений по Югу и Востоку России, кандидат биологических наук.

ISBN 978-59905417-1-9



Монография издана при финансовой поддержке
Международного института питания растений

Международный институт питания растений
Филиал в Российской Федерации
125466, Москва, ул. Ландышева, д. 12, пом. XVIIА
Тел.: +7 495 580 64 14
Web: www.ipni.net, eeca-ru.ipni.net
E-mail: ipni-eeca@ipni.net

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Характеристика зоны каштановых почв.....	6
Плодородие каштановых почв.....	6
Климат зоны каштановых почв.....	9
Обзор полевых опытов с удобрениями.....	11
Влияние удобрений на плодородие каштановой почвы.....	17
Органическое вещество (гумус).....	18
Азотный режим почвы.....	23
Фосфатный режим почвы.....	32
Калийный режим почвы.....	40
Микроэлементы и тяжелые металлы в почве.....	53
Урожайность зерновых культур при применении удобрений.....	58
Азотные удобрения.....	60
Фосфорные удобрения.....	66
Калийные удобрения.....	72
Совместное использование минеральных и органических удобрений в севообороте.....	80
Микроудобрения, бактериальные удобрения и стимуляторы роста.....	86
Качество зерна.....	87
Окупаемость удобрений.....	98
Системы удобрения в севооборотах.....	100
Литература.....	106

ВВЕДЕНИЕ

Проблема увеличения производства зерна для более полного удовлетворения потребностей пищевой промышленности в высококачественном зерне и животноводства – в зернофураже является очень актуальной в земледелии. Ее решению уделялось внимание и раньше, над ней работают и в настоящее время.

Для Ставрополя рост производства зерна имеет принципиальное значение, поскольку край является одним из крупнейших зернопроизводящих регионов России. Особо остро проблема стабилизации урожайности зерновых культур стоит в засушливых районах, где выращивается около 50% производимого в крае зерна.

Почвенно-климатические ресурсы засушливой части Ставрополя позволяют при отсутствии крайне неблагоприятных погодных явлений получать достаточно высокие урожаи зерновых культур. В неблагоприятные годы недостаточное количество осадков, неравномерное их распределение по периодам вегетации зерновых, почвенная засуха и засухе вызывают снижение урожайности в 2 и более раз.

В районах, подверженных воздействию засухи, очень актуален поиск путей стабилизации урожайности зерновых культур. Удобрения являются наиболее действенным способом повышения урожая зерна и улучшения его качества. Прирост урожайности при оптимальном питании растений обеспечивает эффективное водопотребление.

Актуальной проблемой современного земледелия засушливых районов края является повышение плодородия каштановой почвы или поддержание его на одном уровне. Остро стоит проблема сохранения и воспроизводства органического вещества. Имеет место тенденция ухудшения фосфорного и калийного режимов каштановой почвы.

Проблемы повышения урожайности зерновых культур и воспроизводства почвенного плодородия в засушливых районах усугубляются спадом уровня применения органических удобрений ввиду их отсутствия и минеральных удобрений – вследствие диспаритета цен на удобрения и продукцию растениеводства.

Ведение земледелия в рыночных условиях требует рационального подхода к использованию средств повышения урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия почвы. Учитывая современные экономические отношения в сельском хозяйстве, большое значение имеет совершенствование системы удобрения в севооборотах с целью получения максимального объема растениеводческой продукции и воспроизводства почвенного плодородия при наименьших затратах удобрений, обеспечивающих их окупаемость урожаем. В связи с

этим, на основе анализа полученных на каштановых почвах засушливой зоны в разные годы результатов исследований по эффективности удобрений целесообразно определить стратегию современного эффективного использования средств повышения урожаев и почвенного плодородия.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОНЫ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ

Зона каштановых почв расположена в северо-восточной и восточной части Ставропольского края, занимая восточные отроги Ставропольской возвышенности, часть Приманычской и Прикаспийской низменности. Тип каштановых почв представлен темно-каштановым, каштановым и светло-каштановым подтипами. В распределении подтипов по территории края прослеживается следующая закономерность: темно-каштановые постепенно переходят в каштановые и светло-каштановые по мере продвижения от Ставропольской возвышенности к северо-востоку и востоку.

Темно-каштановые почвы встречаются в Благодарненском, Ипатовском, Новоселицком районах. Каштановые почвы распространены на территории Ипатовского, Арзгирского, Советского, Буденновского, западной половине Курского районов, светло-каштановые – на севере Арзгирского, на территории Левокумского, Нефтекумского и в восточной части Курского районов.

Высока доля встречающихся солонцеватых комплексов (Куприченков, Каргальцев, 1988). Каштановые почвы вместе с комплексующимися с ними солонцами и солончаками составляют 46% территории Ставропольского края (Антыков, Стоморев, 1970).

По данным П.В. Ключина и А.С. Цыганкова (2002), площадь темно-каштановых карбонатных и солонцеватых почв в Ставропольском крае составляет 1270,6; каштановых карбонатных и солонцеватых – 1052,0; а светло-каштановых карбонатных и солонцеватых – 409,2 тыс.га.

ПЛОДОРОДИЕ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ

Генезис каштановых почв – это результат почвообразования в условиях засушливого климата и растительности сухих степей (Родэ, 1947). Изменение физико-химических свойств каштановых почв и переход из одного подтипа в другие тесно связаны с зональными изменениями климата и растительного покрова. Главными особенностями процесса формирования каштановых почв являются замедленные темпы гумусообразования вследствие неблагоприятных, засушливых условий гумификации растительных остатков. По бонитировке темно-каштановые почвы имеют в среднем 50 баллов, каштановые – 40, светло-каштановые – 29 баллов.

Каштановые почвы бедны гумусом. В поверхностном слое его содержание колеблется от 2,5 до 1,8% в темно-каштановой и каштановой почвах и от 1,8 до 1,3% – в светло-каштановой почве (Карандашов, Подколзин, 1987).

Каштановый тип почв по сравнению с черноземным характеризуется более высоким содержанием карбонатов. Общие запасы карбонатов в слое 0-200 см наиболее высокие в светло-каштановом подтипе, в других подтипах они меньше. В комплексе с каштановыми и светло-каштановыми почвами пятнами встречаются карбонатные солонцы, характеризующиеся высоким содержанием CaCO_3 в профиле почвы до глубины 210-250 см с максимумом на глубине 30-60 см. Карбонатные солонцы характеризуются высокой плотностью и насыщенностью ППК натрием в горизонтах А1 и С.

Сумма обменных оснований убывает от темно-каштановых к светло-каштановым почвам с 28,4 до 19,3 мг-экв/100 г почвы (Куприченков, Каргальцев, 1988).

Подтипы каштанового типа почв неоднородны по гранулометрическому составу. Сохраняется закономерность облегчения гранулометрического состава по направлению с запада на восток, наиболее легкими являются светло-каштановые почвы.

Содержание валового азота в каштановых почвах колеблется от 0,12 до 0,25%, что значительно меньше, чем в черноземах (Антыков, Стоморев, 1970). Валового фосфора, по данным этих же авторов, в каштановых почвах содержится от 0,1 до 0,2%. Минеральные фосфаты представлены преимущественно фракцией труднорастворимых фосфатов кальция. Почвы бедны подвижными формами фосфора. По результатам первого тура обследования, проведенного в Ставропольском крае в 1964-1967 гг., в светло-каштановых, каштановых и темно-каштановых почвах подвижного фосфора по Мачигину содержалось от 10,0 до 17,2 мг P_2O_5 /кг почвы (Карандашов, Подколзин, 1987).

Содержание валового калия в каштановой почве, по данным Л.П. Черкасовой (1991), составляет 2,53%. В первом туре агрохимического обследования содержание подвижного калия в почвах восточной части Ставропольского края по району составляло 321-456 мг K_2O /кг почвы. Обеспеченность подвижным калием возрастает от темно-каштановых к светло-каштановым почвам.

Каштановые почвы имеют низкую обеспеченность подвижными формами цинка, меди, молибдена, кобальта (Рудин, 1961; Рудин, Шипотовский, 1975) и высокое содержание марганца и бора.

Изменения плодородия каштановых почв в процессе их использования при выращивании сельскохозяйственных культур определялись объемами применения удобрений. Как видно из табл. 1, применение фосфорных и калийных удобрений в соответствии с выносом фосфора и калия имело место в 80-е и до середины 90-х годов прошлого века (III-V туры обследования). В дальнейшем после реформирования сельского хозяйства произошел резкий спад объемов внесения удобрений.

Таблица 1. Внесение удобрений на 1 га обследованной площади светло-каштановых, каштановых и темно-каштановых почв, кг д.в./га (Подколзин, 2008)

Удобрения	Периоды обследований						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Фосфорные	2	5	24	40	18	5	4
Калийные	0	1	9	11	3	0	0

Таблица 2. Дефицит баланса азота, фосфора и калия в зоне светло-каштановых, каштановых и темно-каштановых почв, % (Подколзин, 2008)

Элементы питания	Периоды обследования						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
N	83	67	24	28	76	85	85
P ₂ O ₅	86	77	29	7	60	85	88
K ₂ O	89	85	59	57	81	94	94

Таблица 3. Динамика содержания гумуса в каштановых почвах в пахотном слое с 1964 по 2006 гг., % (Подколзин, 2008)

Почвы	Периоды обследования							Снижение, %
	II	III	IV	V	VI	VII		
Светло-каштановые, каштановые, темно-каштановые	1,9	1,7	1,8	1,7	1,8	1,7	11	
Светло-каштановые засоленные	2,4	2,0	1,8	1,9	1,7	1,8	25	

Таблица 4. Динамика содержания подвижных форм фосфора и калия в светло-каштановых, каштановых и темно-каштановых почвах (Подколзин, 2008)

Элементы питания	I тур	Изменения между турами						Повышение за 29 лет*	Снижение за 9 лет**
		II	III	IV	V	VI	VII		
мг/кг почвы									
P ₂ O ₅	17,3	+2,8	+1,4	+4,5	+3,0	+2,2	-3,0	+13,9	-3,0
K ₂ O	443,9	-26,2	-4,3	+23,3	+8,6	+14,5	-14,8	+15,9	-14,8

* С I по VI туры

** Между VI и VII турами

Земледелие в зоне каштановых почв на протяжении всего периода велось с большим дефицитом элементов питания (табл. 2). Вследствие недостаточного внесения органических и минеральных удобрений в каштановых почвах наблюдается снижение содержания органического вещества (табл. 3), а также подвижных форм фосфора и калия (табл. 4).

КЛИМАТ ЗОНЫ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ

Климат зоны каштановых почв (Восточного Предкавказья) континентальный с жарким и сухим летним периодом (Санин, 1926). Определяющим элементом климата являются осадки. Восточная часть Ставропольского края характеризуется небольшим количеством осадков и неравномерным их распределением в течение года.

По данным Буденновской метеостанции, среднемноголетнее годовое количество осадков в районе ее расположения составляет 354 мм. За период 1951-1985 гг. сумма осадков превысила среднемноголетнее значение, составив 389,6 мм. За период 1971-1995 гг. годовое количество осадков в среднем было равно 409,5 мм. Характерны резкие колебания количества осадков по годам. Так, в 1975, 1986 и 1994 годах сумма осадков составила 271-284 мм, в 1973, 1987, 2002 и 2003 годах – около 500 мм, а в 1992 и 1995 годах достигала 555-557 мм.

Несмотря на тенденцию к увеличению годового количества осадков, наблюдается цикличность повторения лет с крайне недостаточными условиями увлажнения (табл. 5).

Таблица 5. Годовое количество осадков, мм (по данным Буденновской метеостанции)

Год	Осадки	Год	Осадки	Год	Осадки
1972	333	1985	449	1998	312
1973	515	1986	272	1999	345
1974	330	1987	499	2000	421
1975	284	1988	478	2001	362
1976	309	1989	430	2002	504
1977	476	1990	396	2003	504
1978	360	1991	447	2004	435
1979	403	1992	555	2005	432
1980	377	1993	458	2006	452
1981	372	1994	271	2007	456
1982	429	1995	557	2008	422
1983	474	1996	412		
1984	441	1997	435		

Большая часть осадков выпадает в летнее время: за май-июль – 40% осадков, осенью – около 23%, за три зимних месяца – 15% годового количества. В зимний период осадки выпадают в виде снега, образующего неустойчивый снежный покров.

Переход среднесуточной температуры воздуха через $+10^{\circ}\text{C}$ в зоне каштановых почв отмечается, по среднемноголетним данным, 14-18 апреля, через $+15^{\circ}\text{C}$ – 2-7 мая (Справочник по климату СССР, 1966). Сумма температур выше $+10^{\circ}\text{C}$ за май-сентябрь по зоне достигает 3200-3600 $^{\circ}\text{C}$. Среднемноголетняя годовая температура воздуха составляет $+9,8^{\circ}\text{C}$. В летние месяцы среднесуточная температура воздуха в районе г. Буденновска превышает $+20^{\circ}\text{C}$, составляя $+21,3^{\circ}$ в июне, $+24,3^{\circ}$ – в июле и $+23,3^{\circ}$ – в августе.

Несмотря на то, что поступление осадков происходит в основном в весенне-летний период, из-за высоких дневных температур воздуха высока испаряемость влаги из почвы. Баланс увлажнения здесь отрицательный.

В испарении влаги из почвы большую роль играют восточные сухие ветры. Суховеи – ветры восточного и северо-восточного направления, имеющие скорость от 5 до 12 м/с и достигающие в отдельных порывах до 20 м/с, наносят большой вред сельскохозяйственным культурам.

Климатические ресурсы зоны каштановых почв ограничивают набор культур в богарном земледелии. В земледелии зоны каштановых почв зерновые культуры издавна занимают ведущее место. В бывшей Ставропольской губернии значительная часть зерна даже в конце 19-го и начале 20-го века производилась в уездах, расположенных в засушливой ее части (Суднов, 1947). При отсутствии крайне неблагоприятных явлений (низкие запасы влаги в почве во время сева, сухая осень, низкая температура воздуха зимой при отсутствии снежного покрова, почвенная и атмосферная засуха во время налива зерна) климатические условия позволяют получать здесь достаточно высокие урожаи зерновых культур.

Выращивание зерна в рассматриваемой зоне всегда было сопряжено с большими трудностями. Хорошие урожаи неоднократно чередовались с резким их снижением и даже гибелью посевов. История знает о больших недородах 1833, 1840, 1891, 1892, 1908, 1911, 1921, 1946, 1972, 1975 и 1979 годов (Суднов, 1947; Рябов, 1974; Петрова, 1986). Роль климата и погоды в формировании урожая зерновых культур подчеркивалась и другими исследователями (Селецкий, Гончаров 1969; Федотова, Павленко, 1972; Петров, 1992). В этих работах показана зависимость урожайности зерновых (в основном озимой пшеницы) от количества осадков, запасов продуктивной влаги в почве осенью и весной, времени возобновления весенней вегетации, почвенных и атмосферных за-

сух, пыльных бурь. Засушливость климата накладывает отпечаток на особенности эффективности минеральных и органических удобрений в этой зоне.

ОБЗОР ПОЛЕВЫХ ОПЫТОВ С УДОБРЕНИЯМИ

Научные исследования эффективности применения удобрений на каштановых почвах в основном велись на Прикумской опытно-селекционной станции, расположенной в г. Буденновске.

Сохранилось мало сведений об опытной работе в этой зоне за первые 30 лет 19-го века. В 1912 г. были начаты исследования на организованном здесь Опытном показательном поле. В 1924 г. Опытное поле было преобразовано в Сельскохозяйственную опытную станцию. В основном научно-исследовательская работа велась по селекции, сортоиспытанию зерновых, кормовых и технических культур и способам обработки почвы.

По утверждению В.Г. Александрова (1936), в засушливой зоне каштановых почв применение удобрений не имело место до 1935 г. Среди ученых и агрономов существовало мнение, что удобрения в этих условиях вносить не нужно. Делались ссылки на сухость климата, при котором в условиях лимита влаги удобрениями нельзя повысить урожайность полевых культур. В.Г. Александров указывал, что в единичных непродолжительных опытах, проведенных до 1934 г. Ставрополь-Кавказской сельскохозяйственной опытной станцией, были получены отрицательные результаты, свидетельствовавшие об очень низкой эффективности удобрений. Редкие положительные заключения о действии удобрений не принимались во внимание.

В 1932 г. после реорганизации сельскохозяйственной опытной станции в Институт неорошаемого хлопководства новых районов (НовНИХИ) исследованиям в области агрохимии стало уделяться больше внимания. Была организована лаборатория почвенной химии.

Опыты, проведенные в 1934-1938 гг., показали, что утверждение о нецелесообразности применения удобрений на каштановых почвах было ошибочным. Е.А. Кузнецов (1939), анализируя результаты опытов, проведенных в засушливых районах (Ипатовском, Буденновском, Степновском), писал: «Совершенно неправильно, когда пытаются утверждать, что в засушливых районах при недостатке влаги удобрения делают почвенный раствор слишком сильным и это действует во вред растению. Практический опыт показывает, что применение удобрений не действует во вред, а, наоборот, значительно повышает урожайность».

П.М. Фокеев (1940), обобщая данные полевых опытов, проводившихся в условиях засушливого климата, на совещании по вопросам

применения удобрений на юго-востоке страны в 1939 г. отмечал: «В свете сообщенных материалов о положительном действии удобрений на юго-востоке кажется странным, что здесь долгое время господствовала теория неэффективности действия удобрений». По мнению П.М. Фокеева, в проводившихся ранее опытах имел место ряд погрешностей: применялась поверхностная заделка удобрений при разбросном внесении, вносились мизерные дозы удобрений (16 кг/га P_2O_5 , 3-4 кг/га N), были низкий уровень агротехники и невысокая продуктивность сортов. По его мнению, неверным было то, что результаты исследований не привязывались к погодным условиям; вычисляя средние показатели за ряд лет, опытники приходили к выводу о низкой эффективности удобрений.

Е.А. Кузнецов (1939) писал, что на каштановых почвах, так же как и на черноземах, наибольшее действие на озимую пшеницу оказывает полное минеральное удобрение. В дозах по 30-45 кг д.в./га азот, фосфор и калий дали прибавки в 5-ти опытах, проведенных в 1936-1938 гг. в засушливой зоне на каштановых почвах. На первом месте по эффективности автор ставил полное удобрение, на второе – сочетание азот + фосфор.

По данным того же Е.А. Кузнецова (1939), на азотно-фосфорном фоне давал эффект и калий. Автор указывал, что в среднем из данных 5-ти опорных пунктов абсолютный вес зерна пшеницы от калия повысился с 25,8 до 27,4 г, а натура – с 732 до 746 г/л. Е.А. Кузнецов приводил результаты опытов с весенней подкормкой озимой пшеницы калийной солью, обеспечивавшей устойчивость к ржавчине и повышение урожайности. В опытах 1936-1938 гг. было установлено, что прибавка урожая увеличивалась с увеличением дозы калия с 30 до 60 кг K_2O /га.

В 1936-1938 гг. И.Г. Моисеевым проводились исследования по улучшению физических свойств солонцеватых каштановых почв гипсованием. Было выявлено положительное влияние гипса на агрегатный состав почвы, ее водопроницаемость, урожайность полевых культур. С помощью этих исследований были установлены оптимальные дозы гипса (3-5 т/га) и лучший срок внесения (под зяблевую вспашку).

В 1934-1937 гг. С.С. Раевской изучалась эффективность применения удобрений под хлопчатник, и в результате была выявлена высокая потребность культуры в фосфоре. В опытах НовНИХИ было установлено повышение устойчивости хлопчатника к гомозу при удобрении калием.

В эти годы была выполнена обширная научная работа по изучению эффективности применения удобрений под хлопчатник. Было установлено, что в условиях засушливого климата главным условием высокой эффективности удобрений является глубокая их заделка в почву.

С 1941 г. научные исследования по применению удобрений прекратились в связи с началом Великой Отечественной войны и были возобновлены в 1955 г. после преобразования НовНИХИ в Ставропольский НИИ сельского хозяйства.

Обширная научная работа была проведена В.А. Писемской (1957) по изучению эффективности применения удобрений под озимую пшеницу. В 1955 и 1956 годах были получены прибавки урожая зерна озимой пшеницы по чистому пару от внесения азота в подкормку в фазе кущения и выхода в трубку.

В другом опыте В.А. Писемской изучалась эффективность внесения в подкормку сульфата аммония и аммиачной селитры. Было установлено равное действие на урожайность озимой пшеницы по чистому пару весенних подкормок данными формами азотных удобрений.

В 1955 и 1956 годах В.А. Писемская изучала влияние фосфорных удобрений, внесенных в дозе 30 кг P_2O_5 /га до посева и в весеннюю подкормку, на урожайность озимой пшеницы сорта Одесская 16 по паровому и непаровому предшественникам. В 1957 и 1958 годах ею были проведены полевые опыты по изучению эффективности различных форм фосфорных удобрений в действии и последствии в звене севооборота: чистый пар – озимая пшеница – озимая пшеница (Писемская, 1959).

В эти годы В.А. Писемской (1959) были проведены очень интересные агрохимические и микробиологические исследования по изучению эффективности чистых и занятых паров. Изучалась скорость разложения пожнивных и корневых остатков таких парозанимающих культур как вико-ржаная, вико-ячменная, овсяно-ячменная смесь, кукуруза, сорго. Проводился анализ микрофлоры в динамике. Было выявлено, что черный пар характеризуется большим количеством азотобактера, аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий. В почве после занятых паров увеличивается численность целлюлозоразрушающих бактерий и актиномицетов в связи с большим количеством корневых остатков, требующих для разложения наличия этих микроорганизмов.

В почве под кукурузой возрастала численность фосфатрастворяющих бактерий, для которых, по-видимому, здесь создавались благоприятные условия. Занятые кукурузой пары выделялись повышенным содержанием свободной фосфорной кислоты в почве.

В 50-ые годы в НовНИХИ агрохимические исследования велись в комплексе с микробиологическими, что позволило получить глубокую и обширную информацию о действии удобрений на почвенную микрофлору, растения и их продуктивность.

В.Г. Александровым была подробно изучена деятельность в каштановой почве силикатных (калиймобилизующих) бактерий, способных

разрушать алюмосиликаты и переводить калий в усвояемые растениями формы. Изучалась динамика развития этих бактерий и ее связь с содержанием доступного калия в почве, исследовалось также влияние влажности почвы на ее обеспеченность обменным калием.

В опытах НовНИХИ в 1950 г. при внесении азотно-фосфорных удобрений совместно с применением силикатных бактерий В.Г. Александров (1953) наблюдал лучший рост хлопчатника, чем без их применения.

Были проведены опыты по изучению способов внесения силикатных бактерий в почву: обработка семян хлопчатника смесью бактерий и суперфосфата, внесение во время цветения на глубину 20 см в междурядья с помощью растениепитателя конструкции НовНИХИ.

С открытием действия силикатных бактерий, способных переводить калий алюмосиликатов в усвояемые растениями формы, появилось ошибочное мнение, что естественных запасов калия в почве достаточно и что, используя силикатные бактерии и азотно-фосфорные удобрения, можно значительно улучшить питание растений. В виду высоких запасов алюмосиликатов даже предлагалось не тратить средства на применение калийных удобрений на каштановой почве.

Теория нецелесообразности применения калийных удобрений на каштановых почвах существовала длительное время. Основанием для исключения калия из системы удобрения зерновых культур послужило также обнаруженное в каштановых почвах высокое содержание этого элемента в подвижной форме, извлекаемой 1% раствором карбоната аммония (Челядинов, Стоморев, 1964).

В 1962 г. после перевода СНИИСХа в Шпаковский район на прежнем месте была организована Ставропольская восточная опытная станция. Отделом агрохимии были продолжены полевые опыты с удобрениями.

В 1965-1966 гг. П.В. Гневушевым были проведены исследования по изучению эффективности внесения под кукурузу на силос различных доз перегноя и минеральных удобрений.

О.М. Захаровой в 1966-1968 гг. изучалась эффективность весенних азотных подкормок на второй после чистого пара озимой пшенице. Было установлено, что подкормки дают существенные прибавки урожая зерна в благоприятные по увлажнению годы.

В 1967-1970 гг. С.С. Савковой и А.М. Бушуевой изучалось влияние основного и припосевного способов внесения фосфорных удобрений на урожайность озимой пшеницы по разным предшественникам. Исследованиями авторов установлено, что на фоне допосевного внесения фосфорных удобрений припосевное внесение не обеспечивает существенного повышения урожайности озимой пшеницы. При рядковом

внесении гранулированного суперфосфата под озимую пшеницу обеспечивалась более высокая окупаемость удобрения, чем при внесении до посева.

В 1969 г. лабораторией агрохимии станции были начаты научные исследования в длительных опытах в севооборотах. Накопленный экспериментальный материал по изучению влияния разных предшественников на урожайность основной полевой культуры – озимой пшеницы (Петров, 1969; Селецкий, Гончаров, 1969) позволил разработать разные схемы продуктивных севооборотов для засушливой зоны. В севообороте, как главному гаранту стабильных урожаев зерна, центральное место отводилось чистым и занятым парам (Федотова, Павленко, 1972, 1976; Максименко, 1980; Пенчуков, 1986).

Под руководством и при участии В.И. Запорожцева был заложен опыт по изучению ежегодного и запасного способов внесения фосфорных удобрений без азотных и на фоне применения азотных удобрений. Удобрения вносили в типичном для зоны севообороте: чистый пар – озимая пшеница – озимая пшеница – озимая рожь на зеленый корм – озимая пшеница – озимая пшеница. Стационар функционировал до 1996 г. и дал интереснейшую информацию по влиянию удобрений на плодородие каштановой почвы и урожайность зерновых культур. В.И. Запорожцевым и Н.Н. Крестьяниновым выявлена высокая эффективность фосфорных удобрений при внесении в запас на звено или весь зернопаровой севооборот за один прием (Запорожцев, 1975, 1976, 1977).

В 1969 г. на полях отдела земледелия был заложен уникальный стационарный опыт с системой удобрения в шестипольных севооборотах. Использование минеральных удобрений впервые было спланировано в виде системы удобрения чистых и занятых паров, озимой пшеницы и ярового ячменя. Лаборатория агрохимии в течение двух ротаций севооборотов проводила агрохимические исследования почвы, изучала вынос и баланс элементов питания растений.

Кроме исследований в стационарных опытах, В.И. Запорожцев и Н.Н. Крестьянинова провели в 1973-1980 гг. несколько краткосрочных опытов по совершенствованию системы удобрения озимой пшеницы в засушливой зоне каштановых почв. В 1973-1974 гг. были проведены опыты по изучению эффективности азотных подкормок сортов озимой пшеницы Безостая 1 и Одесская 51. Согласно полученным данным, на фоне основного внесения удобрений в дозах 30-90 кг N/га и 60 кг P₂O₅/га весенняя подкормка азотом в дозе 30 кг N/га в фазе выхода в трубку не обеспечивала существенного повышения урожайности озимой пшеницы как по пару, так и по полупару. Однако азотная подкормка значительно повышала качество зерна пшеницы.

В 1978-1980 гг. Н.Н. Крестьяниновой было изучено влияние воз-

растающих доз фосфорных удобрений на урожайность озимой пшеницы по чистому пару (Крестьянинова, 1985, 1989). В этих работах показана высокая эффективность применения фосфорных удобрений на каштановой почве с низкой степенью обеспеченности подвижным фосфором и доказана зависимость эффективности фосфорных удобрений от обеспеченности почвы азотом.

Полученные к 1983 г. в стационарных опытах результаты исследований по влиянию удобрений на почву и урожайность сельскохозяйственных культур выявили необходимость проведения длительных опытов по разработке систем удобрения для севооборотов. В связи с этим на опытном участке лаборатории агрохимии В.Н. Багринцевой (Довгаль) и Н.А. Ходжаевой в 1984 г. был заложен стационарный опыт для изучения эффективности органических и минеральных удобрений при их совместном применении в зернопаровом севообороте: чистый пар – озимая пшеница – озимая пшеница – чистый пар – озимая пшеница – яровой ячмень. Схема опыта состояла из 16-ти вариантов (указаны дозы удобрений на севооборот): 1) без навоза (фон 1); 2) N180P100; 3) N240P150; 4) N300P200; 5) навоз 20 т/га (фон 2); 6) фон 2 + N180P100; 7) фон 2 + N240P150; 8) фон 2 + N300P200; 9) навоз 40 т/га (фон 3); 10) фон 3 + N180P100; 11) фон 3 + N240P150; 12) фон 3 + N300P200; 13) навоз 60 т/га (фон 4); 14) фон 4 + N180P100; 15) фон 4 + N240P150; 16) фон 4 + N300P200. Повторность вариантов – четырехкратная, повторение во времени – трехкратное на трех полях.

В опыте использовали бесподстилочный навоз КРС с содержанием общего азота в среднем по годам 0,98%, фосфора – 0,51% и калия – 2,08%. Навоз вносили под вспашку пара, фосфор – в виде простого суперфосфата до посева, азот – в виде аммиачной селитры под культивацию до посева, а также в виде мочевины в подкормку в фазе колошения.

Для изучения целесообразности применения калийных удобрений под зерновые культуры в 1988 г. В.Н. Багринцевой и Т.П. Сафроновой был заложен полевой длительный опыт. Исследования проводили в зернопаровом севообороте: чистый пар – озимая пшеница – озимый ячмень. Варианты удобрений были следующие: 1) Без удобрений, 2) K60, 3) K120, 4) K180, 5) NP (фон), 6) Фон + K60, 7) Фон + K120, 8) Фон + K180.

Фон создавали внесением двойного суперфосфата в дозе 120 кг P_2O_5 /га под вспашку на звено севооборота. Азотные удобрения (аммиачную селитру) в дозе 60 кг N/га вносили под культивацию до посева озимой пшеницы. Калий вносили в виде хлористого калия. Схема опыта была составлена таким образом, чтобы можно было изучить прямое действие калийных удобрений и их последствие. Каждая де-

лянка была разделена на две половины. На одну половину делянки вносили калий под первую озимую пшеницу после чистого пара, на другую половину – под вторую озимую пшеницу после пара.

Во втором звене севооборота на первую половину делянки вносили удобрения под озимую пшеницу после чистого пара, на вторую – под озимый ячмень. Под озимый ячмень без фона NP и на фоне NP калий вносили в дозах 0, 30, 60 и 90 кг K_2O /га.

В следующих главах книги будут представлены результаты исследований лаборатории агрохимии Прикумского филиала СНИИСХ (Прикумской опытно-селекционной станции) за 1984-1996 гг., полученные в длительных полевых опытах с удобрениями и позволившие выявить основные закономерности изменения агрохимических свойств каштановой почвы и урожайности зерновых культур в севооборотах.

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ПЛОДОРОДИЕ КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ

Плодородие почвы определяют агрофизические (плотность, пористость, структура, гранулометрический состав), агрохимические (состав поглощающего комплекса и почвенного раствора, реакция почвенного раствора, содержание органического вещества, мощность гумусового слоя, содержание основных элементов питания – азота, фосфора, калия, а также микроэлементов) и биологические свойства (численность микроорганизмов, их видовой состав, ферментативная активность, определяющие нитрифицирующую, денитрифицирующую и азотфиксирующую активность почвы, интенсивность разложения целлюлозы и выделения CO_2).

Почва – сложная живая экосистема. В ней в ходе биологических процессов изменяются агрохимические свойства, которые в определенной мере вызывают изменения физических свойств.

На рост, развитие растений и их продуктивность сильнее всего влияет химический состав почвы, т.е. содержание питательных веществ. Присущее каштановым почвам содержание макро- и микроэлементов, сформировавшееся в естественных климатических условиях, в процессе сельскохозяйственного использования может очень сильно изменяться. На содержание элементов питания в почве наиболее значительное влияние оказывает тип севооборота (чередование сельскохозяйственных культур в севообороте), а также внесение органических и минеральных удобрений. После уборки урожая в почве в зависимости от вида сельскохозяйственной культуры остается определенное ко-

личество пожнивно-корневых остатков. Влажность корнеобитаемого слоя почвы после каждой возделываемой культуры также различна. В связи с этим для жизнедеятельности микроорганизмов складываются условия, специфичные для определенной предшествующей культуры. В процессе разложения органической массы пожнивно-корневых остатков микроорганизмами в почве накапливаются подвижные формы азота, фосфора и калия. Это и определяет средообразующую роль предшественников для основных полевых культур. Сменяя друг друга в севообороте, возделываемые культурные растения влияют на показатели биологических, агрохимических и физических свойств почвы. При длительном функционировании севооборота проявляется та или иная тенденция его воздействия на почву.

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО (ГУМУС)

Основу плодородия почв составляет их органическое вещество – гумус, который образуется в результате разложения микроорганизмами остатков растений. Специфические вещества гумуса представлены гумусовыми кислотами и полисахаридами. Гумус является источником минеральных элементов питания для растений, улучшает такие физические свойства почвы, как плотность, структурность, влагоемкость и водопроницаемость. В связи с этим хозяйственная деятельность человека должна быть направлена на сбалансированность процессов гумусообразования и минерализации гумуса, на увеличение запасов гумуса или на его сохранение.

Процесс образования гумуса называется гумификацией. Имеющиеся в почвах запасы гумуса можно рассматривать как интегральный итог продолжавшегося в течение длительного времени продукционного процесса жизнедеятельности микроорганизмов, сопровождавшегося разложением растительного опада и корневых остатков. Одновременно происходит обратный процесс разложения гумуса (минерализация), в результате которого высвобождаются в легкодоступных для растений формах питательные вещества. Минерализация гумуса осуществляется также в результате воздействия на него микроорганизмов.

В естественных почвообразовательных процессах имеет место накопление гумуса. При вмешательстве человека в почвообразование через севооборот, систему обработки почвы может прогрессировать минерализация гумуса. Исследованиями лаборатории агрохимии Прикумского филиала установлено, что различные севообороты засушливой зоны оказывают влияние на обеспеченность каштановой почвы

гумусом (Багринцева и др., 2000). В табл. 6 показано содержание гумуса в слое каштановой почвы 0-20 см в конце первой, второй и третьей ротаций шести разных севооборотов в среднем по трем полям. На содержание гумуса наиболее существенное влияние оказывали севообороты 1, 5 и 6. Чередование чистого пара и озимой пшеницы в первом севообороте в течение 18-ти лет привело к существенному снижению содержания гумуса в почве. За 18 лет чередования чистого пара и озимой пшеницы без внесения удобрений запасы гумуса уменьшились на 4,8 т/га (табл. 7). Существенное снижение содержания гумуса и его запасов в этом севообороте произошли и на фоне фосфорных удобрений. Размеры снижения содержания гумуса на удобренном фоне находились на том же уровне, что и без применения удобрений. Содержание гумуса на фоне удобрений снизилось на 0,17% (с 1,60% в начале опыта до 1,43% в конце). Запасы гумуса при этом уменьшилось на 4,3 т/га. Применение фосфорных удобрений не обеспечило сохранение запасов гумуса в почве на исходном уровне.

В севооборотах с эспарцетом (№5 и №6), напротив, произошло повышение содержания и запасов гумуса в пахотном слое почвы. При этом существенные изменения в содержании гумуса произошли к концу второй ротации севооборотов. К концу третьей ротации севооборота №5 повышение содержания гумуса на неудобренном фоне составило 0,14%, на удобренном – 0,20%. Запасы гумуса при этом повысились в пятом севообороте на 3,0 т/га на неудобренном фоне и на 5,0 т/га – на удобренном. В шестом севообороте содержание гумуса повысилось на 0,26% на неудобренном и на 0,23% – на удобренном фоне. Запасы гумуса возросли при этом, соответственно, на 6,3 и 5,8 т/га. В остальных севооборотах существенных изменений в содержании гумуса и его запасов не установлено.

Как показывают вышеприведенные данные, от севооборота существенно зависит, в каком направлении будет изменяться содержание органического вещества. Повышение его содержания обеспечивают многолетние травы, например, эспарцет. Занятые эспарцетом пары, дополняя чистые, обеспечивают не только сохранение, но и повышение содержания гумуса в почве.

Минеральные удобрения в дозах 0-6 кг N/га и 13-15 кг P₂O₅/га в год не обеспечивают накопления гумуса в каштановой почве. Не повысили содержания гумуса в почве минеральные удобрения, внесенные в зернопаровом севообороте в более высоких дозах.

Как следует из табл. 8, в севообороте чистый пар – озимая пшеница – озимая пшеница – озимая рожь на зеленый корм – озимая пшеница – озимая пшеница как без минеральных удобрений, так и с их применением имела место тенденция к снижению содержания

гумуса в пахотном слое почвы. Внесение за год P25, N29P25, N58P33 также не обеспечило сохранения содержания гумуса в почве на исходном уровне. Следует заметить, что солома в этом опыте вывозилась с поля.

Таблица 6. Динамика содержания гумуса в пахотном слое каштановой почвы (в среднем по трем полям)

№ севооборота	Дозы NP на севооборот, кг д.в./га	Содержание гумуса в конце ротаций, %		
		1 (1975-1977)	2 (1980-1982)	3 (1987-1989)
1	Без удобрений	1,58	1,51	1,41
2	То же	1,60	1,56	1,47
3	»	1,62	1,55	1,56
4	»	1,60	1,59	1,60
5	»	1,55	1,74	1,72
6	»	1,58	1,75	1,86
1	P90	1,61	1,49	1,43
2	N105P110	1,54	1,55	1,57
3	N35P80	1,59	1,58	1,52
4	N35P100	1,56	1,61	1,53
5	N105P100	1,64	1,77	1,80
6	N35P80	1,58	1,72	1,83
НСР _{0,05}		-	-	0,12

Примечания:

Исходное содержание гумуса на участке было 1,60%.

Севообороты:

- 1) чистый пар – озимая пшеница;
- 2) чистый пар – озимая пшеница – озимая пшеница – кукуруза на силос – озимая пшеница – яровой ячмень;
- 3) чистый пар – озимая пшеница – озимая пшеница – чистый пар – озимая пшеница – яровой ячмень;
- 4) чистый пар – озимая пшеница – озимая пшеница – горох – озимая пшеница – яровой ячмень;
- 5) эспарцет – озимая пшеница – озимая пшеница – кукуруза на силос – озимая пшеница – яровой ячмень;
- 6) эспарцет – озимая пшеница – озимая пшеница – чистый пар – озимая пшеница – яровой ячмень.

Таблица 7. Запасы гумуса в пахотном слое каштановой почвы (в среднем по трем полям)

№ севооборота	Дозы NP на севооборот, кг д.в./га	Запасы гумуса (т/га) в конце ротаций		
		1 (1975-1977)	2 (1980-1982)	3 (1987-1989)
1	Без удобрений	40,8	38,9	36,5
2	То же	41,3	40,2	37,9
3	»	41,8	40,1	40,2
4	»	30,9	41,1	41,2
5	»	40,1	45,0	44,3
6	»	40,8	45,2	47,9
1	P90	41,4	38,4	37,0
2	N105P100	39,8	39,9	40,6
3	N35P80	41,0	40,6	39,2
4	N35P100	40,2	41,5	39,4
5	N105P100	42,2	45,6	46,3
6	N35P80	40,7	44,4	47,1
НСР _{0,05}		-	-	3,1

Примечание: запасы гумуса в начале опыта составляли 41,3 т/га.

Таблица 8. Содержание гумуса в пахотном горизонте каштановой почвы при внесении минеральных удобрений, % (в среднем по трем полям)

Начало ротации севооборота	Без удобрений	P450	N525P450	N1050P600
1 (1971-1973 гг.)	1,74	1,74	1,74	1,74
2 (1976-1978 гг.)	1,67	1,76	1,71	1,70
3 (1982-1984 гг.)	1,60	1,61	1,65	1,61
4 (1988-1990 гг.)	1,62	1,58	1,65	1,63
НСР _{0,05}		0,12		

Примечание: указаны дозы удобрений на севооборот за 18 лет.

Пополнение запасов гумуса в каштановой почве наблюдалось при внесении бесподстилочного навоза КРС. В табл. 9 показано содержание гумуса в пахотном слое почвы в конце ротации шестипольного сево-

борота чистый пар – озимая пшеница – озимая пшеница – чистый пар – озимая пшеница – яровой ячмень. При внесении бесподстильного навоза в дозах 40-60 т/га под вспашку чистого пара даже в конце ротации шестипольного зернопарового севооборота сохранялось повышенное в сравнении с неудобренным контролем содержание гумуса в пахотном слое почвы. Следует отметить, что на фоне навоза минеральные удобрения оказали некоторое положительное влияние на накопление гумуса в почве, усиливая действие навоза. В этом опыте тенденция к повышению содержания гумуса в почве наблюдалась и при внесении только минеральных удобрений.

Таблица 9. Влияние навоза и минеральных удобрений на содержание гумуса в пахотном горизонте каштановой почвы в конце ротации севооборота, % (в среднем по трем полям, 1990-1992 гг.)

Доза навоза, т/га	Без минеральных удобрений	N180P100	N240P150	N300P200
0	1,50	1,53	1,54	1,59
20	1,55	1,58	1,63	1,61
40	1,59	1,69	1,68	1,65
60	1,64	1,57	1,69	1,65
НСР _{0,05}	0,12			

Примечание: указаны дозы удобрений на севооборот.

Расчеты показали (табл. 10), что в данном севообороте положительный баланс гумуса с превышением прихода над расходом на уровне 69 кг/га в год сложился при внесении 6,7 т/га навоза в год. Минеральные удобрения без навоза дали отрицательный баланс, навоз в дозе 3,3 т/га в год также не восполнял потери гумуса за ротацию севооборота. Увеличение ежегодной дозы навоза до 10 т/га дало превышение прихода органического вещества над расходом на 767 кг/га в год. За счет такого избытка органического вещества в балансе в конце ротации севооборота наблюдалось существенное накопление гумуса в почве в сравнении с неудобренным контролем.

Сопоставление баланса гумуса с продуктивностью севооборота показало, что увеличение дозы навоза до 10 т/га в год нерационально. Максимальная продуктивность севооборота в 136,8 условных з.е./га была получена при сочетании 40 т/га навоза и минеральных удобрений в дозе 180 кг N/га и 100 кг P₂O₅/га. Данное сочетание навоза и азотно-фосфорных удобрений обеспечило положительный баланс гумуса.

Таблица 10. Баланс гумуса в севообороте, кг/га в год

Вариант опыта	Расход	Приход	Баланс
Без навоза (фон 1)	1759	519	-1240
+ N180P100	1994	585	-1409
+ N240P150	2024	597	-1427
+ N300P200	1991	610	-1381
Навоз 20 т/га (фон 2)	2047	1389	-658
+ N180P100	2053	1423	-630
+ N240P150	2056	1431	-625
+ N300P200	2099	1457	-642
Навоз 40 т/га (фон 3)	2193	2262	+69
+ N180P100	2164	2306	+142
+ N240P150	2221	2293	+72
+ N300P200	2190	2356	+166
Навоз 60 т/га (фон 4)	2344	3111	+767
+ N180P100	2496	3134	+638
+ N240P150	2555	3138	+583
+ N300P200	2557	3148	+591

Примечание: указаны дозы удобрений на севооборот.

АЗОТНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ

Содержание валового азота в почве, также как и гумуса, может изменяться в сторону уменьшения или увеличения в зависимости от хозяйственной деятельности человека. Снижение наблюдается при частом паровании почвы в севооборотах и недостаточном использовании органических и минеральных азотных удобрений.

В табл. 11 показаны изменения в содержании валового азота в каштановой почве под влиянием разных севооборотов (Багринцева и др., 2000). Наиболее значительно содержание валового азота снизилось в двупольном севообороте (№1) без применения минеральных удобрений. Так, за 18 лет чередования чистого пара и озимой пшеницы содержание валового азота снизилось с 0,14 до 0,10%.

Таблица 11. Динамика содержания валового азота в пахотном слое каштановой почвы (в среднем по трем полям)

№ севооборота	Дозы NP на севооборот, кг д.в./га	Содержание валового азота в конце ротаций, %		
		1 (1975-1977)	2 (1980-1982)	3 (1987-1989)
1	Без удобрений	0,12	0,12	0,10
2	То же	0,12	0,12	0,11
3	»	0,12	0,11	0,11
4	»	0,12	0,13	0,12
5	»	0,13	0,13	0,14
6	»	0,13	0,13	0,13
1	P90	0,13	0,12	0,11
2	N105P100	0,13	0,12	0,12
3	N35P80	0,12	0,13	0,12
4	N35P100	0,13	0,14	0,12
5	N105P100	0,13	0,14	0,14
6	N35P80	0,13	0,14	0,14
НСР _{0,05}		-	-	0,01

Примечания:

содержание валового азота в начале опыта составило 0,14%; севообороты, как в табл. 6.

Запасы валового азота, составившие в начале опыта 3612 кг/га, за 18 лет в двухпольном севообороте уменьшились до 2580 кг/га (на 1032 кг/га) на неудобренном фоне и до 2838 кг/га (на 774 кг/га) – на удобренном (табл. 12). Не наблюдалось снижения валового азота в слое почвы 0-20 см и его запасов в севооборотах с эспарцетом (№5 и №6).

Содержание валового азота в каштановой почве поддерживается за счет длительного систематического применения азотных удобрений. Это было выявлено при анализе почвенных образцов, отобранных с разных вариантов опыта, в котором изучались способы внесения фосфорных удобрений в севообороте чистый пар – озимая пшеница – озимая пшеница – озимая рожь на зеленый корм – озимая пшеница – озимая пшеница (табл. 13).

Внесение азотных удобрений повышает нитрификационную способность почвы, которая при длительном их внесении увеличивается во всем метровом слое (табл. 14).

Таблица 12. Запасы валового азота в пахотном слое каштановой почвы (в среднем по трем полям)

№ сево-оборота	Дозы NP на сево-оборот, кг д.в./га	Запасы валового азота в конце ротаций, кг/га		
		1 (1975-1977)	2 (1980-1982)	3 (1987-1989)
1	Без удобрений	3010	3182	2580
2	То же	3182	3182	3010
3	»	3096	2838	2924
4	»	3096	3268	3096
5	»	3268	3354	3526
6	»	3268	3354	3440
1	P90	3268	3096	2838
2	N105P100	3268	3182	3010
3	N35P80	3182	3268	3096
4	N35P100	3352	3528	3096
5	N105P100	3440	3698	3526
6	N35P80	3354	3698	3526
НСР _{0,05}		-	-	321

Примечания:

запасы валового азота в начале 1-й ротации составляли 3612 кг/га; севообороты, как в табл. 6.

Таблица 13. Содержание валового азота в слое 0-20 см каштановой почвы в конце третьей ротации севооборота (в среднем по трем полям за 1988-1990 гг.)

Вариант опыта	Внесено удобрений всего, кг д.в./га	Содержание валового азота, %
Без удобрений	-	0,09
P30 ежегодно	P450	0,09
N35P30 ежегодно	P450N525	0,13

Примечание: содержание в начале опыта 0,12%

Процесс превращения в почве органических соединений в минеральные азотные осуществляется в две стадии. На первой стадии (аммонификация) при участии группы микроорганизмов из органических кислот образуется аммонийная форма азота. На второй стадии (нитрификация) также при участии микроорганизмов происходит преобразо-

вание аммонийной формы азота в нитратную. Нитрификация является многоэтапным процессом, заканчивающимся образованием азотной кислоты, и содержание нитратного азота служит основным показателем уровня обеспеченности почвы доступным растениям азотом.

Таблица 14. Нитрификационная способность каштановой почвы в конце третьей ротации севооборота, мг N-NO₃/кг почвы (1988-1990 гг.)

Вариант опыта	Внесено удобрений всего, кг д.в./га	Слой почвы, см				
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
Без удобрений	-	30,4	29,5	20,0	9,7	7,0
P30 ежегодно	P450	31,4	27,9	19,1	10,0	7,6
N35P30 ежегодно	P450N525	34,0	29,5	22,1	13,1	8,8

На процессы преобразования форм азота в почве оказывают влияние температурный и водный режимы, в связи с чем содержание нитратного азота в почве подвержено сезонным изменениям в течение года.

На содержание нитратного азота в почве оказывает влияние деятельность микроорганизмов, которая имеет разную интенсивность под разными культурами севооборота. В табл. 15 показано содержание нитратов в слое 0-20 см каштановой почвы в сентябре под культурами в разных севооборотах (без применения минеральных удобрений). После парования каштановой почвы значительно возрастает обеспеченность почвы нитратным азотом, и перед посевом в пахотном слое его содержание достигает 13-19 мг/кг почвы в зависимости от условий нитрификации. Обеспеченность почвы нитратным азотом перед посевом озимой пшеницы после эспарцета тоже высокая (около 16 мг/кг почвы). К посеву пшеницы, возделываемой повторно после чистого пара, почва имеет очень низкую обеспеченность нитратным азотом (7-10 мг/кг почвы). К посеву озимой пшеницы после кукурузы, выращиваемой на силос, нитратов в почве образуется немного больше (около 8-10 мг/кг почвы).

Нитратный режим каштановой почвы существенно улучшается при внесении азотных удобрений. Следует отметить, что при этом в поверхностном слое почвы не наблюдается резкого повышения содержания нитратного азота (табл. 16). Минеральный азот удобрений проникает в каштановой почве в нижние слои. Увеличение содержания нитратного азота было обнаружено даже на глубине 3-х метров. В табл. 17 показано содержание нитратов в слое почвы 0-300 см в опыте, в котором аммиачную селитру вносили 18 лет в течение трех ротаций ше-

стипольного зернопарового севооборота. В одном случае было внесено 525 кг/га азота (по 29,2 кг/га в год), в другом – 1050 кг/га (по 58,3 кг/га в год). Как видно из табл. 17, в неудобренной почве содержание нитратного азота плавно снижается с глубиной.

Таблица 15. Динамика содержания нитратного азота в слое 0-20 см каштановой почвы под разными культурами в севооборотах (в среднем за две ротации)

Чередование культур	N-NO ₃ , мг/кг почвы	Чередование культур	N-NO ₃ , мг/кг почвы
<i>Севооборот №1</i>		<i>Севооборот №4</i>	
Чистый пар	7,0	Чистый пар	7,0
Озимая пшеница	18,7	Озимая пшеница	18,0
Чистый пар	8,4	Озимая пшеница	7,9
Озимая пшеница	13,0	Горох	4,6
Чистый пар	8,3	Озимая пшеница	7,6
Озимая пшеница	14,4	Яровой ячмень	8,8
<i>Севооборот №2</i>		<i>Севооборот №5</i>	
Чистый пар	5,6	Эспарцет	5,5
Озимая пшеница	17,6	Озимая пшеница	15,6
Озимая пшеница	7,1	Озимая пшеница	9,0
Кукуруза на силос	5,3	Кукуруза на силос	6,2
Озимая пшеница	8,7	Озимая пшеница	10,0
Яровой ячмень	6,9	Яровой ячмень	8,0
<i>Севооборот №3</i>		<i>Севооборот №6</i>	
Чистый пар	6,4	Эспарцет	6,2
Озимая пшеница	19,2	Озимая пшеница	16,0
Озимая пшеница	9,3	Озимая пшеница	10,8
Чистый пар	6,2	Чистый пар	8,3
Озимая пшеница	15,9	Озимая пшеница	10,1
Яровой ячмень	8,4	Яровой ячмень	9,6

При длительном внесении аммиачной селитры в зернопаровом севообороте азот в нитратной форме накапливается не в пахотном слое почвы, а в более глубоких слоях. Содержание азота в профиле почвы определяли в мае, когда процесс нитрификации ослаблен, и движение нитратов с восходящим током почвенной влаги в ходе испарения также

отсутствует. Наиболее значительно накопление нитратов произошло в слое 100-160 см. Максимум содержание нитратного азота удобрений в почве находился на глубине 100-120 см. Наличие нитратов на глубине 300 см позволяет предполагать, что в каштановой почве миграция нитратов происходит глубже 3-х метров.

Таблица 16. Содержание нитратного азота в каштановой почве под культурами севооборота в третьей ротации (в слое 0-20 см перед посевом), мг N-NO₃/кг почвы (1983-1989 гг.)

Вариант опыта	Озимая пшеница после пара		Озимая рожь	Озимая пшеница после ржи	
	1-ая	2-ая		1-ая	2-ая
Без удобрений	20,7	8,3	9,3	18,0	11,5
P30 ежегодно	19,0	8,2	9,8	17,1	10,4
N35P30 ежегодно	23,1	9,3	11,6	20,5	17,0

Таблица 17. Содержание нитратного азота в каштановой почве, мг N-NO₃/кг почвы

Слой почвы, см	Внесено азотных удобрений за 18 лет, кг N/га		
	N0	N525	N1050
0-20	4,6	4,8	4,9
20-40	4,2	4,8	5,0
40-60	4,0	5,5	6,1
60-80	4,0	4,8	6,3
80-100	3,2	3,9	8,8
100-120	2,8	4,8	14,3
120-140	2,4	4,1	8,6
140-160	3,0	5,8	9,5
160-180	2,3	5,4	6,4
180-200	2,1	5,4	5,2
200-220	1,8	5,0	6,7
220-240	1,5	4,5	7,0
240-260	1,6	3,6	6,5
260-280	1,8	2,7	3,0
280-300	1,7	2,8	3,0

В трехметровом слое почвы при дозе азотных удобрений 525 кг N/га запасы нитратного азота увеличились со 114,9 до 190,4 кг/га (на 75,5 кг/га), при дозе 1050 кг N/га – до 301,0 кг/га (на 186,1 кг/га). Внесение под зерновые культуры по 70 кг/га азота на протяжении 18 лет увеличило его запасы в 2,6 раза.

Нитратный азот, накапливающийся в почве при систематическом внесении азотных удобрений, может повторно использоваться зерновыми культурами, обеспечивая в последствии существенные прибавки урожая. В опыте В.Н. Багринцевой и Н.Н. Крестьяниновой (1989) о повторном использовании зерновыми культурами накапливающегося в почве азота удобрений свидетельствовали возросшие во второй ротации прибавки урожая зерна (табл. 18).

Таблица 18. Влияние азотных удобрений на урожай зерна озимой пшеницы (ц/га) в среднем по трем полям

Озимая пшеница	Доза N, кг/га		
	0	35	70
<i>1-ая ротация</i>			
1-я по чистому пару (1973-1975 гг.)	53,8	56,2	56,2
2-я по чистому пару (1974-1976 гг.)	19,2	20,9	23,1
1-я по занятому пару (1976-1978 гг.)	28,9	32,1	33,2
2-я по занятому пару (1977-1979 гг.)	38,9	45,7	47,1
<i>2-ая ротация</i>			
1-я по чистому пару (1979-1981 гг.)	35,5	38,7	41,1
2-я по чистому пару (1980-1982 гг.)	19,5	30,1	34,3
1-я по занятому пару (1982-1984 гг.)	33,0	39,3	42,5
2-я по занятому пару (1983-1985 гг.)	16,4	18,2	17,5

После окончания второй ротации севооборота на трех полях удобрения в дальнейшем не вносили и в третьей ротации наблюдали их последствие на урожайность озимой пшеницы и озимой ржи на зеленый корм. В табл. 19 представлены результаты учета урожая. Влияние вносимых ранее азотных удобрений на урожайность зерновых культур проявлялось в течение шести лет. Прибавки урожая зерна пшеницы по занятому пару и в повторных посевах были выше, чем по чистому пару. С увеличением дозы внесенного азота прибавки возрастали. Однако последствие внесения 350 и 700 кг/га азота (в сумме за две ротации) не исчерпывалось шестью годами.

Таблица 19. Последействие азотных удобрений, внесенных за две ротации севооборота, на урожайность культур в третьей ротации, ц/га

Вариант опыта	Озимая пшеница (зерно)		Озимая рожь (зеленая масса)	Озимая пшеница (зерно)	
	по чистому пару	по пшенице		по занятому пару	по пшенице
P300 (фон)	36,9	18,8	154,0	26,6	18,6
+ N350	39,8	20,1	176,2	29,3	20,5
+ N700	40,0	22,4	228,0	38,6	24,2

Примечание: указаны дозы удобрений, внесенных в сумме за две предыдущие ротации севооборота.

Очень эффективным органическим удобрением, значительно улучшающим азотный режим каштановой почвы, является навоз. В табл. 20 показано накопление нитратного азота в почве в процессе ее парования после внесения бесподстильного навоза. Содержание нитратного азота в первый год разложения бесподстильного навоза повышалось наиболее значительно в верхнем слое почвы. При внесении 60 т навоза на 1 га увеличение содержания нитратного азота наблюдалось до глубины 60-80 см.

Таблица 20. Содержание нитратного азота в каштановой почве перед посевом озимой пшеницы, мг N-NO₃/кг почвы

Доза навоза на севооборот, т/га	Слой почвы, см				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
0	23,6	11,0	4,8	3,8	4,3
20	30,1	12,6	5,5	3,2	3,0
40	35,2	12,1	4,7	3,5	3,8
60	41,7	15,4	7,8	6,1	4,7

Влияние навоза на обеспеченность почвы нитратным азотом не ограничивалось одним годом, а проявлялось в течение шести лет ротации севооборота под всеми культурами (табл. 21). Доза навоза 20 т/га обеспечивала повышенное содержание нитратов в почве в первом звене севооборота, 40 и 60 т/га – до конца ротации.

Таблица 21. Динамика содержания нитратного азота в слое 0-20 см каштановой почвы, мг N-NO₃/кг почвы (в среднем по трем полям)

Доза навоза на севооборот, т/га	Озимая пшеница после пара		Чистый пар (1988-1990 гг.)	Озимая пшеница (1989-1991 гг.)	Яровой ячмень (1990-1992 гг.)
	1-ая (1986-1988 гг.)	2-ая (1987-1989 гг.)			
0	29,3	6,5	6,8	26,1	5,6
20	34,1	7,1	7,5	25,3	5,1
40	41,5	8,0	9,4	27,4	6,7
60	47,2	11,8	9,3	29,1	7,2

Наиболее существенное повышение содержания нитратного азота в метровом профиле почвы происходило при совместном внесении навоза и азотных удобрений в севообороте. Даже после уборки ярового ячменя наблюдалось повышенное содержание нитратного азота во всем метровом слое почвы.

Показателем рационального использования азотных удобрений является баланс азота в севообороте. В табл. 22 показан баланс азота в опыте с разными дозами навоза и минеральных удобрений в севообороте чистый пар – озимая пшеница – озимая пшеница – чистый пар – озимая пшеница – яровой ячмень. Как видно из таблицы, при использовании только минеральных удобрений наиболее близкий к бездефицитному баланс обеспечивает внесение азота в дозах 240-300 кг/га за ротацию (40-50 кг/га в год). Дефицит азота при этом составляет соответственно 17,0 и 10,5 кг/га в год. Такой баланс можно считать допустимым в связи с тем, что расчеты приблизительные.

На допустимость отрицательного баланса азота с дефицитом 13-14 кг/га в год указывали Д.Н. Прянишников (1953) и другие ученые. В нашем опыте баланс азота был близким к бездефицитному при внесении навоза в дозе 3,3 т/га в год (20 т/га на севооборот) и 6,7 т/га в год (40 т/га на севооборот) в сочетании с азотными удобрениями в дозе 300 кг N/га (в сумме за ротацию), а также при совместном внесении навоза в дозе 10,0 т/га в год (60 т/га на севооборот) и азотных удобрений в дозе 240 кг N/га (в сумме за ротацию).

При сопоставлении продуктивности севооборота с компенсацией выноса азота обнаруживается, что, возрастая до определенного уровня, продуктивность дальше не повышается. Максимум продуктивности севооборота (136,8 ц з.е./га) был получен при внесении навоза в дозе 40 т/га на севооборот в сочетании с азотными удобрениями в дозе

180 кг N/га на севооборот (30 кг N/га в год) и компенсации выноса азота на 84%. Из этого следует, что на каштановой почве при использовании навоза (с учетом подкормок азотом для повышения качества зерна) вносить азотные удобрения в более высоких дозах на шестипольный севооборот нецелесообразно.

Таблица 22. Баланс азота в севообороте, кг/га в год

Вариант опыта	Расход	Приход	Баланс
Без навоза (фон 1)	61,0	32,5	-28,5
+ N180P100	83,0	62,5	-20,5
+ N240P150	89,5	72,5	-17,0
+ N300P200	93,0	82,5	-10,5
Навоз 20 т/га (фон 2)	77,9	40,7	-37,2
+ N180P100	84,1	70,7	-13,4
+ N240P150	95,1	80,7	-14,4
+ N300P200	97,9	90,5	-7,4
Навоз 40 т/га (фон 3)	77,5	48,8	-28,7
+ N180P100	96,4	78,8	-17,6
+ N240P150	102,7	88,8	-13,9
+ N300P200	105,8	98,8	-7,0
Навоз 60 т/га (фон 4)	83,4	57,0	-26,4
+ N180P100	104,3	87,0	-17,3
+ N240P150	106,9	97,0	-9,9
+ N300P200	125,3	107,0	-18,3

Примечание: указаны дозы удобрений на севооборот.

ФОСФАТНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ

В почве фосфор представлен в форме минеральных и органических соединений. В составе неорганических соединений фосфор входит в структуру первичных минералов и содержится в почве в виде трудно растворимых солей Са, Fe, Al. Органические фосфорсодержащие соединения в почве входят в состав гумуса, торфа, навоза, растительных и животных остатков и находятся в них в форме фитина, нуклеиновых кислот, фосфолипидов, гексозофосфатов. Переход органических фосфорсодержащих соединений из недоступного растениям состоя-

ния в доступное происходит под воздействием ферментов, выделяемых микроорганизмами. Мобилизация неорганического фосфора из первичных минералов происходит под воздействием органических и неорганических кислот, образующихся в почве в результате жизнедеятельности микроорганизмов. Расщеплению органических фосфорсодержащих соединений также способствуют ферменты (фосфатаза и др.), выделяемые корневой системой растений (Бабьева, Зенова, 1983).

Таблица 23. Содержание подвижного фосфора (мг P_2O_5 /кг почвы) в каштановой почве в конце третьей ротации шестипольных севооборотов (в среднем по трем полям за 1987-1989 гг.)

№ сево-оборота	Дозы NP на сево-оборот, кг д.в./га	Слой почвы, см				
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
1	Без удобрений	12,7	10,3	7,8	5,1	4,8
2	То же	13,3	11,2	6,9	5,5	4,7
3	»	14,2	11,7	7,9	5,1	4,7
4	»	13,0	10,3	7,0	5,1	4,7
5	»	14,6	11,9	7,8	6,1	5,0
6	»	15,1	13,2	9,7	6,4	5,7
1	P90	28,4	14,0	8,8	6,6	4,5
2	N105P100	24,4	12,9	7,5	5,7	5,0
3	N35P80	25,2	12,2	8,7	5,5	5,3
4	N35P100	25,8	11,2	9,6	5,9	5,0
5	N105P100	22,5	13,8	8,3	5,7	5,1
6	N35P80	26,0	17,3	10,7	7,2	6,2

Примечание: севообороты, как в табл. 6.

Каштановые почвы считаются хорошо обеспеченными валовым фосфором. В проводившихся на Прикумской опытно-селекционной станции полевых опытах содержание валового фосфора в пахотном слое почвы составляло 0,13% (1300 мг P_2O_5 /кг почвы). Доступного растениям подвижного фосфора по Мачигину в неудобренных каштановых почвах мало – в слое 0-20 см его содержится 10-12 мг P_2O_5 /кг почвы.

Содержание подвижного фосфора в каштановой почве подвержено менее значительным сезонным колебаниям по сравнению с нитратным азотом. Тем не менее, исследованиями лаборатории агрохимии Прикумской опытно-селекционной станции установлено, что содер-

жание подвижного фосфора несколько изменяется по годам под влиянием возделываемых сельскохозяйственных культур. В конце шести севооборотов отдела земледелия Н.А Ходжаева провела исследование метрового слоя почвы (табл. 23). Было отмечено повышение содержания подвижного фосфора в почве пятого и шестого севооборотов с эспарцетом в вариантах без применения удобрений (Багринцева и др., 1989).

Обогащение почвы подвижным фосфором на глубину до 100 см после возделывания в севообороте эспарцета наблюдалось и при применении фосфорных удобрений. В севооборотах №3 и №6, различающихся только тем, что в последнем одно поле чистого пара заменено полем, занятым эспарцетом, было внесено одинаковое количество удобрений. Тем не менее, во всех слоях метрового профиля почвы севооборота №6 содержание подвижного фосфора было выше, чем в почве севооборота №3. Это доказывает способность эспарцета обогащать каштановую почву доступным растениям фосфором.

Таблица 24. Содержание и запасы валового фосфора в слое 0-20 см каштановой почвы в конце третьей ротации шестипольных севооборотов (в среднем по трем полям за 1987-1989 гг.)

№ севооборота	Дозы NP на севооборот, кг д.в./га	Содержание, мг P_2O_5 /кг почвы	Запасы, кг P_2O_5 /га
1	Без удобрений	1405	3625
2	»	1391	3589
3	»	1435	3702
4	»	1473	3800
5	»	1488	3839
6	»	1493	3852
1	P90	1450	3741
2	N105P100	1461	3769
3	N35P80	1484	3829
4	N35P100	1480	3818
5	N105P100	1521	3924
6	N35P80	1492	3849

Механизм улучшения фосфатного режима почвы после возделывания эспарцета не изучен. Вероятно, это связано с бóльшей массой корневых остатков по сравнению с другими парозанимающими куль-

турами. Так, В.М. Пенчуков (1986) цитировал данные Б.П. Гончарова, согласно которым эспарцет оставляет в почве 61 ц/га сухой массы пожнивно-корневых остатков с содержанием в ней 13 кг/га P_2O_5 . Пшеница по чистому пару оставляет в почве 39 ц/га сухой массы и 9 кг/га P_2O_5 .

В результате поступления фосфора с корневыми остатками увеличились и запасы валового фосфора в пахотном горизонте каштановой почвы в вариантах без внесения удобрений (табл. 24). Наибольшее обогащение верхнего слоя почвы валовым фосфором наблюдалось в севооборотах №5 и №6 с эспарцетом. Некоторое увеличение содержания в почве валового фосфора наблюдалось и в севообороте с горохом (№4).

Фосфорные удобрения значительно изменяют фосфатный режим каштановой почвы. Как видно из табл. 23, внесение за три ротации шестипольных севооборотов 240-300 кг P_2O_5 /га повысило содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-20 см до 22,5-28,4 мг P_2O_5 /кг почвы. Повышение обеспеченности почвы подвижными формами фосфора наблюдалось и в слое 0-60 см.

Интересные результаты получены в опыте, проводившемся В.И. Запорожцевым с соавт., в котором изучалась эффективность ежегодного и запасного внесения фосфорных удобрений на протяжении трех ротаций шестипольного зернопарового севооборота. В табл. 25 показано содержание подвижного фосфора в метровом слое почвы в конце третьей ротации севооборота. Внесение 450 кг P_2O_5 /га за 18 лет наиболее сильно повысило содержание подвижного фосфора в слое 0-20 см – с 12,4 до 31,0 мг P_2O_5 /кг почвы.

Таблица 25. Содержание подвижного фосфора в каштановой почве в конце третьей ротации севооборота, мг P_2O_5 /кг почвы (1988-1990 гг.)

№ варианта	Способ внесения удобрений	Слой почвы, см				
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
1	Без удобрений	12,4	11,3	7,0	6,1	5,3
2	P30 ежегодно	30,0	18,5	7,4	6,4	5,0
3	+ N35 ежегодно	27,8	18,7	6,5	5,9	5,6
4	P60+90 в запас на звено	29,7	18,7	7,7	4,6	5,1
5	+ N35 ежегодно	29,3	18,3	7,7	5,8	5,5
6	P150 в запас на ротацию	31,0	18,9	7,5	5,4	5,9
7	+ N35 ежегодно	29,8	18,1	7,3	4,9	6,0

Примечание: в севообороте чистый пар – озимая пшеница – озимая пшеница – озимая рожь на зеленый корм – озимая пшеница – озимая пшеница.

Внесение суперфосфата в дозе 150 кг P_2O_5 /га за один прием в начале третьей ротации вызывало резкое повышение содержания подвижного фосфора в почве – под озимой пшеницей по чистому пару оно повысилось в среднем по трем полям с 26,9 до 56,0 мг P_2O_5 /кг почвы. Через год под второй озимой пшеницей после чистого пара содержание фосфора снизилось и в дальнейшем поддерживалось до конца ротации на одном уровне.

Каждый килограмм действующего вещества фосфорного удобрения повышал содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-20 см в среднем на 1,1 мг P_2O_5 /кг почвы. Фосфор удобрений накапливается не только в пахотном слое почвы – в среднем в 1,7 раза повысилось содержание подвижного фосфора в слое 20-40 см. Некоторое повышение содержания подвижного фосфора (на 4-10%) произошло и в слое 40-60 см. В нижележащих слоях почвы не отмечено повышения содержания подвижных форм фосфора.

В результате внесения фосфорных удобрений увеличилось содержание в почве фосфора и в других формах (табл. 26). Возросло содержание в почве фосфора, растворимого в уксуснокислой и солянокислой вытяжках (группы II и III, соответственно). За счет внесения 450 кг P_2O_5 /га (за 18 лет) содержание первой группы фосфатов, извлекаемых углекислой вытяжкой, в слое почвы 0-20 см увеличилось на 94-138%, в слое 20-40 см – на 71-129%, в слое 40-60 см – на 16-26%.

Таблица 26. Групповой состав фосфатов в каштановой почве в конце третьей ротации севооборота, мг P_2O_5 /кг почвы (среднее по трем полям за 1988-1990 гг.)

Вариант опыта	Группы фосфатов по Чирикову								
	I			II			III		
	Слой почвы, см			Слой почвы, см			Слой почвы, см		
	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
1	6,3	4,1	3,1	180,2	122,9	62,7	534	553	637
2	13,2	7,0	3,0	226,2	119,5	73,3	604	602	650
3	13,0	7,2	2,9	231,0	118,6	67,0	609	605	634
4	12,9	7,7	2,6	223,6	126,0	75,2	605	582	665
5	12,2	7,1	3,5	221,6	138,5	78,1	591	588	635
6	12,4	9,3	3,9	231,3	146,8	67,7	615	608	661
7	12,0	9,4	3,5	219,3	127,6	67,7	609	599	667

Примечание: варианты опыта как в табл. 25.

Накопление фосфатов второй группы, растворимых в уксуснокислой вытяжке, произошло во всем метровом слое почвы. Более значительное повышение их содержания на (7-28%) отмечено в слое 0-20 см. В слое 20-40 см содержание фосфатов, растворимых в данной вытяжке, в вариантах с внесением фосфорных удобрений в запас на звено и ротацию севооборота повысилось на 4-19%. Некоторое повышение содержания фосфатов второй группы произошло и в слое почвы 40-60 см.

Накопление слаборастворимых фосфатов третьей группы, извлекаемых раствором соляной кислоты, также произошло во всем метровом слое почвы. В слое 0-20 см их содержание повысилось на 13-15%.

Каких-либо различий в содержании фосфатов первой, второй и третьей групп в почве по вариантам опыта в зависимости от приемов внесения удобрений не выявлено.

Таким образом, установлено, что при систематическом внесении под зерновые культуры фосфорных удобрений в слое почвы 0-40 см происходит существенное накопление фосфора в разных по доступности растениям формах.

Содержание валового фосфора в слое почвы 0-20 см в среднем по трем полям в начале опыта составляло 0,13%. За три ротации севооборота в почве контрольного неудобренного варианта содержание валового фосфора существенно не изменилось. Применение фосфорных удобрений в течение трех ротаций вызвало увеличение содержания валового фосфора в почве. Внесение 450 кг P_2O_5 /га за 18 лет повысило содержание валового фосфора в почве до 0,15-0,16%.

Проведенные исследования показали, что навоз также оказывает существенное влияние на фосфатный режим каштановой почвы. При его разовом внесении значительно повышается обеспеченность почвы подвижным фосфором, фосфатами первой, второй и третьей групп и валовым фосфором. При этом повышенный уровень содержания форм фосфора в почве, созданный за счет внесения навоза, сохраняется длительное время.

В опыте с навозом КРС выявлены существенные изменения в содержании в почве подвижного фосфора. В табл. 27 показано содержание подвижного фосфора в почве под культурами зернопарового севооборота. Как следует из таблицы, влияние навоза на содержание подвижного фосфора в почве не ограничивалось одним годом, а проявлялось в течение всей ротации шестипольного севооборота. Внесение навоза в дозе 20 т/га (на севооборот) обеспечивало повышение содержания подвижного фосфора в пахотном слое почвы перед посевом озимой пшеницы по пару на 4,6 мг P_2O_5 /кг почвы, в дозе 40 т/га – на 8,7 мг P_2O_5 /кг почвы и в дозе 60 т/га – на 10,2 мг P_2O_5 /кг почвы.

Таблица 27. Содержание подвижного фосфора в пахотном слое каштановой почвы перед посевом культур севооборота, мг P_2O_5 /кг почвы (в среднем по трем полям)

Доза навоза на севооборот, т/га	Озимая пшеница по чистому пару		Чистый пар (1988- 1990 гг.)	Озимая пшеница (1989- 1991 гг.)	Яровой ячмень (1990-1992 гг.)
	1-ая (1986- 1988 гг.)	2-ая (1987- 1989 гг.)			
0	11,4	9,7	13,3	12,7	12,7
20	16,0	13,6	18,1	16,0	16,0
40	20,1	17,0	22,7	21,3	17,1
60	21,6	20,5	26,0	28,4	23,0

На третий год после внесения навоза в дозе 20 т/га содержание подвижного фосфора в почве по сравнению с контрольным вариантом было выше на 3,9 мг P_2O_5 /кг почвы, в дозе 40 т/га – на 7,3 мг P_2O_5 /кг почвы и в дозе 60 т/га – на 10,8 мг P_2O_5 /кг почвы. Существенной была разница в содержании подвижного фосфора в почве и во втором звене севооборота. Перед посевом ярового ячменя на шестой год после внесения навоза в дозе 20 т/га содержание подвижного фосфора в почве по сравнению с контрольным вариантом было выше на 3,3 мг P_2O_5 /кг почвы, в дозе 40 т/га – на 4,4 мг P_2O_5 /кг почвы и в дозе 60 т/га – на 10,3 мг P_2O_5 /кг почвы.

Таким образом, за счет внесения навоза можно в кратчайший срок значительно повысить низкие запасы подвижного фосфора в каштановой почве. Расчеты показали, что в среднем в первый год действия 1 т навоза КРС повышает содержание подвижного фосфора в почве на 0,2 мг P_2O_5 /кг почвы.

В конце ротации севооборота вышеуказанного опыта наблюдалось повышение содержания подвижного фосфора за счет навоза не только в пахотном слое почвы. В подпахотном слое 20-40 см содержание подвижного фосфора повысилось от дозы навоза в 20 т/га с 8,7 до 10,3 мг P_2O_5 /кг почвы, а от дозы навоза в 60 т/га – до 14,0 мг P_2O_5 /кг почвы.

При внесении навоза, также как и от фосфорных удобрений, повышается содержание фосфора не только в подвижной, но и в других формах (табл. 28). Навоз обогащает почву фосфатами всех трех групп. В зависимости от доз навоза содержание фосфатов, растворимых в углекислой вытяжке, к концу ротации севооборота по сравнению с неудобренным контролем было выше на 8-51%, растворимых в уксуснокислой вытяжке – на 5-17%, а растворимых в солянокислой вытяжке

– на 3-6%.

Таблица 28. Влияние навоза на содержание разных форм фосфора в слое 0-20 см каштановой почвы, мг P_2O_5 /кг почвы

Доза навоза на севооборот, т/га	Группы фосфатов по Чирикову			Валовой фосфор
	I	II	III	
0	5,3	150,9	446,1	1263
20	5,7	145,0	459,8	1327
40	6,4	158,0	485,3	1311
60	8,0	176,8	474,5	1355

Примечание: через 6 лет после внесения навоза – в конце ротации севооборота.

Таблица 29. Баланс фосфора в севообороте

Вариант опыта	Расход	Приход	Баланс	Компенсация выноса, %
	кг P_2O_5 /га в год			
Без навоза (фон 1)	21,2	1,3	-19,9	6
+ N180P100	24,4	18,0	-6,4	74
+ N240P150	24,5	26,3	+1,8	107
+ N300P200	25,8	34,6	+8,8	134
Навоз 20 т/га (фон 2)	25,4	5,6	-19,8	22
+ N180P100	25,8	22,3	-3,5	86
+ N240P150	26,5	30,6	+4,1	115
+ N300P200	31,4	38,9	+7,5	124
Навоз 40 т/га (фон 3)	26,3	10,0	-16,3	38
+ N180P100	28,5	26,7	-1,8	94
+ N240P150	29,8	35,0	+5,2	117
+ N300P200	29,7	43,3	+13,6	146
Навоз 60 т/га (фон 4)	29,5	14,3	-15,2	49
+ N180P100	31,7	31,0	-0,7	98
+ N240P150	33,2	39,3	+6,1	116
+ N300P200	35,9	47,6	+11,7	133

Примечание: указаны дозы удобрений на севообороте.

В конце ротации севооборота в вариантах с внесением навоза, не-

смотря на вынос фосфора урожаем зерновых культур в течение шести лет, наблюдалось повышенное содержание в почве валового фосфора.

Расчет баланса фосфора в севообороте чистый пар – озимая пшеница – озимая пшеница – чистый пар – озимая пшеница – яровой ячмень показал, что при низкой обеспеченности каштановой почвы подвижным фосфором близкий к бездефицитному баланс (с компенсацией выноса на 94%) складывается при внесении 40 т/га навоза и фосфорных удобрений в дозе 100 кг P_2O_5 /га на севооборот (табл. 29). Без применения навоза в данном севообороте положительный баланс с компенсацией выноса на 107% складывается при внесении фосфорных удобрений в дозе 150 кг P_2O_5 /га на севооборот.

Сопоставление компенсации выноса фосфора и продуктивности севооборота показало, что максимум продуктивности (136,8 ц з.е./га) обеспечивает внесение навоза в дозе 40 т/га и фосфорных удобрений в суммарной дозе 100 кг P_2O_5 /га.

Учитывая улучшение фосфатного режима каштановой почвы, которое происходит при соответствующем внесении органических и минеральных фосфорных удобрений, в последующих ротациях севооборота следует принимать во внимание последствие ранее внесенного фосфора.

КАЛИЙНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ

Калий в почве находится в соединениях, неодинаковых по доступности растениям. Большая часть содержащегося в почве калия находится в нерастворимых, и поэтому малодоступных для растений соединениях. Основной запас калия находится в составе минералов и органоминеральных комплексов. Калий содержится в первичных минералах: слюдах (биотитах, флогопитах, мусковитах) и калиевых полевых шпатах (ортоклазах, микроклинах). Калий входит также в состав вторичных минералов (иллитов, вермикулитов, монтмориллонитов).

Освобождение калия из калийсодержащих минералов происходит в процессе выветривания. В основе этого процесса лежат механизмы растворения минералов сильными минеральными кислотами, образующимися при нитрификации, окислении серы и других процессах, связанных с жизнедеятельностью бактерий. Разрушение минералов вызывают также органические кислоты, образующиеся в почве в результате жизнедеятельности грибов и других микроорганизмов, а также продукты микробного синтеза (полисахариды). Мобилизации калия из минералов способствуют также выделяемые корневой системой углекислота и органические кислоты.

Разные типы почв различаются по содержанию как валового, так и доступного для растений калия. Содержание валового калия в почвах Ставропольского края изучено Л.П. Черкасовой (1991) и показано в табл. 30. Как видно из таблицы, многолетнее использование целинных почв при возделывании сельскохозяйственных культур привело к значительному снижению содержания валового калия: на светло-каштановых почвах оно составило 15%, на каштановых – 13%, на темно-каштановых – 5%.

Таблица 30. Сравнительная характеристика целины и пашни типов почв Ставропольского края по содержанию валового калия (K_2O), %

Категория земель	Светло-каштановая	Каштановая	Темно-каштановая	Чернозем южный	Чернозем предкавказский
Целина	3,02	2,90	2,71	2,27	2,56
Пашня	2,58	2,53	2,57	2,11	2,14

Высвобождающийся из калийсодержащих минералов калий в основном удерживается на поверхности почвенных коллоидов, а также находится в почвенном растворе. Для характеристики калийного режима почв выделяют три формы калия: водорастворимый, обменный и необменный. Между названными группами калия существует определенное равновесие, благодаря которому в каждом типе почв поддерживается определенное количество калия в доступном растениям состоянии.

В табл. 31 приведены результаты определения содержания форм калия в каштановых почвах в сравнении с черноземом (Багринцева, 1992). Установлено, что в каштановой и светло-каштановой почве водорастворимого и подвижного калия содержится больше, чем в черноземе. В то же время, менее доступных растениям – резервных форм калия в этих почвах меньше, чем в черноземе. В светло-каштановой почве по сравнению с черноземом содержание водорастворимого калия больше в 4 раза, а подвижного – в 2,8 раза. Содержание необменных форм калия в светло-каштановой почве в 1,5 раза меньше, чем в черноземе. У изучавшихся каштановых и светло-каштановых почв степень подвижности калия (или содержание так называемого «легкообменного» калия, извлекаемого из почвы раствором хлористого кальция) выше, чем в черноземе.

Представляет интерес и сравнение различных типов почв по последовательному вытеснению калия раствором углекислого аммония. Анализ заключается в многократной обработке навески почвы данным экстрагентом. Результаты проведенного многократного вытесне-

ния калия из почвы раствором углекислого аммония показаны в табл. 32. При анализе черноземной почвы даже в десятой углеаммонийной вытяжке содержалось 34 мг/кг подвижного калия. Из каштановой почвы, отобранной на опытном поле Прикумского филиала СНИИСХ, весь калий был вытеснен углекислым аммонием при восьмом определении, а из светло-каштановой – при шестом. Общее количество вытесненного калия в каштановой почве было в 1,6-1,9 раза меньше, чем в черноземной.

Таблица 31. Содержание разных форм калия в почвах (в слое 0-20 см)

Тип почвы	Водорастворимый (по Александру)	Подвижный (по Мачигину)	Необменный		Степень подвижности калия по Карпинскому, мг K_2O /л вытяжки
			по Пчелкину	по Гедройцу	
мг K_2O /кг почвы					
Чернозем карбонатный*	20	214	1260	4750	4
Каштановая**	16	277	992	3800	10
Каштановая***	40	345	700	3395	30
Светло-каштановая***	80	600	863	3254	48

* СНИИСХ (по данным Л.П. Черкасовой)

** ПФ СНИИСХ, г. Буденновск

*** Левокумский район

Следует отметить, что из каштановой и светло-каштановой почв 68-76% подвижного калия переходит в первый фильтрат, а в черноземе в первом фильтрате обнаруживается значительно меньше калия от общей суммы.

На основании проведенных исследований можно заключить, что калийснабжающая способность обыкновенного карбонатного чернозема и каштановых почв принципиально различается. Особенностью каштановых почв Ставропольского края является то, что в них по сравнению с черноземами выше содержание водорастворимого и подвижного калия, но меньше содержание резервных (необменных) форм калия. В связи с этим неверно считать, что каштановые почвы лучше обеспечены доступным растениям калием и не нуждаются во внесении

калийных удобрений. Каштановые почвы не могут обеспечить быстрое восполнение подвижных форм калия за счет труднодоступных форм по сравнению с черноземом. При отрицательном балансе калия его запасы в доступных формах в каштановых почвах могут уменьшиться быстрее, чем в черноземах (Черкасова, 1991).

Таблица 32. Ход последовательного вытеснения калия из почв 1%-ым раствором углекислого аммония

Тип почвы	Содержание в последовательных фильтратах										Сумма	1-ый фильтрат в % от суммы
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	мг K_2O /кг почвы											
Чернозем карбонатный	235	126	65	75	63	49	34	32	34	34	747	31
Каштановая*	266	32	28	21	17	10	8	8	0	0	390	68
Каштановая**	345	44	32	16	8	8	0	0	0	0	453	76
Светло-каштановая***	606	98	49	28	12	8	0	0	0	0	801	76

* ПФ СНИИСХ, г. Буденновск

** С-з «Николо-Александровский», Левокумский район

*** С-з «Урожайненский», Левокумский район

В табл. 33 представлены результаты первого (1972 г.) и четвертого (1985 г.) туров агрохимического обследования пашни Левокумского района Ставропольского края. На протяжении указанного периода калийных удобрений не вносили. В результате произошло перераспределение площадей по обеспеченности почв подвижным калием в сторону уменьшения площадей с содержанием 400 и более мг K_2O /кг почвы, а также снизилось среднее содержание по району. Ухудшение калийного режима почв района было связано с интенсивным их использованием под зерновые культуры, внедрением двупольных зернопаровых севооборотов с системой удобрения, исключающей внесение калийных удобрений.

Проведенные лабораторией агрохимии Прикумского филиала СНИИСХ (ПОСС) исследования раскрыли закономерности изменения калийного режима каштановых почв под воздействием севооборотов

и систем удобрения в севооборотах. Наблюдения за содержанием подвижного калия в почве под культурами севооборотов в стационарном опыте отдела земледелия, проведенные Н.А. Ходжаевой, показали, что обеспеченность почвы этим элементом питания растений изменяется, повышаясь после парования почвы (табл. 34). Возможно, повышение содержания подвижного калия в почве после парования связано с тем, что за это время на поле не произрастают растения, потребляющие этот элемент питания.

Таблица 33. Обеспеченность каштановых почв Левокумского района подвижным калием по Мачигину (по данным Проектно-испытательной станции агрохимической службы «Прикумская»)

Тур обследования	Класс обеспеченности подвижным калием, мг K_2O /кг почвы				
	< 200	200-300	300-400	> 400	Среднее содержание
	Распределение пашни, %				
1	1,1	2,9	22,3	73,7	505
4	0,5	2,1	34,0	63,4	448

В.Г. Александров (1951, 1953), изучая состав микрофлоры в каштановой почве в опытах НовНИХИ, в чистом пару отмечал увеличение численности в почве так называемых силикатных бактерий, способных разрушать алюмосиликаты. Придавая слишком большое значение жизнедеятельности этих микроорганизмов для улучшения обеспеченности почвы доступным калием, В.Г. Александров даже предложил «не трогать калийные удобрения на каштановые почвы, а вносить силикатные бактерии». Проведенные В.Г. Александровым и В.А. Писемской исследования микрофлоры парующей почвы в тоже время подтверждают участие силикатных бактерий в накоплении подвижного калия в почве после чистого пара.

Возможен и другой механизм высвобождения калия из необменной формы в обменную – воздействие на труднорастворимые соединения сильных минеральных кислот (азотной и других), накапливающихся в парующей почве.

Повышение содержания обменного калия перед посевом озимой пшеницы по чистому пару наблюдали и в других опытах лаборатории агрохимии Прикумского филиала СНИИСХ. То, что содержание обменного калия в каштановой почве изменяется синхронно изменениям в содержании нитратного азота, подтверждено в нескольких длитель-

ных полевых опытах.

Таблица 34. Динамика содержания подвижного калия по Мачигину в слое 0-20 см каштановой почвы под культурами севооборотов (в среднем за две ротации)

№ севооборота	Чередование культур	K ₂ O, мг/кг почвы	№ севооборота	Чередование культур	K ₂ O, мг/кг почвы
1	Чистый пар	335	4	Чистый пар	331
	Озимая пшеница	350		Озимая пшеница	340
	Чистый пар	332		Озимая пшеница	316
	Озимая пшеница	365		Горох	328
	Чистый пар	329		Озимая пшеница	341
	Озимая пшеница	347		Яровой ячмень	338
2	Чистый пар	338	5	Эспарцет	330
	Озимая пшеница	341		Озимая пшеница	330
	Озимая пшеница	317		Озимая пшеница	344
	Кукуруза на силос	330		Кукуруза на силос	331
	Озимая пшеница	333		Озимая пшеница	330
	Яровой ячмень	338		Яровой ячмень	333
3	Чистый пар	341	6	Эспарцет	340
	Озимая пшеница	359		Озимая пшеница	334
	Озимая пшеница	346		Озимая пшеница	366
	Чистый пар	358		Чистый пар	331
	Озимая пшеница	363		Озимая пшеница	358
	Яровой ячмень	364		Яровой ячмень	362

Интересные сведения были получены при изучении влияния разных севооборотов на калийный режим каштановой почвы. В табл. 35

показано содержание подвижного калия в метровом слое почвы для шести севооборотов (Багринцева и др., 2000). Согласно полученным результатам, весь метровый слой почвы в зернопаровом севообороте №1 (двуполка) был лучше обеспечен подвижным калием. Несколько ниже было содержание данной формы калия в почве в севооборотах №3 и №6, где также функционировал чистый пар.

Таблица 35. Содержание подвижного калия по Мачигину в каштановой почве (мг K_2O /кг почвы) в конце третьей ротации (в среднем по трем полям, 1987-1989 гг.)

№ севооборота	Слой почвы, см				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
1	302	211	131	85	81
2	265	193	113	82	76
3	280	216	118	86	81
4	272	196	102	81	83
5	272	184	105	86	87
6	280	202	124	83	94

Примечания:

- 1) неудобренный фон;
- 2) севообороты, как в табл. 6.

В двух севооборотах (№1 и №5), различающихся наличием паров, выявлены различия в содержании форм калия в слое почвы 0-20 см. В севообороте №1 чередование чистого пара с озимой пшеницей способствовало накоплению водорастворимого, подвижного и необменного калия по сравнению с севооборотом №5 без чистого пара (табл. 36). При этом в необменной форме (по Гедройцу) содержание калия в почве в севообороте №1 было ниже.

Для каштановой почвы характерно снижение содержания всех форм калия в почве с глубиной. Максимальное их количество находится в поверхностном слое 0-20 см.

Полученные данные показывают, что следует разграничивать влияние набора сельскохозяйственных культур в севооборотах на плодородие эффективное, которое определяет величину урожая в год его получения, и плодородие потенциальное. Содержание почвы под чистым паром способствует повышению ее эффективного плодородия: накоплению продуктивной влаги, улучшению аэрации, увеличению запасов нитратного азота и подвижного калия, что обеспечивает получение высоких и стабильных урожаев озимой пшеницы в течение ряда лет.

Но насыщение зернопарового севооборота чистым паром на 50% при длительном функционировании данного севооборота без соответствующей системы удобрения, обеспечивающей бездефицитный баланс гумуса и элементов питания, имеет отрицательные последствия. Интенсивное использование эффективного плодородия в данном случае ведет к снижению потенциального плодородия каштановой почвы.

Таблица 36. Содержание разных форм калия в каштановой почве при различных схемах севооборотов, мг K_2O /кг почвы (в среднем по трем полям за 1987-1989 гг.)

Севооборот	Слой почвы, см	Водорастворимый (по Александру)	Подвижный (по Мачигину)	Необменный	
				по Пчелкину	по Гедройцу
1	0-20	36	302	1041	3542
	20-40	25	211	952	3340
	40-60	17	131	920	2782
	60-80	16	85	684	2665
	80-100	13	81	757	2762
5	0-20	29	272	976	3770
	20-40	18	184	846	3396
	40-60	15	105	756	2759
	60-80	13	86	756	2704
	80-100	15	87	773	2856

Примечания:

- 1) неудобренный фон;
- 2) севообороты №1 и №5, как в табл. 6.

Исследование содержания форм калия в зернопаровом севообороте с длительным внесением только азотно-фосфорных удобрений показало, что исключение калия из системы удобрения приводит к обеднению почвы этим элементом питания растений. В табл. 37 приводятся результаты определения содержания разных форм калия в почве в конце третьей ротации севооборота чистый пар – озимая пшеница – озимая пшеница – озимая рожь на зеленую массу – озимая пшеница – озимая пшеница. Так, систематическое внесение только азотных и фосфорных удобрений в дозах 29 кг N/га и 25 кг P_2O_5 /га в год в течение длительного времени (18-ти лет) оказало отрицательное влияние на обеспеченность каштановой почвы всеми формами калия. Азотные и фосфорные удобрения, обеспечивая повышение урожая, способствуют

увеличению выноса не только азота и фосфора, но и калия. Если вынос последнего не компенсируется внесением с удобрениями, то постепенно его запасы как в обменных, так и в необменных формах снижаются.

Таблица 37. Содержание подвижного калия по Мачигину в каштановой почве в конце третьей ротации севооборота, мг K_2O /кг почвы (в среднем по трем полям за 1988-1990 гг.)

Слой почвы, см	Доза удобрений, кг д.в./га за 18 лет		
	без удобрений	P450	N525P450
<i>Подвижный по Мачигину ($HCP_{0.05} = 41$)</i>			
0-20	310	279	267
20-40	222	218	204
40-60	153	136	141
60-80	105	111	105
80-100	88	89	85
<i>Необменный по Пчелкину ($HCP_{0.05} = 54$)</i>			
0-20	1131	1117	1111
20-40	1093	1064	1012
40-60	962	940	878
60-80	806	871	846
80-100	779	846	803
<i>Необменный по Гедройцу ($HCP_{0.05} = 45$)</i>			
0-20	4354	4062	3901
20-40	4114	3844	3596
40-60	3512	3346	3178
60-80	3082	2878	2775
80-100	2882	2844	2993

Поддерживать природный уровень обеспеченности каштановой почвы калием и повышать его запасы можно и с помощью периодического внесения в севообороте навоза. Как показали исследования, с помощью навоза можно в короткий срок увеличить содержание калия в почве. В табл. 38 дается содержание подвижного калия в почве в зернопаровом севообороте при внесении разных доз бесподстилочного навоза под вспашку чистого пара. Через год после внесения навоза перед посевом озимой пшеницы по чистому пару содержание подвижного калия в почве повысилось за счет внесения 20 т/га навоза на

17 мг K_2O /кг почвы (на 5%), за счет внесения 40 т/га – на 46 мг K_2O /кг почвы (на 13%) и за счет внесения 60 т/га – на 100 мг K_2O /кг почвы (на 27%). Влияние дозы навоза, равной 20 т/га, на содержание в почве подвижного калия ограничивалось тремя годами. При внесении навоза в дозах 40 и 60 т/га повышенное содержание подвижного калия в почве отмечено даже через 6 лет – в конце ротации севооборота.

Таблица 38. Влияние навоза на содержание подвижного калия по Мачигину в пахотном слое каштановой почвы под разными культурами севооборота, мг K_2O /кг почвы (в среднем по трем полям)

Доза навоза на севооборот, т/га	Озимая пшеница		Чистый пар (1988-1990 гг.)	Озимая пшеница (1989-1991 гг.)	Яровой ячмень (1990-1992 гг.)
	по пару (1986-1988 гг.)	по пшенице (1987-1989 гг.)			
0	368	290	290	299	288
20	385	319	307	286	268
40	414	352	351	322	301
60	468	381	370	369	334

Таблица 39. Влияние навоза на содержание разных форм калия в каштановой почве в конце ротации шестипольного севооборота, мг K_2O /кг почвы

Доза навоза на севооборот, т/га	Слой почвы, см	Водорастворимый (по Александрову)	Подвижный (по Мачигину)	Необменный	
				по Пчелкину	по Гедройцу
0	0-20	31	270	1081	3378
	20-40	24	193	973	3458
	40-60	18	115	839	2535
	60-80	16	104	747	2222
	80-100	16	93	813	2527
60	0-20	34	308	1178	3697
	20-40	25	228	1001	3700
	40-60	16	120	927	3168
	60-80	15	93	816	2734
	80-100	14	88	837	2674

Навоз повышает содержание калия не только в пахотном слое почвы, в водорастворимой и подвижной форме повышенное содержание калия в конце ротации и того же севооборота отмечалось и в слое 0-40 см. В обменных формах калий, внесенный с навозом, накапливался во всем метровом слое почвы (табл. 39).

Расчеты баланса калия в том же севообороте показали, что внесение калия, содержащегося в 20 т/га навоза, в совокупности с его поступлением с осадками и семенами восполняет вынос урожаем, а также потери за счет вымывания, сорняков и эрозии, на 54% (табл. 40). Для бездефицитного баланса калия в данном севообороте необходимо вносить калийные удобрения. Поступление калия с 40 т/га навоза полностью компенсирует расход калия на формирование урожая и потери из почвы. Внесение навоза в дозе 60 т/га обеспечивает превышение поступления калия над выносом на 10,6 кг K_2O /га в год. В данном севообороте с точки зрения оптимизации баланса калия наиболее рациональной дозой внесения навоза является 40 т/га.

В течение вегетации озимой пшеницы изменялось содержание калия в почве в разных формах (табл. 41). Наиболее стабильным было содержание водорастворимого калия. В подвижной форме содержание калия повышалось к фазе созревания. В обменной форме, извлекаемой по методу Пчелкина, содержание калия повышалось в конце мая в фазе колошения и снижалось в начале июля к фазе созревания. Содержание обменного калия, определенного по методу Гедройца, с ростом растений постепенно увеличивалось.

Таблица 40. Баланс калия в севообороте на каштановой почве, кг K_2O /га в год

Статья баланса		Доза навоза на севооборот, т/га				
		0	20	40	60	
Приход	с навозом	-	17,3	34,7	52,2	
	с осадками	1,5	1,5	1,5	1,5	
	с семенами	0,6	0,6	0,6	0,6	
	Итого	2,1	19,4	36,8	54,3	
Расход	вынос урожаем	29,4	32,7	33,9	37,0	
	потери за счет:	вымывания	-	0,9	1,7	2,6
		сорняков	-	0,9	1,7	2,6
		эрозии	-	1,5	1,5	1,5
	Итого	29,4	36,0	38,8	43,7	
Баланс		-27,3	-16,6	-2,0	+10,6	
Компенсация выноса		7	54	95	124	

Обращает на себя внимание, что при внесении калийных удобрений в дозе 120 кг K_2O /га верхний горизонт почвы накапливал в подвижной и водорастворимой формах те же количества калия, что и при внесении меньшей дозы в 60 кг K_2O /га. Необменная фиксация калия почвой при внесении двойной дозы калийных удобрений лишь немного возрастала по сравнению с вариантом, где вносилась одинарная доза. По-видимому, при внесении двойной дозы калийных удобрений происходила существенная миграция непоглощенного верхними горизонтами калия в нижележащие горизонты почвенного профиля.

По усредненным данным, при внесении калийных удобрений под пшеницу после чистого пара каждые 3 кг д.в. калийных удобрений повышают содержание подвижного калия в почве на 1 мг K_2O /кг почвы.

Таблица 41. Динамика содержания форм калия в пахотном слое каштановой почвы под озимой пшеницей по чистому пару (1988-1990 гг.), мг K_2O /кг почвы

Доза K_2O , кг/га	Фаза развития		
	Кущение	Колошение	Созревание
<i>Водорастворимый</i>			
0	25,0	23,0	25,0
60	27,3	23,3	28,6
120	26,8	23,6	28,4
180	31,9	26,8	34,1
<i>Подвижный</i>			
0	268	270	277
60	286	274	307
120	284	274	315
180	326	321	345
<i>Необменный по Пчелкину</i>			
0	1012	1075	1050
60	1021	1103	1042
120	1030	1141	1048
180	1077	1135	1050
<i>Необменный по Гедройцу</i>			
0	3560	3922	4069
60	3751	3984	4138
120	3733	3990	4206
180	3986	4052	4302

Таблица 42. Содержание форм калия в каштановой почве через год после внесения калийных удобрений, мг K_2O /кг почвы

Слой почвы, см	Дозы удобрений, кг K_2O /га			
	0	60	120	180
<i>Водорастворимый</i>				
0-20	27,5	25,8	28,0	32,4
20-40	16,1	14,7	15,3	17,6
40-60	11,7	11,5	10,3	12,3
60-80	9,9	9,4	12,2	11,3
80-100	9,6	9,4	10,6	11,6
<i>Подвижный</i>				
0-20	265	307	309	316
20-40	188	171	165	192
40-60	112	104	101	114
60-80	100	106	91	113
80-100	95	100	89	110
<i>Необменный по Пчелкину</i>				
0-20	892	904	950	1104
20-40	823	818	859	956
40-60	744	778	733	743
60-80	644	687	684	699
80-100	667	663	698	713
<i>Необменный по Гедройцу</i>				
0-20	3999	4085	4262	4549
20-40	3667	3717	4173	4135
40-60	3107	2848	3211	2971
60-80	2651	2887	2859	2831
80-100	2509	2926	2652	2719

Обследование метрового профиля почвы на содержание разных форм калия через год после внесения калийных удобрений показало, что они повышают обеспеченность калием не только пахотного слоя (табл. 42). При внесении 60 кг K_2O /га через год в почве наблюдалось незначительное повышение содержания разных форм калия. Содер-

жание водорастворимого калия было на уровне контроля. Содержание подвижного калия было выше только в слое 0-20 см, обменного по Пчелкину – в слоях 0-20 и 40-80 см, обменного по Гедройцу – в слоях 0-40 и 60-100 см.

Через год после внесения калийных удобрений в дозе 120 кг K_2O /га в почвенном профиле произошло накопление калия только в обменных формах: обменного калия по Пчелкину – в слое 0-40 см и 80-100 см, обменного калия по Гедройцу – в слое 0-60 см.

При внесении максимальной дозы калийных удобрений (180 кг K_2O /га) изменилось содержание калия в разных формах во всем метровом профиле почвы. Так, содержание водорастворимого и подвижного калия повысилось во всех слоях почвы с максимальным накоплением в верхнем слое 0-20 см (на 18% и 19%, соответственно). Содержание обменных форм калия повысилось во всех слоях почвы, кроме слоя 40-60 см. Максимальное накопление данных форм калия также произошло в верхнем слое 0-20 см, где содержание обменного калия по Пчелкину выросло на 24%, а по Гедройцу – на 14%.

Таким образом, при внесении калийных удобрений калий накапливался во всех формах даже на глубине до 100 см. Полученные данные свидетельствуют о том, что калий удобрений слабо фиксируется в верхних горизонтах каштановой почвы и мигрирует на глубину до одного метра. Чтобы не было миграции и накопления калия удобрений в профиле каштановых почв, доза вносимых калийных удобрений не должна превышать 60 кг K_2O /га.

Расчет баланса калия при внесении калийных удобрений в дозе 60 кг K_2O /га показал, что при такой дозе по пшенице после пара баланс отрицательный и равен -25,3 кг K_2O /га, по второй пшенице после пара – близкий к бездефицитному (-5,3 кг K_2O /га).

Следует отметить, что в слое почвы 20-60 см в вариантах с внесением калийных удобрений в дозах 60 и 120 кг K_2O /га после уборки озимой пшеницы содержание калия в водорастворимой и подвижной формах было меньше, чем в неудобренном контроле, что указывает на интенсивное потребление озимой пшеницей калия из этого слоя.

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ И ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВЕ

Микроэлементы (химические элементы, потребляемые растениями в очень малом количестве) являются составляющей частью плодородия почв. Содержание некоторых основных микроэлементов в каштановых почвах представлено в табл. 43. Согласно группировке почв (табл. 44), обеспеченность почв каштанового типа марганцем – средняя, а медью, цинком и кобальтом – низкая.

Таблица 43. Содержание подвижных форм микроэлементов в почвах, мг/кг почвы (Подколзин и др., 2002)

Почвы	Mn	Cu	Zn	Co
Темно-каштановые	18,3	0,10	0,40	0,09
Каштановые	14,1	0,12	0,37	0,08
Светло-каштановые	15,5	0,10	0,30	0,10

Таблица 44. Группировка почв по содержанию подвижных форм микроэлементов, мг/кг почвы

Содержание	Mn	Zn	Cu	Co	B	Mo
Низкое	<10,0	<2,0	<0,20	<0,16	<0,34	<0,10
Среднее	11,0-20,0	2,1-5,0	0,21-0,50	0,17-0,30	0,35-0,70	0,11-0,23
Высокое	>0,20	>5,0	>0,5	>0,30	>0,70	>0,23

Таблица 45. Среднее содержание микроэлементов в виде примесей в минеральных удобрениях, мг/кг удобрения (Подколзин, 2002)

Удобрение	B	Mo	Zn	Cu	Co	Mn
Аммиачная селитра	0,2	0,1	0,6	-	-	-
Карбамид	следы	-	15	0,9	0,7	следы
Сульфат аммония	6,4	0,1	0,3	9,0	25,0	0,1
Суперфосфат	12,5	-	10,0	1,8	0,5	142,0
Хлористый калий	-	0,2	14,5	5,0	1,0	5,0
Аммофос	-	следы	123,0	2,9	следы	37,0
Комплексные NPK-удобрения	-	-	7,6	34,0	-	138,0
Навоз (мг/т)	2,0	0,25		2,4	0,16	25,0

Систематическое использование минеральных удобрений в растениеводстве способствует изменению содержания микроэлементов в почве. По мере внесения минеральных удобрений, содержащих в качестве примесей микроэлементы, последние накапливаются в почве. Обеспеченность почвы теми микроэлементами, которые не содержатся в минеральных удобрениях, постепенно снижается вследствие потребления растениями и выноса с урожаем. В табл. 45 показано содержание

микроэлементов в некоторых видах удобрений.

Необходимо также учитывать, что микроэлементы поступают в почву с осадками, особенно в значительных количествах в районах крупных промышленных предприятий. Так по данным ФГУ ГЦАС «Ставропольский» (Агеев, Подколзин, 2006), с 350 мм осадков на каждый гектар пашни поступает 105-120 г цинка, 70-80 г меди, 210-224 г марганца и 7-10 г кобальта.

При оптимизации минерального питания сельскохозяйственных культур необходимо принимать во внимание баланс не только макроэлементов, но и микроэлементов. Дефицит некоторых микроэлементов может стать лимитирующим фактором при получении высоких урожаев.

В связи с систематическим внесением минеральных удобрений в севооборотах необходим мониторинг содержания микроэлементов в почве. В длительном стационарном опыте на Прикумском филиале СНИИСХ были проанализированы почвенные образцы на содержание микроэлементов (табл. 46). При внесении в течение 18-ти лет суперфосфата и аммиачной селитры в количестве, обеспечивающем поступление в год 29,2 кг N/га и 25 кг P₂O₅/га, проявилась тенденция к снижению содержания в почве цинка, меди, кобальта и бора. Наличие в удобрениях этих микроэлементов не вызвало их накопления в почве, поскольку имело место увеличение выноса микроэлементов из почвы с возросшим урожаем. Накапливался только марганец, ввиду его значительного содержания в суперфосфате.

Таблица 46. Содержание подвижных форм микроэлементов в слое 0-20 см каштановой почвы после длительного применения удобрений, мг/кг почвы

Внесено удобрений за 18 лет, кг д.в./га	Zn	Cu	Mn	Co	Mo	B
Без удобрений	0,26	0,07	19,10	0,07	0,11	1,70
P450	0,23	0,07	22,03	0,07	0,11	1,52
N525P450	0,23	0,06	22,30	0,06	0,11	1,41
HCP _{0,05}	0,07	0,01	3,65	0,01	0,02	0,33

Таким образом, на каштановых почвах при их низкой обеспеченности цинком, медью и кобальтом внесение изученных форм минеральных удобрений не может существенно повысить содержание этих микроэлементов в пахотном слое. Для удовлетворения потребности возделываемых сельскохозяйственных культур в микроэлементах необходимо внесение микроудобрений.

В состав минеральных удобрений и навоза в виде примесей входят микроэлементы, называемые тяжелыми металлами (свинец, хром, кадмий, никель). Из всех видов минеральных удобрений относительно наибольшее количество тяжелых металлов поступает в почву с фосфорными удобрениями, наименьшее – с азотными и калийными. Промежуточное положение занимают комплексные удобрения. Содержание свинца в широко применявшемся ранее простом суперфосфате составляло 2,6 мг/кг (Потатуева и др., 1994), в двойном – 39 мг/кг (Черных и др., 1994). Кроме свинца в простом суперфосфате содержался и хром (Басманов, Кузнецов, 1990).

Анализ почвенных образцов, отобранных в стационарном поле-вом опыте Прикумского филиала СНИИСХ по окончании третьей ротации шестипольного севооборота, в котором вносили суперфосфат и аммиачную селитру, показал, что накопление свинца и хрома в почве имело место (табл. 47). После внесения за 18 лет на каждый гектар 1,5 т аммиачной селитры и 2,37 т суперфосфата содержание свинца в почве повысилось на 2,1 мг/кг, хрома – на 3,6 мг/кг. Учитывая, что ПДК свинца в почве составляет 30 мг/кг, а хрома – 50 мг/кг, отмеченное накопление этих элементов в почве является незначительным и не представляющим какой-либо опасности для почв и продукции растениеводства.

Таблица 47. Содержание валовых форм тяжелых металлов в слое 0-20 см каштановой почвы после длительного применения удобрений, мг/кг почвы

Внесено удобрений за 18 лет, кг д.в./га	Pb	Cr
Без удобрений	19,3	21,0
P450	19,7	25,2
N525P450	21,4	24,6
НСР _{0,05}	2,7	3,9

К такому же мнению пришли В.В. Агеев и А.И. Подколзин (2006), а также А.И. Есаулко (2006), изучавшие влияние длительного внесения умеренных доз минеральных удобрений в севообороте на содержание тяжелых металлов в черноземной почве. Таким образом, проведенные исследования показывают, что длительное внесение в зернопаровом севообороте на каштановой почве азотных и фосфорных удобрений в дозах 29,2 кг N/га и 25 кг P₂O₅/га в год не загрязняет почву тяжелыми металлами, т.е. совершенно безопасно для экологии.

Такие калийные удобрения, как хлористый калий (а также калимаг) содержат хлор в виде хлоридов. В проводившихся на Прикумском

филиале СНИИСХ длительных опытах по изучению эффективности хлористого калия под зерновые культуры определяли содержание в почве хлорид-ионов. На анализ почвенные образцы отбирали через год и через 2 года после внесения хлористого калия под озимую пшеницу и через 6 лет – после внесения калийных удобрений дважды в севообороте. Через год после внесения хлористого калия в дозе 60 кг K_2O /га повышение содержания хлоридов наблюдалось только в слое 80-100 см (табл. 48). После внесения калийного удобрения в дозе 180 кг K_2O /га содержание хлоридов повысилось в почве начиная с глубины 40 см.

Таблица 48. Содержание хлоридов в каштановой почве через год после внесения хлористого калия, %

Фактор А: слой почвы, см (НСР _{0,05} = 0,0008)	Фактор В: доза удобрения, кг K_2O /га (НСР _{0,05} = 0,0016%)			
	К0	К60	К120	К180
0-20	0,0046	0,0043	0,0033	0,0039
20-40	0,0035	0,0037	0,0036	0,0043
40-60	0,0032	0,0032	0,0041	0,0068
60-80	0,0041	0,0041	0,0045	0,0071
80-100	0,0037	0,0050	0,0057	0,0076
Среднее	0,0038	0,0041	0,0043	0,0060

Таблица 49. Содержание хлоридов в каштановой почве в конце ротации шестипольного севооборота, %

Внесено калия за ротацию, кг K_2O /га	Слой почвы, см				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
0	0,0044	0,0032	0,0037	0,0041	0,0035
60 + 60	0,0030	0,0039	0,0048	0,0032	0,0032
120 + 120	0,0039	0,0048	0,0041	0,0039	0,0044
180 + 180	0,0043	0,0046	0,0046	0,0039	0,0043

В табл. 49 показано содержание хлоридов в почве в конце ротации севооборота. Хлористый калий был внесен в дозах 0, 60, 120 и 180 кг K_2O /га под озимую пшеницу по чистому пару в первом и втором звеньях севооборота. Установлено, что повторное внесение в севообороте хлористого калия в дозе 60 кг K_2O /га не вызывает избыточного накопления хлоридов в почве. Даже при внесении калийного удобрения

дважды по 180 кг K_2O /га за 6 лет не отмечено существенного изменения в содержании хлоридов в почве. Отсутствие внесенных с удобрением хлоридов в метровом слое свидетельствует о способности хлора мигрировать вниз по профилю каштановой почвы и вымываться за пределы корнеобитаемого слоя.

УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ

Анализ урожайности озимой пшеницы в опытах Прикумского филиала СНИИСХ по годам показывает, что даже в условиях высокой агротехники урожай зерна зависит от складывающихся погодных условий во время вегетации. В годы, отнесенные к благоприятным для озимых зерновых культур, урожайность озимой пшеницы по чистому пару в неудобренном варианте в среднем составила 35,4 ц/га (табл. 50). Эти годы характеризуются количеством осадков за вегетационный период выше средней многолетней нормы, наличием оптимальных запасов влаги в почве перед посевом, ранним или в пределах средней многолетней даты возобновлением весенней вегетации, а также отсутствием затяжных почвенных засух и суховеев во время налива зерна. Оптимальное удобрение в данных благоприятных условиях обеспечивало получение урожая зерна озимой пшеницы по чистому пару в среднем на уровне 49,8 ц/га, т.е. прибавка урожая от удобрений составила 41%.

Таблица 50. Урожайность озимой пшеницы (ц/га) в опытах Прикумского филиала СНИИСХ в годы с разными погодными условиями

Годы	По чистому пару			По озимой пшенице после пара		
	1	2	3	1	2	3
Благоприятные	35,4	49,8	41	23,1	33,4	45
Относительно благоприятные	26,7	41,7	56	15,6	27,7	78
Засушливые	20,6	32,9	60	5,7	9,7	70

Примечания:

1 – урожай на контроле, ц/га; 2 – урожай при внесении NPK, ц/га;
3 – прибавка урожая, %.

Благоприятные годы – 1973-1974, 1976-1977, 1977-1978, 1981-1982, 1985-1986, 1988-1989, 1989-1990 и 1991-1992 гг.;

относительно благоприятные годы – 1972-1973, 1979-1980, 1980-1981, 1982-1983, 1983-1984, 1984-1985, 1987-1988, 1990-1991 и 1992-1993 гг.;

засушливые годы – 1971-1972, 1974-1975, 1975-1976, 1978-1979, 1986-1987 и 1994-1995 гг.

В годы, относительно благоприятные для вегетации озимых зерновых культур, урожайность озимой пшеницы по чистому пару была ниже, чем в благоприятные годы, и составила в среднем 26,7 ц/га. Снижение урожайности на 25% по отношению к благоприятным годам было вызвано действием отдельных факторов: низкими запасами продуктивной влаги в почве осенью или суховеями и недостатком влаги в почве в апреле – мае, а также во время налива зерна. Использование удобрений в такие годы позволило получить урожайность озимой пшеницы по чистому пару в среднем на уровне 41,7 ц/га, т.е. прибавка урожая от удобрений достигала уже 56%.

Урожайность озимой пшеницы по чистому пару в засушливые годы составила в неудобренном контроле в среднем 20,6 ц/га, что на 42% ниже, чем в благоприятные годы. В засушливые годы снижение урожайности было вызвано комплексом неблагоприятных факторов: низкие запасы продуктивной влаги в почве во время сева, поздние всходы, малое количество осадков во время вегетации, почвенная засуха и суховеи во время налива зерна. Однако оптимальное минеральное питание даже в засушливые годы позволило получить урожай зерна озимой пшеницы в среднем на уровне 32,9 ц/га, т.е. прибавка урожая от удобрений составила 60%. При использовании удобрений снижение урожайности в засушливые годы по отношению к благоприятным составило 34%.

Озимая пшеница, размещаемая повторно после чистого пара, подвержена влиянию неблагоприятных погодных условий еще в большей степени. Так, в благоприятные годы в длительном стационарном опыте урожайность второй озимой пшеницы по чистому пару в варианте с низким содержанием подвижного фосфора в почве составила в среднем 23,1 ц/га (табл. 50). В годы с относительно благоприятными условиями во время вегетации средняя урожайность без применения удобрений составила 15,6 ц/га (на 32% ниже, чем в благоприятные). В засушливые годы снижение урожайности по отношению к благоприятным достигло 75%, а уровень урожайности в среднем снизился до 5,7 ц/га.

Значительная роль удобрений в повышении урожайности второй озимой пшеницы по чистому пару подтверждается следующими данными: в благоприятные годы ее урожайность при применении удобрений составила 33,4 ц/га, что на 45% выше, чем без них. В относительно благоприятные годы урожайность озимой пшеницы в удобренном варианте составила в среднем 27,7 ц/га (на 78% выше, чем без удобрений).

В засушливые годы урожайность озимой пшеницы по непаровому предшественнику (имеется в виду вторая озимая пшеница по чистому пару) была низкая даже при применении удобрений, в среднем она со-

ставила 9,7 ц/га. Тем не менее, урожай зерна за счет применения удобрений был выше на 70%.

Из анализа урожайности озимой пшеницы по благоприятным, относительно благоприятным и засушливым годам, следует, что ее урожайность в значительной мере определяется погодными условиями во время вегетации, а удобрения позволяют нивелировать действие засушливости климата.

АЗОТНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Урожайность озимой пшеницы и других зерновых колосовых культур в значительной степени определяется обеспеченностью почвы азотом. Оптимальное питание растений азотом является условием их быстрого роста и развития, формирования высокого урожая зерна с ценными технологическими показателями качества.

На каштановых почвах прибавки урожая зерна озимой пшеницы от азотных удобрений мало зависят от запасов доступного азота в почве, которые остаются после предшественников. Отзывчивость на азотные удобрения наблюдается и у озимой пшеницы, высеваемой первой после чистого пара, и повторно, а также возделываемой по парам, занятым зерновыми культурами (включая кукурузу), которые выращиваются на зеленый корм. По непаровым предшественникам удобряемая азотом озимая пшеница дает более стабильные прибавки урожая (табл. 51).

Не следует думать, что более высокое содержание нитратов после чистого пара может полностью удовлетворить потребность озимой пшеницы в азоте для формирования высокого урожая зерна с высоким качеством. Эффективность вносимых по озимую пшеницу азотных удобрений на каштановых почвах зависит от их обеспеченности подвижным фосфором, что доказывается результатами опыта, проведенного Н.Н. Крестьяниновой (1985). Согласно полученным данным, на различном фосфорном фоне озимая пшеница по-разному отзывалась на одни и те же дозы азота (табл. 52). При недостаточном питании фосфором прибавки урожая зерна от азота были ниже, чем при повышенном. Таким образом, чтобы обеспечить высокую окупаемость азотных удобрений, необходимо поддерживать достаточный уровень питания растений фосфором. В то же время, при высокой обеспеченности почв подвижным фосфором для получения максимального урожая зерна озимой пшеницы необходимо усилить азотное питание растений.

Таблица 51. Урожайность озимой пшеницы при внесении удобрений в зернопаровом севообороте в третьей ротации (в среднем по трем полям)

Доза удобрения, кг д.в./га	1-ая по чистому пару (1984-1986 гг.)		2-ая по чистому пару (1985-1987 гг.)		1-ая по занятому пару (1987-1989 гг.)		2-ая по занятому пару (1988-1990 гг.)	
	урожай	прибавка	урожай	прибавка	урожай	прибавка	урожай	прибавка
	ц/га							
0	29,2	-	15,6	-	17,0	-	10,3	-
P30	41,0	11,8	17,4	1,8	23,4	6,4	14,0	3,7
N35P30	41,6	12,4	19,2	3,6	27,3	10,3	20,1	9,8

Таблица 52. Влияние азотных удобрений на урожайность озимой пшеницы по чистому пару (среднее за 1978-1980 гг.)

Доза азота, кг/га	P30 (фон)		P60 (фон)		P90 (фон)	
	Урожай	Прибавка	Урожай	Прибавка	Урожай	Прибавка
	ц/га					
0	32,8	-	36,9	-	39,5	-
30	33,6	0,8	38,6	1,7	41,2	1,7
60	34,1	1,3	39,0	2,1	42,2	2,7
90	34,3	1,5	39,5	2,6	42,9	3,4

Как известно, азотные удобрения под озимую пшеницу вносят в четыре приема: до посева, в подкормку ранней весной, в фазе выхода в трубку и колошения. Эффективность разных способов внесения азотных удобрений под озимую пшеницу изучалась на каштановых почвах неоднократно и в разные годы. В 1973-1974 гг. опыты с подкормками озимой пшеницы проводили В.И. Запорожцев и Н.Н. Крестьянинова. Как следует из табл. 53, при внесении до посева азотных удобрений в дозе 60 кг N/га азотные подкормки не дали повышения урожая зерна. На фоне внесенного азота в дозе 30 кг/га до посева азотная подкормка в фазе выхода в трубку в среднем за два года дала лишь небольшую прибавку урожая зерна в 1,3 ц/га (или 3%). Эти данные свидетельствуют о том, что на каштановых почвах внесенного до посева совместно с фосфором азота достаточно для озимой пшеницы, возделываемой после чистого пара, и дополнительного внесения азота в весеннюю подкормку не требуется.

Таблица 53. Влияние азотных подкормок на урожайность озимой пшеницы после чистого пара (сорт Безостая 1)

Доза основного внесения, кг д.в./га	Подкормки		Урожай зерна, ц/га			Прибавка	
	в выход в трубку	в колошение	1973	1974	Среднее	ц/га	%
N30P60	-	-	43,9	40,9	42,4	-	-
	N30	-	44,8	42,5	43,7	1,3	3,1
	-	N30	44,8	41,1	43,0	0,6	1,4
	N30	N30	45,1	42,4	43,8	1,4	3,3
N60P60	-	-	45,8	41,3	43,6	-	-
	N30	-	46,4	41,4	43,9	0,7	1,6
	-	N30	46,0	38,5	42,3	-1,3	-3,0
	N30	N30	46,7	40,8	43,8	0,2	0,5

Аналогичные данные по эффективности весенней подкормки азотом получены и на второй озимой пшенице после чистого пара (табл. 54). Как по пару, так и по полупару внесение азота в дозе 30 кг N/га в фазе выхода в трубку и в колошение не обеспечивало существенного повышения урожая зерна озимой пшеницы, удобренной азотом с осени.

Таблица 54. Влияние азотных подкормок на урожайность второй озимой пшеницы после чистого пара (сорт Одесская 61)

Доза основного внесения удобрений, кг/га	Подкормка		Урожай зерна, ц/га			Прибавка	
	в выход в трубку	в колошение	1973	1974	Среднее	ц/га	%
N30P60	-	-	25,1	37,0	31,1	-	-
	N30	-	25,9	39,7	32,8	1,7	5,5
	-	N30	25,8	39,4	32,6	1,5	4,8
	N30	N30	26,2	37,8	32,0	0,9	2,9
N60P60	-	-	27,8	37,8	32,8	-	-
	N30	-	28,3	37,9	33,1	0,3	0,9
	-	N30	27,9	38,3	33,1	0,3	0,9
	N30	N30	28,6	36,9	32,8	-	-

Позже эффективность азотных подкормок изучали в опыте, проведенном в 1993-1995 гг. (табл. 55). Результаты этого опыта подтверждают

низкую окупаемость азотных удобрений, вносимых в подкормку, по сравнению с их внесением до посева. На сорте Донская безостая каждый килограмм азота при внесении до посева давал 12,0 кг зерна. Подкормка в кушение в 1994 г. и 1995 г. при недостатке осадков в апреле и мае, а также вследствие почвенной засухи и суховеев во время налива зерна, не дала повышения урожая зерна. Самая высокая окупаемость азотных удобрений была при их внесении до посева.

Аналогичные данные были получены и по интенсивному сорту пшеницы Юна. В среднем за три года максимальная прибавка урожая зерна от азотных удобрений получена при их внесении до посева (табл. 56). Этот способ внесения азота под озимую пшеницу обеспечил и самую высокую его окупаемость зерном.

Таким образом, полученные опытные данные показывают, что весенние подкормки азотом в данной почвенно-климатической зоне не дают устойчивых прибавок урожая зерна озимой пшеницы. Неустойчивая и низкая эффективность весенних азотных подкормок озимой пшеницы обусловлена недостаточным количеством осадков в весенний период, ввиду чего азот остается в поверхностном слое почвы и не используется растениями.

Таблица 55. Влияние азотных подкормок на урожайность озимой пшеницы по чистому пару (сорт Донская безостая)

Вариант опыта	Урожай зерна, ц/га				Прибавка от азота		Окупаемость 1 кг N зерном, кг
	1993	1994	1995	Среднее	ц/га	%	
Р90 (фон)	40,8	25,5	25,9	30,7	-	-	-
+ N35 до посева	50,2	27,8	26,6	34,9	4,2	14	12,0
+ N35 в кушение	44,9	21,0	26,1	30,7	-	-	-
+ N35 до посева + N35 в колошение	46,4	32,1	24,7	34,4	3,7	12	5,3
+ N35 в кушение + N35 в колошение	46,6	24,0	25,6	32,1	1,4	5	2,0
+ N35 до посева + N35 в кушение	49,7	24,8	28,0	34,2	3,5	11	5,0
+ N35 до посева + N35 в кушение + N35 в колошение	47,5	30,2	30,0	35,9	5,2	17	5,0

Таблица 56. Влияние азотных подкормок на урожайность озимой пшеницы по чистому пару (сорт Юна)

Вариант опыта	Урожай зерна, ц/га				Прибавка от азота		Окупаемость 1 кг N зерном, кг
	1993	1994	1995	Среднее	ц/га	%	
Р90 (фон)	39,7	25,2	30,7	32,9	-	-	-
+ N35 до посева	54,8	24,9	30,4	36,7	3,8	11,6	10,9
+ N35 в кушение	52,2	25,2	27,1	34,8	1,9	5,8	5,4
+ N35 до посева + N35 в колошение	55,5	25,9	27,0	36,1	3,2	9,7	4,6
+ N35 в кушение + N35 в колошение	51,1	24,0	27,3	34,1	1,2	3,6	1,7
+ N35 до посева + N35 в кушение	52,5	24,2	31,3	36,0	3,1	9,4	4,4
+ N35 до посева + N35 в кушение + N35 в колошение	54,0	23,2	28,3	35,2	2,3	7,0	2,2

Внесение азотных удобрений до посева дает более стабильные прибавки урожая зерна. Удобренная азотом с осени озимая пшеница лучше кустится, образует больше продуктивных стеблей и колосьев (табл. 57).

Таблица 57. Влияние азотных удобрений на показатели структуры урожая озимой пшеницы (среднее за 1993-1994 гг.)

Вариант опыта	Сорт Донская безостая			Сорт Юна		
	Растения	Стебли	Колосья	Растения	Стебли	Колосья
	шт./м ²					
Р90	167	433	385	153	369	307
+ N35 до посева	205	509	445	169	416	367

Эффективность прямого действия азотных удобрений на зерновые культуры сильно зависит от количества осадков, выпадающих во время вегетации. При их недостатке прибавки урожая зерна резко снижаются. Это наглядно видно из представленных ранее таблиц. В 1994 и 1995 гг. азотные удобрения были малоэффективны не только при их внесении в подкормку, но и при допосевном внесении.

Необходимо также учитывать биологические особенности сортов зерновых культур, их способность усваивать азот удобрений. Сорта интенсивного типа лучше используют азот при благоприятных усло-

виях увлажнения, большом количестве осадков в весенне-летний период. Такие сорта дают высокий урожай и более высокие абсолютные прибавки урожая зерна от азотных удобрений в благоприятные годы. Экстенсивные сорта способны давать прибавку урожая при внесении азота и в жестких условиях недостаточного увлажнения. У этих сортов в засушливые годы относительные прибавки урожая зерна могут быть выше, чем у интенсивных. Это наглядно видно при сравнении отзывчивости на азотные удобрения интенсивного сорта пшеницы Юна и экстенсивного сорта Донская безостая.

Эффективность азотных удобрений возрастает при их систематическом внесении в севооборотах даже в невысоких дозах. Как уже отмечалось ранее, при длительном систематическом внесении азотных удобрений в почве происходит миграция и накопление нитратного азота в нижнем слое почвы. Наряду с нисходящей миграцией наблюдается и восходящее передвижение нитратов в почве, обусловленное движением капиллярной влаги в летний период. Поднимающиеся из глубоких почвенных горизонтов нитраты становятся доступными растениям и обеспечивают существенное последствие ранее внесенных азотных удобрений.

Таблица 58. Влияние азотных удобрений на урожай зерна озимой пшеницы (ц/га) в среднем по трем полям

Озимая пшеница	Доза N*, кг/га		
	0	35	70
<i>1-ая ротация севооборота</i>			
1-я по чистому пару (1973-1975 гг.)	53,8	56,2	56,2
2-я по чистому пару (1974-1976 гг.)	19,2	20,9	23,1
1-я по занятому пару (1976-1978 гг.)	28,9	32,1	33,2
2-я по занятому пару (1977-1979 гг.)	38,9	45,7	47,1
<i>2-ая ротация севооборота</i>			
1-я по чистому пару (1979-1981 гг.)	35,5	38,7	41,1
2-я по чистому пару (1980-1982 гг.)	19,5	30,1	34,3
1-я по занятому пару (1982-1984 гг.)	33,0	39,3	42,5
2-я по занятому пару (1983-1985 гг.)	16,4	18,2	17,5

* На фоне внесения 150 кг P₂O₅/га за ротацию

До проведенных лабораторией агрохимии ПФ СНИИСХ исследований преобладало представление о промывании нитратов из азотных удобрений вглубь почвы и отсутствии их последствия. Результаты

полевых опытов свидетельствуют о том, что азотные удобрения обладают последствием. Нитратный азот, накапливающийся в почве при систематическом внесении азотных удобрений, может повторно использоваться зерновыми культурами, обеспечивая существенные прибавки урожая (Багринцева, Крестьянинова, 1989). Так, о повторном использовании зерновыми культурами накапливающегося в почве азота удобрений свидетельствовали возросшие во второй ротации севооборота прибавки урожая зерна (табл. 58). Следует отметить, что в 1983 и 1985 гг. выпало очень много осадков, в связи с чем нитраты вымылись вниз по профилю почвы и не использовались пшеницей.

После окончания второй ротации севооборота на трех полях удобрения в дальнейшем не вносили и в третьей ротации наблюдали их последствие на урожайность озимой пшеницы и озимой ржи (на зеленый корм). В табл. 59 представлены результаты учета урожая. Влияние вносимых ранее азотных удобрений на урожайность зерновых культур проявлялось в течение шести лет. Прибавки урожая зерна пшеницы по занятому пару и в повторных посевах были выше, чем по чистому пару. С увеличением дозы ранее внесенного азота прибавки возрастали. Следует отметить, что последствие внесенных за 18 лет 350 и 700 кг/га азота не исчерпывалось шестью годами.

Таблица 59. Последствие азотных удобрений на урожайность культур севооборота (ц/га) в третьей ротации

Доза удобрений за две ротации, кг д.в./га	Озимая пшеница (зерно)		Озимая рожь (зеленая масса)	Озимая пшеница (зерно)	
	по чистому пару	по пшенице		по занятому пару	по пшенице
P300 (фон)	36,9	18,8	154,0	26,6	18,6
+ N350	39,8	20,1	176,2	29,3	20,5
+ N700	40,0	22,4	228,0	38,6	24,2

ФОСФОРНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Значение фосфора в жизни растений заключается в том, что этот химический элемент входит в состав важнейших органических соединений, таких как нуклеиновые кислоты, фосфатиды, фитин, лецитин и др. Фосфор играет важную роль в фотосинтезе, участвуя в фосфорилировании и синтезе углеводов – сахарозы, крахмала и других полисахаридов. Он участвует в синтезе и функционировании нуклеопротеидов.

Фосфору принадлежит ведущая роль в энергетическом обмене.

Включение фосфора, содержащегося в растениях в повышенных концентрациях, в те процессы, в которых он участвует, требует соответствующего количества азота. Синтез органических веществ в растении тормозится как при одностороннем усиленном питании фосфором и недостатке азота, так и при недостатке фосфора и избытке азота. Потребление этих макроэлементов растениями находится в тесной взаимосвязи.

Как убедительно показано в предыдущем разделе, оптимальное фосфорное питание озимой пшеницы является одним из главных условий высокой отдачи от азотных удобрений. Зависимость потребления азота от уровня обеспеченности растений доступным фосфором ставит этот элемент на первое место по значимости в питании зерновых колосовых культур. При низкой обеспеченности каштановой почвы подвижным фосфором его недостаток является главным фактором, лимитирующим урожай зерна.

Анализ зависимости урожайности озимой пшеницы по разным предшественникам и озимого ячменя от обеспеченности каштановой почвы подвижным фосфором показал, что между урожайностью и содержанием подвижного фосфора в почве существует достоверная прямая связь. Зависимость урожая озимой пшеницы по чистому пару от содержания подвижного фосфора в почве выражается следующим уравнением (при коэффициентах корреляции и детерминации равных, соответственно, 0,63 и 0,39):

$$y = 22,0 + 0,51x,$$

где y – урожайность; x – содержание подвижного фосфора в почве, мг P_2O_5 /кг почвы.

Урожайность озимой пшеницы по чистому пару находится в прямой зависимости не только от содержания подвижного фосфора в почве, но и от запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы весной в фазе кущения. Зависимость урожайности от обеспеченности почвы фосфором и влагой может быть выражена следующим уравнением:

$$y = 12,14 + 0,49x_1 + 0,10x_2,$$

где y – урожайность; x_1 – содержание подвижного фосфора в почве, мг P_2O_5 /кг почвы; x_2 – запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы, мм (Багринцева и др., 1996).

Урожайность второй озимой пшеницы после чистого пара, как показали результаты исследований, также зависит от обеспеченности

почвы подвижным фосфором. Однако линейной зависимости между урожаем второй озимой пшеницы после пара и содержанием подвижного фосфора в почве не выявлено. По-видимому, характер этой взаимосвязи сложнее. Кроме оптимальной обеспеченности фосфором для пшеницы по полупару важны и другие условия формирования урожая (обеспеченность другими элементами питания и содержание влаги в почве).

Была выявлена прямая корреляционная зависимость между урожайностью озимого ячменя, высеваемого после озимой пшеницы, и содержанием подвижного фосфора в почве. Выявленную линейную зависимость можно выразить уравнением:

$$y = 9,84 + 4,36x,$$

где y – урожайность; x – содержание подвижного фосфора в почве, мг P_2O_5 /кг почвы.

Проведенные лабораторией агрохимии ПФ СНИИСХ исследования показывают, что при улучшении фосфорного питания снижается расход воды на формирование единицы урожая зерна. После чистого пара коэффициент водопотребления озимой пшеницы сорта Донская безостая (в среднем за 1984-1986 гг.) на контроле без удобрений был равен $930 \text{ м}^3/\text{т}$ зерна, при применении фосфорных удобрений – $595 \text{ м}^3/\text{т}$, а с применением фосфорных и азотных удобрений – $576 \text{ м}^3/\text{т}$. Коэффициент водопотребления озимой пшеницы, высеянной второй после чистого пара, составил, соответственно, 1228, 1018 и $952 \text{ м}^3/\text{т}$ зерна.

Снижение расхода влаги на формирование единицы продукции при оптимальном питании фосфором отмечалось во все годы исследований при размещении озимой пшеницы по разным предшественникам. Расход влаги на формирование тонны зерна озимой пшеницы по чистому пару при внесении фосфорных удобрений уменьшался на 20-50%, а при внесении фосфорных удобрений совместно с азотными – на 32-47% (в 1984-1986 гг.).

Коэффициент водопотребления второй озимой пшеницы после пара при применении фосфорных удобрений снижался на 11-42%. Значительно уменьшался расход влаги на формировании единицы урожая озимой пшеницы, высеваемой в первый и второй год после занятого пара. Особенно существенной была роль фосфорных удобрений в повышении эффективности использования влаги в неблагоприятные годы. Повышая засухоустойчивость озимой пшеницы, фосфорные удобрения снижали расход влаги на образование 1 т зерна на 42-50%.

Фосфорные удобрения являются очень эффективным средством повышения урожайности озимой пшеницы. В табл. 60 показано влияние возрастающих доз фосфорных удобрений на урожайность озимой пшеницы по чистому пару. Применение фосфорных удобрений обеспечивало получение существенных прибавок урожая зерна. В среднем за три года внесение 40 кг P_2O_5 /га дало прибавку урожая зерна озимой пшеницы, равную 6,6 ц/га или 25% к контролю.

Таблица 60. Влияние фосфорных удобрений на урожайность озимой пшеницы (ц/га) по чистому пару (сорт Донская безостая)

Доза P_2O_5 , кг/га	1986	1987	1988	В среднем
0	39,8	18,3	22,7	26,9
40	45,1	26,8	28,7	33,5
60	43,6	24,8	30,6	33,0
80	13,8	29,9	31,2	34,9
НСР _{0,05}	2,1	2,8	2,8	-

В годы с разными погодными условиями эффективность удобрений была различной – самые низкие относительные прибавки урожая были получены в 1986 г., когда отмечались высокие запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом (119,3 мм) и самое высокое за три года наблюдений количество осадков за сентябрь – октябрь. В этом году прибавки урожая зерна к неудобренному контролю составили 10-13%. Самые высокие относительные прибавки урожая зерна озимой пшеницы по чистому пару (36-63%) были получены в 1987 г. при низких запасах продуктивной влаги в почве осенью (73,5 мм) и очень малом количестве осадков (37,8 мм) за период сентябрь – ноябрь. В условиях засухи с увеличением доз фосфорных удобрений относительные прибавки урожая зерна также увеличивались. При низких запасах влаги в почве и недостаточном количестве осадков фосфорные удобрения способствовали лучшему росту и развитию растений с осени, что обеспечивало значительное повышение урожайности. Более высокие относительные прибавки урожая зерна от фосфорных удобрений в засушливые годы указывают на исключительную роль фосфора в стабилизации урожайности озимой пшеницы в зоне каштановых почв.

Окупаемость фосфорных удобрений прибавкой урожая зерна на каштановых почвах определяется не только погодными условиями во время вегетации зерновых культур, обеспеченностью почвы подвижным фосфором и дозами фосфорных удобрений, но и приемами их внесения. Исследованиями лаборатории агрохимии ПФ СНИИСХ

установлено, что на каштановой почве с низкой степенью обеспеченности подвижным фосфором внесение фосфорных удобрений в повышенных дозах в запас на 2-3 года экономичнее, чем внесение под каждую культуру малыми дозами (Запорожцев, 1977).

В табл. 61 показана продуктивность зернопарового севооборота при ежегодном и запасном внесении фосфорных удобрений. Как следует из таблицы, внесение фосфорных удобрений повышенными дозами на звено севооборота в первых двух ротациях было более эффективно, чем внесение по 30 кг P_2O_5 /га ежегодно. По мере накопления остаточных фосфатов удобрений в почве в третьей ротации севооборота его продуктивность при разных способах внесения фосфорных удобрений существенно не различалась.

Таблица 61. Продуктивность (ц з.е./га) зернопарового севооборота* при разных способах внесения фосфорных удобрений

Вариант опыта	1-я ротация	2-я ротация	3-я ротация
Без удобрений	92,1	100,6	79,6
N35 ежегодно + P30 ежегодно	121,4	151,9	126,9
N35 ежегодно + P60 в чистый пар + P90 в занятый пар	135,7	160,4	128,4

* Чистый пар – озимая пшеница – озимая пшеница – озимая рожь на зеленый корм – озимая пшеница – озимая пшеница.

Целесообразность внесения фосфорных удобрений в дозе 90 кг P_2O_5 /га на карбонатных солонцах и светло-каштановых почвах засушливой зоны для повышения их плодородия доказана Е.И. Годуновой (1984).

При диспаритете цен хозяйствами широко практикуется внесение фосфорсодержащих удобрений в очень малых дозах (10-20 кг P_2O_5 /га) при посеве. Целесообразность внесения фосфора в рядки была доказана еще исследованиями лаборатории агрохимии ПФ СНИИСХ, проводившимися в 1967-1970 гг. Тогда было установлено, что на фоне допосевного внесения фосфорных удобрений их внесение при посеве не обеспечивает существенного повышения урожая зерна озимой пшеницы, высеваемой первой и второй после чистого пара. Если с осени фосфорсодержащие удобрения не вносили, то при низкой обеспеченности почвы подвижным фосфором отзывчивость озимой пшеницы на припосевное внесение фосфорсодержащих удобрений очень высокая. В этом случае прибавки урожая от припосевого внесения фосфора в дозе 15-20 кг P_2O_5 /га почти равноценны прибавкам от предпосевого внесения в дозе 30 кг P_2O_5 /га.

В разделе о фосфатном режиме почвы (стр. 32) было показано, что при длительном систематическом внесении фосфорных удобрений даже невысокими дозами в каштановой почве в значительном количестве накапливаются остаточные фосфаты. Они находятся в доступном растениям состоянии и оказывают последствие. В табл. 62 показано влияние остаточного фосфора удобрений, накопившегося в почве, на урожайность озимой пшеницы. Отзывчивость озимой пшеницы на последствие фосфорных удобрений зависит от того, по какому предшественнику она высевалась, и от погодных условий во время вегетации. Получение самых высоких абсолютных прибавок урожая зерна обеспечивало последствие фосфорных удобрений в посевах озимой пшеницы по чистому пару. В среднем за три года прибавка урожая зерна озимой пшеницы в варианте опыта с внесением одних фосфорных удобрений составила 12,6 ц/га, что на 47% выше урожая на контрольном варианте.

Таблица 62. Влияние последствия удобрений на урожайность зерновых культур, ц/га (в среднем по трем полям)

Внесено удобрений за 12 лет, кг д.в./га	Озимая пшеница		Озимая рожь на зеленый корм (1989-1991 гг.)	Озимая пшеница	
	1-ая по чистому пару (1987-1989 гг.)	2-ая по чистому пару (1988-1990 гг.)		1-ая по занятому пару (1990-1992 гг.)	2-ая по занятому пару (1991-1993 гг.)
Без удобрений	26,6	15,3	136,5	28,4	15,1
P300	39,2	18,2	143,4	24,6	17,1
N350P300	38,8	22,9	181,3	32,2	18,7

Таблица 63. Влияние последствия фосфорных удобрений на урожайность ярового ячменя

Доза P ₂ O ₅ , кг/га	Урожай зерна, ц/га				Прибавка	
	1990	1991	1992	Среднее	ц/га	%
0	14,2	9,6	19,6	14,5	-	-
60	17,3	18,1	25,2	20,2	5,7	39,3
90	17,7	20,6	27,0	21,8	7,3	50,3
120	16,4	19,5	29,7	21,9	7,4	51,0

Примечание: фосфорные удобрения внесены под предшественник (озимую пшеницу после пара).

Средняя прибавка урожая зерна второй озимой пшеницы после чистого пара от последствия фосфорных удобрений была равна 19%.

Озимая рожь также реагировала на остаточные фосфаты удобрений. Отсутствие прибавки урожая зерна озимой пшеницы, высеваемой в первый год после занятого пара, от ранее внесенного фосфора, вероятно, связано с недостатком азота в почве. На это указывает прибавка, полученная в варианте, где наблюдалось последствие фосфорных и азотных удобрений. Последствие наблюдалось даже на шестой год после внесения фосфора – пшеница в конце ротации севооборота дала урожай зерна на 13% выше по сравнению с неудобренным контролем.

В результате последствия фосфорных удобрений повышается урожайность ярового ячменя (табл. 63). В опыте, проводившемся лабораторией агрохимии ПФ СНИИСХ, урожайность ярового ячменя сорта Прикумский 22 от последствия ранее внесенного фосфора в дозе 60 кг P_2O_5 /га повысилась в 1990 г. на 22%, в 1991 г. – на 89%, в 1992 г. – на 29%. Так же как и у озимой пшеницы, у ярового ячменя относительные прибавки урожая зерна от фосфорных удобрений были выше в засушливый год (1991 г.).

КАЛИЙНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Калий играет не менее важную роль в жизни растений, чем азот и фосфор. Роль калия даже более многообразна. Калий обеспечивает течение такого важного процесса, как фотосинтез, активизирует функционирование более 60-ти ферментов и ферментных систем, способствует накоплению жиров, перемещению углеводов и синтезу белков в растениях. Калий увеличивает гидрофильность (оводненность) коллоидов протоплазмы, благодаря чему растения лучше удерживают воду и легче переносят кратковременную засуху. При хорошем калийном питании повышается осмотическое давление в клеточном соке, что способствует улучшению зимостойкости растений. Хорошая обеспеченность калием способствует образованию у зерновых культур более прочной соломины.

Недостаток калия тормозит рост и развитие растений, снижает их устойчивость к болезням, приводит к значительному снижению урожая и ухудшению его качества. Один из наиболее специфических признаков калийного голодания – краевой «ожог» листьев. Края листьев нижних ярусов становятся желтыми, имеют как бы обожженный вид. Внешние признаки недостатка калия проявляются у растений только тогда, когда содержание в них калия понижается в 3-5 раз по сравнению с его оптимальным содержанием. Часто недостаток калия в питании зерновых колосовых культур внешне не проявляется.

Недостаток калия в почве устраняется при применении минераль-

ных удобрений, содержащих калий, а также органических удобрений. Влияние калийных удобрений на урожайность озимой пшеницы при возделывании на каштановых почвах засушливой зоны было изучено недостаточно. Длительное время считалось, что на каштановых почвах озимая пшеница не испытывает потребности в дополнительном внесении калия с удобрениями (Челядинов, Стоморев, 1964) ввиду того, что каштановые почвы имеют более высокое содержание подвижного калия по сравнению с черноземами. Поэтому изучению влияния калийных удобрений на рост, развитие, устойчивость озимой пшеницы к болезням, засухе, неблагоприятным условиям перезимовки, на величину и качество урожая уделялось недостаточно внимания. В результате к тому моменту, когда наметилась тенденция к ухудшению калийного режима каштановых почв, экспериментальных данных по эффективности калийных удобрений не оказалось. Тем не менее, снижение содержания подвижного калия в каштановых почвах, уменьшение площади пашни с повышенной и высокой степенью обеспеченности этой формой калия и увеличение площади пашни со средней и низкой степенью обеспеченности заставили рекомендовать внесение калийных удобрений под озимую пшеницу для компенсации выноса этого элемента урожаем (Карандашов, Подколзин, 1987). Не подкрепленные экспериментальными данными о том, дают ли калийные удобрения какой-либо эффект, кроме поддержания запасов калия в почве на определенном уровне, эти предложения не нашли в то время поддержки у агрономической службы колхозов и совхозов. Калийных удобрений по-прежнему вносили мало.

Недостаточная изученность вопроса об эффективности применения калийных удобрений под озимую пшеницу на каштановых почвах послужила причиной для всестороннего изучения роли калийных удобрений в формировании урожая этой культуры. Полученные на ПФ СНИИСХ результаты исследований по изучению влияния калийных удобрений на рост, развитие озимой пшеницы и озимого ячменя, поступление элементов питания в растения, величину и качество урожая зерна, подтвердили значимость калия в питании зерновых культур на каштановых почвах. Так, опыты, проведенные лабораторией агрохимии ПФ СНИИСХ на каштановой почве с содержанием подвижного калия по Мачигину 250-300 мг K_2O /кг почвы (повышенный уровень), показали, что при правильном применении калийные удобрения обеспечивают существенные прибавки урожая и высокое качество зерна.

Значение калия для озимой пшеницы состоит в том, что он уже в начале вегетации способствует лучшему использованию азота и фосфора растениями. Согласно проведенным исследованиям, при внесении калийных удобрений даже без азотных и фосфорных содержание

азота и фосфора в растениях повышается, что указывает на лучшее их использование из почвы. Более высокая обеспеченность растений озимой пшеницы азотом по чистому пару при внесении калийных удобрений (хлористого калия) наблюдалась в фазе кущения, колошения и созревания во все годы наблюдений независимо от погодных условий. При внесении калийных удобрений в дозе 60 кг K_2O /га на фоне азотных и фосфорных удобрений (N60P120) содержание азота в растениях повышалось с 2,69 до 2,88%, а калия – с 2,67 до 2,92%. В растениях второй озимой пшеницы после пара при внесении калийных удобрений в той же дозе (60 кг K_2O /га) на фоне азотных и фосфорных удобрений содержание азота в фазу кущения повысилось с 2,90 до 3,06%, а в фазу колошения – с 1,16 до 2,24%.

Известно, что при улучшении обеспеченности растений элементами питания усиливаются ростовые процессы. У озимой пшеницы и озимого ячменя при удобрении калием в опытах наблюдалось увеличение вегетативной массы и массы сухого вещества. Прирост сухого вещества первой озимой пшеницы по чистому пару показан в табл. 64. В первую очередь накопление сухого вещества посевом увеличивалось под влиянием азотных и фосфорных удобрений: на 61% – в фазу кущения, на 34% – в фазу колошения и на 39% – в фазу созревания. Влияние калийного удобрения было не таким значительным, но оно четко проявлялось во все фазы развития озимой пшеницы. Без применения азотных и фосфорных удобрений максимальное накопление сухого вещества обеспечивала доза калия в 180 кг K_2O /га, а на азотно-фосфорном фоне – 120 кг K_2O /га.

Таблица 64. Накопление абсолютно сухого вещества посевами озимой пшеницы по чистому пару, ц/га

Вариант опыта	Фаза развития		
	Кущение	Колошение	Созревание
Без удобрений	20,6	67,1	98,4
K60	21,6	68,2	108,5
K120	22,4	69,8	109,8
K180	23,1	78,3	118,7
N60P120	33,2	90,2	136,5
+ K60	37,0	94,5	141,3
+ K120	38,7	108,0	142,5
+ K180	38,5	104,2	144,6

При улучшении минерального питания увеличивалось накопление сухого вещества посевами озимой пшеницы, возделываемой второй после чистого пара (табл. 65). Как и в случае с первой культурой после чистого пара, биомасса второй озимой пшеницы сильно возрастала под влиянием азотных и фосфорных удобрений (последействие фосфора): прирост в фазу кущения составил 69%, в фазу колошения – 71%, а в фазу созревания – 70% по сравнению с контролем. Влияние калийных удобрений на накопление сухого вещества было более значительным при их внесении на фоне азотных и фосфорных удобрений. Максимум накопления сухого вещества обеспечивало внесение калия в дозе 60 кг $K_2O/га$, за счет которой прирост в фазе кущения составил 37%, в фазе колошения – 15%, и в фазе созревания – 10%. Относительные прибавки сухого вещества за счет азотных и калийных удобрений у второй пшеницы после пара выше, чем у первой. Вероятно, это связано с тем, что вторая пшеница после пара хуже обеспечена азотом и калием. Применение калийных удобрений улучшает калийное питание растений и повышает эффективность использования азота из азотных удобрений.

Таблица 65. Накопление абсолютно сухого вещества посевами второй озимой пшеницы после чистого пара, ц/га

Вариант опыта	Фаза развития		
	Кущение	Колошение	Созревание
Без удобрений	10,5	38,0	52,2
K60	12,3	40,9	56,5
K120	12,0	43,9	62,5
K180	12,6	42,5	56,3
N60P120	17,7	65,0	78,7
+ K60	24,3	74,5	86,7
+ K120	22,3	63,9	79,2
+ K180	22,8	65,8	72,5

Примечание: последействие P120 (внесено под первую озимую пшеницу после пара).

На формирование биомассы в посевах озимого ячменя оказывали положительное влияние и азотно-фосфорные удобрения (последействие фосфора), и калийные удобрения. Значение хорошего азотно-фосфорного питания особенно важно в начале вегетации. Удобренные азотом и фосфором посевы уже в фазу кущения накапливали в среднем на 77% больше сухого вещества по сравнению с контролем, а в фазу

колошения – на 43% больше (табл. 66). Положительное влияние калийных удобрений, внесенных на азотно-фосфорном фоне, на накопление посевами вегетативной массы было не таким значительным, однако действие калия четко проявилось в течение всей вегетации озимого ячменя в разные по погодным условиям годы. В среднем за три года наибольший прирост сухого вещества в посевах озимого ячменя наблюдался при внесении 60 кг K_2O /га. Увеличение дозы калийных удобрений не вызывало увеличения накопления сухого вещества. Влияние дозы калия в 30 кг K_2O /га на накопление сухого вещества было менее значительным.

Таблица 66. Влияние калийных удобрений на накопление абсолютно сухого вещества посевами озимого ячменя, ц/га (1992-1994 гг.)

Вариант опыта	Фаза развития		
	Кущение	Колошение	Созревание
Без удобрений	10,0	28,8	35,3
K30	8,6	26,9	36,5
K60	10,1	26,8	38,9
K90	9,9	30,3	39,7
N60P120	17,7	41,3	50,1
+ K30	19,2	49,7	63,5
+ K60	22,3	51,3	68,8
+ K90	20,8	53,4	67,9

Примечание: последствие P120 (внесено под предшественник – озимую пшеницу).

Сбалансированное применение удобрений, как известно, повышает выживаемость растений в неблагоприятных условиях, поэтому к уборке в удобренных посевах насчитывается больше растений, чем в неудобренных. В нашем опыте на густоту стояния растений перед уборкой положительно влияли азотные и фосфорные удобрения (табл. 67). Влияние калийных удобрений на густоту стояния растений в посевах первой озимой пшеницы после чистого пара проявлялось при их внесении без азотных и фосфорных удобрений – в среднем за 1988-1990 гг. на метре квадратном перед уборкой насчитывалось на 7-11 шт. больше растений, чем на неудобренном контроле.

Удобрения способствовали формированию у растений озимой пшеницы большего количества стеблей и колосьев. Особенно существенным было влияние азотных и фосфорных удобрений на кусти-

стость озимой пшеницы – они обеспечивали увеличение количества стеблей на 1 м² в среднем на 23%. Калийные удобрения тоже повышали кустистость растений. Без азотных и фосфорных удобрений, а также с ними, максимальное количество стеблей на 1 м² отмечено при внесении 120 кг К₂О/га. В первом случае количество стеблей увеличилось на 29%, во втором – на 10%.

Таблица 67. Структура урожая озимой пшеницы по чистому пару при внесении удобрений (1988-1990 гг.)

Вариант опыта	Число, шт./м ²			Кустистость		Масса, г/м ²		
	Растений	Стеблей	Колосьев	Общая	Продуктивная	Соломы	Колосьев	Зерна
Без удобрений	240	469	479	2,0	2,0	829	493	329
К60	251	565	530	2,2	2,1	879	505	356
К120	247	604	491	2,4	2,0	779	507	359
N60P120	263	607	541	2,3	2,1	1013	557	400
+ К60	259	627	580	2,4	2,2	1043	579	411
+ К120	253	665	616	2,6	2,4	1065	569	432

Положительное влияние калия на формирование колосьев проявлялось как на фоне внесения азотных и фосфорных удобрений, так и без них. Максимальное увеличение числа колосьев в первом случае отмечено от дозы 60 кг К₂О/га (на 11%), а во втором – от 120 кг К₂О/га (на 14%). Калийные удобрения повышали общую и продуктивную кустистость как относительно контроля, так и варианта с внесением азота и фосфора.

Следует подчеркнуть, что самые высокие значения таких показателей, как количество стеблей, колосьев, общая и продуктивная кустистость наблюдались при внесении максимальной дозы калийных удобрений (120 кг К₂О/га) на фоне азотных и фосфорных удобрений. За счет внесения калийных удобрений увеличивалась масса соломы, а также масса колосьев и зерна. Максимальная масса зерна (432 г/м²) получена при внесении максимальной дозы калия на фоне азота и фосфора.

В результате применения калийных удобрений улучшались показатели продуктивности и у озимой пшеницы, выращиваемой второй после чистого пара (табл. 68). Применение калийных удобрений на

фоне азотных и фосфорных (последствие фосфора) повышало число растений на 15%, стеблей – на 21% и колосьев – на 15%. Максимум массы соломы, колосьев и зерна был получен на варианте с полным минеральным питанием, где на фоне последствия фосфорных удобрений вносили азотные и калийные удобрения по 60 кг д.в./га.

Таблица 68. Структура урожая 2-й озимой пшеницы после чистого пара при внесении калийных удобрений (1992-1994 гг.)

Вариант опыта	Число, шт./м ²			Кустистость		Масса, г/м ²		
	Растений	Стеблей	Колосьев	Общая	Продуктивная	Соломы	Колосьев	Зерна
Без удобрений	161	336	324	2,1	2,0	423	336	233
K60	184	404	357	2,2	1,9	428	384	253
N60P120	199	408	389	2,1	2,9	484	427	321
+ K60	228	493	448	2,2	2,0	612	488	367

Примечание: последствие P120 (внесено под первую озимую пшеницу после пара).

Таблица 69. Влияние калийных удобрений на урожай зерна озимой пшеницы

Дозы удобрений, кг/га	1-ая после чистого пара (1988-1990 гг.)			2-ая после чистого пара (1989-1991 гг.)		
	Урожай, ц/га	Прибавка		Урожай, ц/га	Прибавка	
		ц/га	%		ц/га	%
Без удобрений	35,4	-	-	16,8	-	-
K60	38,5	3,1	9	15,7	- 1,1	- 7
K120	37,5	2,1	6	17,0	0,2	1
N60P120	42,3	-	-	29,3	-	-
+ K60	44,9	2,6	6	32,8	3,5	12
+ K120	46,0	3,7	9	29,0	- 0,3	- 1

Примечание: последствие P120 на 2-й пшенице после пара

Урожай первой озимой пшеницы после чистого пара повысился за счет применения азотных и фосфорных удобрений в среднем за три года на 19%. Калийные удобрения в дозе 60 кг K₂O/га повысили урожай

зерна на 3,1 ц/га (на 9%) без внесения азотных и фосфорных удобрений и на 2,6 ц/га (на 6%) – с их внесением (табл. 69). На озимой пшенице, выращиваемой второй после чистого пара, калий в дозе 60 кг K_2O /га в составе полного минерального удобрения дал прибавку урожая зерна, равную 3,5 ц/га (или 12%).

У озимого ячменя, выращиваемого после озимой пшеницы, максимальные показатели продуктивности наблюдались при внесении калийных удобрений в дозе 60 кг K_2O /га вместе с азотными и фосфорными удобрениями. Урожайность озимого ячменя без применения удобрений при низком содержании в почве подвижного фосфора была очень низкой и в среднем за три года составила 12,8 ц/га (табл. 70). Калийные удобрения были эффективны даже при их внесении без азотных и фосфорных удобрений и давали прибавки урожая от 10 до 25%. На фоне применения азотных и фосфорных удобрений калийные удобрения давали прибавки урожая от 14 до 16%. Если судить по относительным прибавкам урожая зерна, то наиболее отзывчивой на калийные удобрения зерновой культурой является озимый ячмень.

Таблица 70. Влияние калийных удобрений на урожай зерна озимого ячменя (в среднем за 1992-1994 гг.)

Дозы калия, кг/га	Без удобрений			N60P120		
	Урожай, ц/га	Прибавка		Урожай, ц/га	Прибавка	
		ц/га	%		ц/га	%
0	12,8	-	-	25,8	-	-
30	14,1	1,3	10	29,3	3,5	14
60	14,1	1,3	10	29,6	3,8	15
90	16,0	3,2	25	29,9	4,1	16

Примечание: последствие P120 (внесено под предшественник – озимую пшеницу).

Проведенные наблюдения за последствием калийных удобрений показали, что они оказывают положительное влияние на урожайность зерновых культур не только в год внесения (табл. 71). Калийные удобрения, внесенные под первую озимую пшеницу после пара, несколько повышали и урожай пшеницы, выращиваемой повторно. Проявлялось последствие калия на озимой пшенице даже через четыре года после внесения. За счет последствия калийных удобрений повышался и урожай озимого ячменя (через пять лет после внесения). Использование остаточного калия удобрениями зерновыми

культурами необходимо учитывать при планировании системы удобрения в севооборотах.

Таблица 71. Последействие калийных удобрений, внесенных под первую озимую пшеницу после чистого пара, на урожайность последующих зерновых культур, ц/га

Доза удобрений	Озимая пшеница						Озимый ячмень		
	по пшенице			по чистому пару			1992	1993	1994
	1989	1990	1991	1991	1992	1993			
Без удобрений	19,0	11,8	15,3	32,7	42,5	27,4	29,3	9,3	4,9
K60	16,9	13,3	17,2	34,0	40,0	26,9	28,6	10,1	5,6
K120	16,4	13,4	17,2	33,0	38,0	26,7	29,8	10,1	6,1
N60P120	32,5	20,4	32,0	39,5	56,4	43,6	43,3	15,9	17,6
+ K60	32,9	21,3	33,0	42,2	60,2	45,2	43,8	16,1	17,0
+ K120	30,1	20,4	32,4	43,7	60,3	44,2	46,9	17,2	18,4

Примечание:

севооборот: чистый пар – озимая пшеница – озимая пшеница – чистый пар – озимая пшеница – озимый ячмень;

фосфорные удобрения вносились под озимую пшеницу после пара (2 раза за севооборот).

СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТЕ

Органические удобрения – это продукты растительного и животного происхождения. К ним относятся навоз, навозная жижа, компосты, солома. Наибольшее распространение в зоне каштановых почв имеет применение подстилочного и бесподстилочного навоза КРС и соломы.

Значение навоза как удобрения для каштановых почв очень велико. Это одновременно и макро-, и микроудобрение, обогащающее почву элементами питания, полезными микроорганизмами, улучшающее ее водные, воздушные свойства и структуру. Для каштановых почв, бедных гумусом и часто подвергающихся процессу парования для накопления влаги, это древнейшее удобрение никогда не потеряет своего агроэкологического значения. В связи с высокой потребностью в навозе для улучшения плодородия каштановых почв, необходимо при-стальное внимание к каждой его тонне, правильной подготовке и эффективному использованию.

Ценность навоза для повышения урожайности зерновых культур и улучшения качества зерна установлена в опытах, проводившихся лабораторией агрохимии Прикумского филиала СНИИСХ. Для исследований использовался бесподстилочный полуперепревший навоз откормочного комплекса крупного рогатого скота. Исследования проводили в типичном для засушливой зоны севообороте: чистый пар – озимая пшеница – озимая пшеница – чистый пар – озимая пшеница – яровой ячмень. Была установлена высокая отзывчивость зерновых культур на внесение навоза один раз за ротацию. Несмотря на засушливость климата, существенное повышение урожайности озимой пшеницы от действия и последействия навоза отмечается как при благоприятных, так и неблагоприятных условиях во время вегетации. В табл. 72 показано влияние навоза на урожайность зерновых культур в среднем за три года. В первый год действия и в первый год последействия навоз обеспечивал одинаковые относительные прибавки урожая озимой пшеницы. Относительные прибавки урожая зерна первой озимой пшеницы по чистому пару от доз навоза 20, 40 и 60 т/га составили в среднем 32, 48 и 53%, а второй озимой пшеницы после пара – 32, 41 и 54%, соответственно. Урожайность озимой пшеницы по чистому пару во втором звене севооборота повышалась от последействия навоза в указанных дозах, соответственно, на 10, 18 и 18%. Урожайность ярового ячменя возросла за счет последействия навоза, соответственно, на 22, 34 и 35%.

Таблица 72. Влияние навоза на урожайность культур севооборота, ц/га

Доза навоза, т/га	Озимая пшеница			Яровой ячмень
	по пару	по пшенице	по пару	
0	26,9	14,5	38,1	14,5
20	35,4	19,1	41,8	17,7
40	39,7	20,5	44,8	19,4
60	41,2	22,4	45,1	19,6

Прибавки урожая озимой пшеницы в первом звене севооборота возрастали с увеличением дозы навоза. Во втором звене севооборота последействие 60 т навоза и 40 т было равнозначным.

Отзывчивость озимой пшеницы, высеваемой по чистому пару, на внесение навоза по годам была разной в зависимости от режима увлажнения. Положительное влияние навоза на урожайность пшеницы было сильнее при недостаточном количестве осадков. Так, в благоприятном 1986 г. в условиях оптимального увлажнения в основные перио-

ды вегетации озимой пшеницы при внесении навоза в дозах 20, 40 и 60 т/га урожай зерна вырос на 7, 20 и 26%, соответственно. В 1987 г. (самом неблагоприятном из трех лет наблюдений) относительные прибавки урожая зерна составили, соответственно, 75, 107 и 109%. Таким образом, внесение навоза значительно повышает устойчивость озимой пшеницы, высеваемой по чистому пару, к засухе и обеспечивает высокие относительные прибавки урожая в засушливые годы.

На огромную роль навоза в повышении урожайности озимой пшеницы в условиях засушливой зоны указывает выявленная обратная зависимость относительной прибавки урожая от запасов продуктивной влаги в почве осенью и количества осадков за осенний период. У выявленных зависимостей установлены высокие коэффициенты детерминации. Так, коэффициент корреляции между относительной прибавкой урожая от навоза и запасами продуктивной влаги в почве составляет -0,90, а между первой переменной и осадками за сентябрь – ноябрь – -0,91.

Увеличение урожайности озимой пшеницы при внесении навоза обеспечивается за счет снижения расхода влаги на формирование центнера зерна. В засушливые годы, когда действие навоза дает высокие относительные прибавки урожая зерна, наблюдается наиболее значительное снижение расхода влаги на образование единицы урожая. Например, в более благоприятном по условиям увлажнения 1985-1986 сельскохозяйственном году коэффициент водопотребления озимой пшеницы по чистому пару составил на неудобренном контроле 722 м³/т. При внесении навоза в дозе 40 т/га коэффициент водопотребления снизился до 647 м³/т (на 10%). В 1986-1987 году, более засушливом по сравнению с предыдущим, расход воды растениями при внесении навоза в указанной дозе улучшился очень сильно – коэффициент водопотребления снизился с 1372 до 726 м³/т (на 47%).

Таблица 73. Урожайность озимой пшеницы по чистому пару при совместном применении фосфорных удобрений и навоза (в среднем за 1986-1988 гг.), ц/га

Дозы навоза, т/га	Дозы фосфора, кг P ₂ O ₅ /га			
	0	40	60	80
0	26,9	33,5	33,0	35,0
20	35,4	39,1	39,2	39,5
40	39,7	42,2	42,1	42,4
60	41,2	42,8	42,1	43,1

Таблица 74. Урожайность второй озимой пшеницы по чистому пару при последствии фосфорных удобрений и навоза (в среднем за 1987-1989 гг.), ц/га

Дозы навоза, т/га	Дозы фосфора, кг P ₂ O ₅ /га			
	0	40	60	80
0	14,5	19,8	21,0	21,2
20	19,1	23,1	23,3	23,9
40	20,5	24,2	24,5	24,5
60	22,4	24,5	25,7	25,3

Урожай зерна озимой пшеницы повышается при внесении фосфорных удобрений совместно с навозом. Как показано в табл. 73, в первый год действия навоза существенную прибавку урожая зерна обеспечивали фосфорные удобрения, внесенные в дозе 40 P₂O₅/га. Дозы фосфора выше 40 кг P₂O₅/га не давали дальнейшего достоверного повышения урожайности озимой пшеницы по чистому пару.

Фосфорные удобрения, внесенные перед посевом первой озимой пшеницы после чистого пара, на следующий год оказали последствие и на повторно высеваемую пшеницу. Для последствия также достаточно было внести 40 кг P₂O₅/га, т.к. более высокие дозы не обеспечивали больших прибавок урожая зерна (табл. 74).

Во втором звене севооборота, согласно схеме опыта, под озимую пшеницу по пару вносили минеральные удобрения в дозах N60P60, N90P90 и N120P120. В сочетании с последствием навоза минеральные удобрения дали существенную прибавку урожая зерна только в вариантах с внесением N60P60: на фоне 20 т/га навоза прибавка составила 17%, 40 т/га – 8%, а 60 т/га – только 4%.

Таблица 75. Влияние навоза и азотно-фосфорных удобрений на продуктивность зернопарового севооборота, ц з.е./га

Доза навоза, т/га	Дозы азота и фосфора, кг д.в./га			
	N0P0	N180P100	N240P150	N300P200
0	94,0	122,2	123,5	125,5
20	114,1	131,7	128,8	132,0
40	124,4	136,8	133,7	137,4
60	128,3	134,9	136,0	138,8

Примечание: указаны дозы навоза и NP за севооборот (чистый пар – озимая пшеница – озимая пшеница – чистый пар – озимая пшеница – яровой ячмень).

Продуктивность всего севооборота была максимальной при внесении на фоне навоза N180P100 на севооборот. Более высокие дозы

азота и фосфора не давали прироста урожайности зерновых культур и продуктивности севооборота в целом (табл. 75). С точки зрения рационального использования навоза и минеральных удобрений оптимальным является сочетание 40 т/га навоза и N180P100. В севообороте это количество удобрений было распределено по культурам следующим образом:

- чистый пар (навоз 40 т/га под вспашку);
- озимая пшеница (P40 под культивацию до посева и N30 в подкормку в колошение);
- озимая пшеница (N30 под культивацию до посева);
- чистый пар;
- озимая пшеница (N60P60 под культивацию до посева и N30 в подкормку в колошение);
- яровой ячмень (N30 под культивацию до посева).

Таким образом, на 1 га севооборотной площади ежегодно вносилось 6,7 т навоза, 30 кг N и 16,7 кг P₂O₅. Эффективность применения калийных удобрений в данном опыте не изучалась.

Кроме бесподстилочного навоза эффективен навоз на соломенной подстилке, получаемый на фермах с подстилочным содержанием скота. Подстилка увеличивает выход навоза, снижает потери азота, улучшает его физические и биологические свойства: он становится менее влажным, более рыхлым, легче разлагается при хранении. Подстилочный навоз легче перевозить, вносить и заделывать в почву.

Птичий помет – также ценное концентрированное и быстродействующее органическое удобрение. Как и навоз КРС, птичий помет содержит все основные макро- и микроэлементы, необходимые растениям, но в большей концентрации. Свежий или перепревший куриный помет следует вносить в дозах 10-15 т/га.

В связи с техническими сложностями внесения навоза, используется так называемый «биогурус» (или вермикомпост), получаемый в результате специальной переработки навоза и помета птиц с участием красного калифорнийского червя. Сухой биогурус по своим удобрительным свойствам превосходит навоз при небольших дозах внесения в почву (около 3 т/га). Ограничивает применение сухого биогуруса под зерновые культуры отсутствие соответствующей эффективной техники для его равномерного внесения. Технически проще применять для удобрения зерновых культур водную вытяжку из биогуруса. Ею обрабатывают семена, проводят внекорневые подкормки вегетирующих растений. Для обработки семян водная вытяжка используется в дозе 10 л/т, при подкормке – 25-30 л/га.

Водная вытяжка из биогуруса содержит (мг/л): N – 200-400, P₂O₅ – 250-500, K₂O – 1200-3000, CaO – 1000-1200, MgO – 500-700 (Агеев,

Подколзин, 2006). Ценность биогумуса состоит в содержащихся в нем гуминовых кислотах. В водной вытяжке из биогумуса содержатся также ростовые вещества (фитогормоны), которые усиливают рост и развитие зародыша и молодого растения, повышают иммунитет к заболеваниям. Весенняя подкормка посевов зерновых культур таким препаратом оказывает фунгицидное действие на грибковые заболевания (белая плесень, мучнистая роса, бурая ржавчина, септориоз, фузариоз).

В типичном для зоны каштановых почв шестипольном севообороте с двумя полями чистого пара и четырьмя полями зерновых культур в почву попадает 15-20 т/га соломы. В последние годы почти вся эта масса после уборки урожая зерна остается на поле. В связи с сокращением поголовья скота на корм используется лишь малая часть соломы. При измельчении и заделке в почву солома способствует сохранению гумуса в почве. Солома содержит многие элементы питания растений: азот, фосфор, калий, кальций, магний. С соломой в почву попадают органические вещества, в том числе азотсодержащие (белки, амиды) и безазотистые (углеводы, жиры). Группа углеводов – это сахара, крахмал, целлюлоза, лигнин, пектин, танины и другие вещества.

С соломой зерновых культур (4 т/га) в почву поступает (кг/га): органического вещества – 3200, N – 14-22, P₂O₅ – 3-7, K₂O – 22-55, CaO – 9-37, MgO – 2-7, SO₃ – 5-8. Кроме того, с соломой в почву возвращаются и микроэлементы (бор, медь, марганец, молибден, цинк, кобальт). Внесение соломы в почву, по данным М.Т. Куприченкова (2000), повышает содержание гумуса, подвижных форм фосфора и калия, снижает плотность почвы, улучшает ее структуру.

Многими исследованиями установлено, что заделка соломы в первый год вызывает резкое увеличение численности почвенных микроорганизмов. Следует иметь в виду, что микроорганизмы, разлагающие солому, потребляют из почвы большое количество азота, в связи с чем зерновые культуры испытывают азотное голодание. Поэтому перед заделкой в почву соломы нужно вносить азотные удобрения. Лучше вносить азот в аммонийной форме, так как аммоний лучше потребляется микроорганизмами. На каждую тонну соломы необходимо вносить как минимум 5-10 кг N, например, при урожае соломы в 6 т/га надо дополнительно внести 30-60 кг N.

Сжигание соломы на полях – это уничтожение органического удобрения, имеющего высокую удобрительную ценность, и просто преступная халатность. В начале 2000-х при сжигании соломы в крае ежегодно уничтожалось более 7 млн. тонн органики, 17,5 тыс. т N, 7,0 тыс. т P₂O₅ и 35,0 тыс. т K₂O (Рекомендации по использованию соломы в Ставропольском крае, 2003).

При внесении с азотсодержащими удобрениями солома повышает урожайность озимой пшеницы. По данным Н.Н. Крестьяниновой и Д.А. Смольского (2005), солома повышает содержание в почве подвижных форм фосфора и калия при бóльшем эффекте с увеличением дозы соломы. Внесение соломы под вспашку чистого пара (первую культуру севооборота) с добавлением азотно-фосфорных удобрений повысило урожайность всех культур севооборота (табл. 76). Наибольшая прибавка урожая зерна озимой пшеницы и ярового ячменя получена от внесения навоза (20 т/га на севооборот), соломы (3 т/га на севооборот) и минеральных удобрений (N30P30 ежегодно). По сравнению с неудобренным контролем при данной органоминеральной системе удобрения урожай зерна пшеницы (по пару) повысился на 43% даже на 4-ый год последействия соломы и навоза.

Таблица 76. Влияние соломы, навоза и минеральных удобрений на урожайность культур севооборота в среднем за три года (Крестьянинова, Смольский, 2005)

Вариант опыта	Озимая пшеница			Яровой ячмень, 2002-2004 гг.
	по пару, 1998-2000 гг.	по пшенице, 1999-2001 гг.	по пару, 2001-2003 гг.	
Без удобрений	33,0	11,2	33,8	12,4
N30P30	38,8	16,2	41,5	17,7
+ солома 1 т/га	39,2	18,2	39,8	17,4
+ солома 1 т/га + навоз 20 т/га	40,7	17,7	44,8	21,2
+ солома 2 т/га	39,5	18,4	42,7	18,8
+ солома 2 т/га + навоз 20 т/га	42,1	19,4	47,8	21,1
+ солома 3 т/га	41,1	19,7	44,9	20,2
+ солома 3 т/га + навоз 20 т/га	43,9	20,6	48,3	23,1

МИКРОУДОБРЕНИЯ, БАКТЕРИАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ И СТИМУЛЯТОРЫ РОСТА

Микроэлементы принимают участие во многих физиологических и биохимических процессах, происходящих в растении во время веге-

тации. Они входят в состав ферментов, витаминов, ростовых веществ, поэтому их недостаток в растении может отрицательно повлиять на величину урожая зерна и его качество. Наиболее важными для зерновых культур микроэлементами являются медь, цинк и молибден. Как указывалось ранее, микроэлементы могут входить в состав минеральных удобрений, они содержатся также в органических удобрениях. Для улучшения обеспеченности растений микроэлементами можно использовать сульфаты марганца, меди, цинка, кобальта, а также молибдат аммония. Наибольшую ценность представляют микроудобрения, имеющие в своем составе комплекс необходимых микроэлементов. Эффективно обрабатывать микроудобрениями семена зерновых культур или применять данные удобрения в виде некорневых подкормок.

Бактериальные удобрения – препараты почвенных бактерий, обладающих способностью улучшать питание растений. Для использования на каштановых почвах особый интерес представляет азотобактерин, содержащий свободно живущие аэробные бактерии, усваивающие азот из воздуха, а также фосфобактерин, содержащий бактерии, способные минерализовать органические фосфорные соединения в доступные растениям формы.

Значение бактериальных удобрений в зоне каштановых почв возрастает в связи с использованием соломы в качестве органического удобрения. Однако научных исследований по вопросам эффективного использования бактериальных удобрений под зерновые культуры на каштановых почвах в последние годы проведено очень мало.

Таблица 77. Урожайность озимой пшеницы сорта Донская безостая при применении ростстимулирующих препаратов (по данным А.И. Глебова, Н.Н. Крестьяниновой, Д.А. Смольского), 2008 г.

Вариант опыта		Урожай зерна	Прибавка
осень	весна		
Контроль	Опрыскивание водой (100 л/га)	46,0	-
ЗСС (1 л/т семян)	ЗСС (200 мл/га)	50,3	4,3
ЗСС (1 л/т семян)	ЗСС (200 мл/га + 100 мл/га)	54,7	8,7
Бишофит (3,5 л/т семян)	Бишофит (7 л/га + 5 л/га)	52,6	6,6
Бишофит (3,5 л/т семян) + ЗСС (1 л/т семян)	ЗСС (200 мл/га) + бишофит (7 л/га)	49,3	3,3

Рострегулирующие вещества положительно влияют на усвоение растениями зерновых культур элементов питания из почвы и удобрений, усиливают процесс реутилизации азота из вегетативных органов в зерно, в результате чего повышается урожайность. Исследования, проведенные в ОНО «ПОСС», показали высокую эффективность некоторых рострегулирующих препаратов (табл. 77). Обработка семян препаратом ЗСС и опрыскивание посевов весной повысили урожайность озимой пшеницы на 4,3-8,7 ц/га (9-19%).

КАЧЕСТВО ЗЕРНА

Качество зерна озимой пшеницы характеризует ряд показателей, основными из которых являются стекловидность, содержание белка и клейковины, качество клейковины, масса 1000 зерен, натура зерна.

Стекловидности зерна придается большое значение при оценке его качества. Этот показатель характеризует консистенцию эндосперма зерновки. Стекловидный эндосперм, как правило, содержит больше белка, чем мучнистый. Чем выше стекловидность зерна, тем выше его технологическое качество. На стекловидность пшеничного зерна влияют многие факторы, в том числе сортовые особенности, предшественник, удобрения, погодные условия во время созревания зерна и его уборки.

Высокое содержание белка в зерне пшеницы тесно связано с высокими хлебопекарными свойствами муки и пищевой ценностью хлеба. Клейковина – ценнейшая составная часть пшеничного зерна, определяющая его пищевые, технологические и товарные достоинства. Считается, что клейковина – это белковое вещество, почти полностью состоящее из глиадина и глютенина в соотношении 1:1. Количество клейковины в зерне тесно связано с содержанием общего белка. Количество клейковины в пшеничном зерне зависит от многих факторов, прежде всего от сортовых особенностей, почвенно-климатических условий, предшественников, системы удобрения.

Хлебопекарная способность зерна определяется не только количеством клейковины, но и ее качеством, под которым подразумевается совокупность таких физических свойств, как растяжимость, упругость, эластичность, связность. Объемный выход хлеба, его пористость и эластичность мякиша определяется количеством и качеством клейковинных белков. На качество клейковины также влияют как погодные условия, так и уровень минерального питания пшеницы.

Масса 1000 зерен характеризует размер зерна, который рассматривается как фактор, обуславливающий выход муки. Большая масса 1000

зерен свидетельствует о высоком соотношении между эндоспермом и остальными компонентами зерна.

Натура зерна также характеризует выход муки из зерна. При меньшей натуре выход муки, как правило, снижается. Натура зерна может изменяться в зависимости от обеспеченности растений пшеницы элементами питания, а также погодных условий во время созревания и уборки зерна.

При определенных значениях показателей качества зерно может быть сильным, ценным, слабым. Слабое – это зерно низкого качества, из которого получается плохой хлеб небольшого объема, с грубыми порами, тяжелым и влажным мякишем. Такое зерно имеет низкое содержание клейковины, которая к тому же обладает плохими физическими свойствами: растяжимостью, упругостью, эластичностью. Ценное зерно то, из которого можно выпекать вкусный, объемный хлеб. В ценном зерне повышенное содержание белка и клейковины, которая имеет хорошие физические свойства. Сильное зерно с высоким содержанием клейковины используется в качестве улучшителя хлебопекарных свойств слабого зерна. Тесто из смеси муки из сильного и слабого зерна сочетает в себе высокую упругость и большую растяжимость, что придает хлебу оптимальную пышность, объем и высокие вкусовые качества.

В получении высококачественного зерна озимой пшеницы первостепенная роль принадлежит генетическому потенциалу сорта. Значительно улучшить качество зерна слабых сортов озимой пшеницы за счет агротехники сложно. В связи с этим размещение сортов по предшественникам, по удобренным полям необходимо планировать с учетом их генетических особенностей, способности формировать зерно с определенными качественными показателями.

Таблица 78. Показатели качества зерна сортов озимой пшеницы (в среднем за 1994-1992 гг.)

Сорт	Стекловидность, %	Сырой белок, %	Клейковина, %	Объемный выход хлеба из 100 г муки, см ³
Дон 93	69	14,9	25,5	698
Дон 95	74	15,0	27,7	715
Донской маяк	71	14,8	25,7	703
Ермак	75	14,8	25,6	697
Станичная	78	15,6	28,6	655

Примечание: на высоком фоне удобрения.

О том, что в получении высококачественного зерна пшеницы ведущая роль принадлежит сорту, свидетельствуют результаты опытов, проводившихся лабораторией агрохимии Прикумского филиала. Зерно озимой пшеницы сорта Безостая 1 при размещении после чистого пара даже на неудобренных контролях имело показатели ценного, а при применении удобрений – сильного зерна. В то же время сорта Одесская 51, Донская безостая, Юна при оптимальном минеральном питании не давали в отдельные годы зерно с показателями, соответствующими ценному. Различия сортов селекции ВНИИЗК по показателям качества зерна видны из табл. 78 (Ковтун, 2002).

На качество зерна озимой пшеницы, выращиваемой на каштановых почвах, оказывает влияние предшественник. Технологические свойства зерна всегда выше при размещении пшеницы по чистому пару, чем в повторном посеве. Вторая пшеница после чистого пара без применения удобрений имеет низкое содержание белка, клейковины и низкую стекловидность.

Изучение влияния минеральных и органических удобрений на качество зерна озимой пшеницы показало, что на каштановых почвах удобрения являются важным средством его улучшения. Для повышения качества зерна с помощью удобрений важно иметь информацию об оптимальных дозах, формах и сочетаниях, а также сроках и способах внесения удобрений.

Таблица 79. Влияние азотных удобрений на качество зерна озимой пшеницы сорта Безостая 1 (в среднем за 1978-1980 гг.)

Доза удобрения, кг д.в./га	Стекловидность, %	Клейковина, %	Сырой белок, %
Без удобрений	65	25,6	12,6
P120 (фон)	70	26,4	13,1
+ N30	71	28,3	15,6
+ N60	70	28,4	17,4
+ N90	73	28,4	16,8

На первом месте по способности улучшить качество зерна озимой пшеницы стоят азотные удобрения. Азотные удобрения оказывают положительное влияние на качество зерна при всех способах внесения, но их особая значимость заключается в том, что они на последних этапах развития растений (в фазе колошения) могут также существенно улучшить качество зерна. В табл. 79 показано влияние разных доз азотных удобрений на качество зерна сорта Безостая 1 (Багринцева и др., 1988).

Согласно полученным результатам, внесение азота в дозе 30 кг N/га до посева на фоне фосфорных удобрений повысило содержание клейковины в зерне до 28,3%. Дальнейшее увеличение дозы азота не обеспечило повышения содержания клейковины, тогда как содержание белка было максимальным при дозе азота 60 кг N/га.

На каштановых почвах неоднократно изучали роль азотных подкормок в улучшении качества зерна. В 1973-1974 гг. исследования проводили В.И. Запорожцев и Н.Н. Крестьянинова (табл. 80). По их данным, содержание сырого белка в зерне озимой пшеницы по чистому пару в основном повышалось за счет азота, внесенного в дозах 30 и 60 кг N/га до посева. Белковость зерна озимой пшеницы, возделываемой повторно после чистого пара, повышалась как за счет азота, внесенного до посева, так и в подкормки. Это говорит о большей потребности возделываемой по непаровому предшественнику озимой пшеницы в азоте, необходимом для формирования высокого содержания белка в зерне. Повышение содержания белка в зерне на 4,2% при применении азотных удобрений показывает, что с их помощью можно значительно улучшить качество зерна озимой пшеницы, высеваемой повторно.

Таблица 80. Влияние азотных подкормок на содержание сырого белка в зерне озимой пшеницы в среднем за 1974-1975 гг. (по данным В.И. Запорожцева и Н.Н. Крестьяниновой)

Вариант опыта			Безостая 1 по чистому пару	Одесская 51 по пшенице
Доза удобрения, внесенного до посева, кг/га	Подкормка, кг/га			
		в выход в трубу	в колосе-ние	
Без удобрений	-	-	14,4	12,5
N30P60	-	-	15,2	13,9
N30P60	N30	-	15,7	14,8
N30P60	-	N30	15,0	15,1
N30P60	N30	N30	15,2	15,2
N60P60	N30	N30	16,1	16,7

В другом опыте было установлено положительное влияние азотных удобрений на массу зерна, его стекловидность и содержание в нем клейковины (табл. 81). Так, внесение азота до посева всегда повышало массу зерна. При этом влияние азотных удобрений на массу зерна было разным по годам исследований. В 1993 г. осадки выпадали во время налива зерна и его созревания, и масса зерна сорта Юна в контрольном варианте была равна 762 г/л. При внесении азота до по-

сева и в подкормку весной в кушение (по 35 кг N/га) натура повысилась до 770 г/л. В более засушливом 1994 г. в этих вариантах опыта натура была равна, соответственно, 755 и 770 г/л, а в 1995 г. (также засушливом) – 752 и 771 г/л, соответственно.

Таблица 81. Влияние азотных удобрений на качество зерна озимой пшеницы (в среднем за 1993-1995 гг.)

Доза удобрения, кг д.в./га	Натура, г/л	Стекловидность, %	Клейковина	
			Количество, %	ИДК, ед.
<i>Сорт Донская безостая</i>				
Р90 (фон)	749	42	21,2	50
+ N35 весной в кушение	757	49	22,3	55
+ N35 весной в кушение + N35 в колошение	764	58	22,5	54
+ N35 до посева	760	49	21,8	57
+ N35 до посева + N35 весной в кушение	770	54	22,7	58
+ N35 до посева + N35 в колошение	759	55	22,6	52
+ N35 до посева + N35 весной в кушение + N35 в колошение	765	53	23,2	56
<i>Сорт Юна</i>				
Р90 (фон)	756	51	20,4	55
+ N35 весной в кушение	763	51	22,3	56
+ N35 весной в кушение + N35 в колошение	766	54	23,2	54
+ N35 до посева	765	52	21,6	50
+ N35 до посева + N35 весной в кушение	770	53	22,0	56
+ N35 до посева + N35 в колошение	770	50	22,9	56
+ N35 до посева + N35 весной в кушение + N35 в колошение	769	56	23,9	58

При разных погодных условиях во время налива зерна разным было и содержание клейковины в зерне. В 1993 г. (с осадками во время налива и созревания) клейковины было меньше: в зерне сорта Юна в контрольном варианте ее содержалось 19%, у Донской безостой – 20%. В 1994 г. при сухой погоде во время налива количество клейковины в зерне данных сортов увеличилось и составило, соответственно, 22 и 23%. Внесением азота до посева, а также подкормками весной и в колосшение повысили количество клейковины в 1993 г.: у сорта Юна – до 25%, у сорта Донская безостая – до 23,5%. Таким образом, при избытке влаги во время налива зерна у сорта Юна прирост клейковины в зерне при оптимальном питании азотом составил 6%. В более сухих условиях налива зерна в 1994 г. самое высокое содержание клейковины в зерне (24,5%) получено у сорта Юна при внесении азота до посева и в колосшение, а у сорта Донская безостая – до посева. Прибавка в содержании клейковины составила по сортам 2,5 и 1,5%, соответственно. Весенняя подкормка в кушение в сухие годы не оказала существенного влияния на содержание в зерне клейковины.

Разной по годам была и стекловидность зерна. В 1993 г. (с осадками во время налива и созревания) без применения азотных удобрений стекловидность была очень низкой, у сорта Юна – 46%, у Донской безостой – 21%. Азотные удобрения повысили стекловидность зерна по сортам, соответственно, до 65 и 50%. В 1994 г. при недостатке осадков во время налива зерна стекловидность зерна была и без азотных удобрений высокая – на уровне 61% у сорта Юна и 51% у Донской безостой. Максимальные значения стекловидности зерна в данный год были получены при применении азотных удобрений: у сорта Юна – 62%, а у сорта Донская безостая – 63%.

Таким образом, азотные удобрения существенно повышают качество зерна в экстремальных условиях: натуру – при засухе, стекловидность и количество клейковины – при избытке осадков во время налива и созревания зерна. Качество клейковины в 1993 и 1994 гг. было в пределах первой группы, показания ИДК составляли от 49 до 73. В более влажном 1993 г. показания ИДК были выше (от 61 до 73), чем в сухом 1994 г. (от 49 до 60). Азотные удобрения в оба года слабо влияли на значения ИДК.

Известно, что для получения высокого урожая зерна озимой пшеницы большое значение имеет оптимизация обеспеченности почв фосфором за счет внесения фосфорных удобрений. На каштановых почвах с низким содержанием подвижного фосфора внесение фосфорных удобрений положительно влияет на качество зерна. В вышеуказанном опыте увеличение дозы фосфора оказывало положительный эффект на качество зерна (табл. 82). Например, у сорта Безостая 1 увеличивалась

стекловидность зерна, повышалось содержание в нем клейковины и белка.

Таблица 82. Влияние возрастающих доз фосфорных удобрений на качество зерна озимой пшеницы сорта Безостая 1 по чистому пару (в среднем за 1978-1980 гг.)

Доза фосфора, кг P_2O_5 /га	Стекловидность, %	Клейковина, %	Сырой белок, %
0	65	25,5	12,6
30	68	26,3	12,7
60	69	26,5	13,7
90	66	26,3	14,2

Но при длительном одностороннем внесении одних фосфорных удобрений качество зерна озимой пшеницы резко ухудшилось (табл. 83). Длительное внесение фосфорных удобрений совместно с азотными положительно влияло на качество зерна: повышалась натура зерна, его стекловидность, содержание клейковины. Внесение под каждую из пяти культур шестипольного севооборота по 35 кг N/га обеспечивало получение зерна на уровне ценного. Насыщение почвы остаточным азотом удобрений при увеличении дозы азота повышало содержание клейковины в зерне до 29%. Эти данные также подчеркивают перво-степенное значение азота в формировании высококачественного зерна озимой пшеницы.

Таблица 83. Влияние длительного внесения удобрений в севообороте на качество зерна озимой пшеницы сорта Донская безостая по чистому пару (в среднем за 1990-1992 гг.)

Вариант опыта	Натура, г/л	Стекло- видность, %	Клейковина	
			Количе- ство, %	ИДК, ед.
Без удобрений	774	51	24,1	69
Р30 ежегодно (Р450 за 3 рота- ции севооборота)	775	37	19,5	73
+ N35 ежегодно (N525 за 3 ротации севооборота)	782	61	25,0	59
+ N70 ежегодно (N1050 за 3 ротации севооборота)	783	69	29,0	73

Как указывалось ранее, внесению калийных удобрений на каштановых почвах не уделялось в прошлом и не уделяется в настоящее время должного внимания. Тем не менее, калию принадлежит важная роль в усвоении растениями азота, который принимает участие в формировании высокого качества у зерна. Примечательно, что внесение одного хлористого калия под озимую пшеницу после чистого пара повышало содержание клейковины в зерне (табл. 84).

Положительное влияние калия на полновесность зерна сильнее всего проявлялось в 1988 г., когда наблюдалась почвенная и атмосферная засуха во время колошения и налива зерна. Внесение под пшеницу хлористого калия в дозе 60 кг K_2O /га повысило массу зерна в указанном году с 709 до 727 г/л, массу 1000 зерен – с 28,6 до 31,1 г, содержание клейковины – с 20,5 до 21,5%, а показания ИДК – с 36 до 46 ед. Такие изменения качества озимой пшеницы под влиянием калийного удобрения доказывают положительную роль калия в улучшении использования растениями азота, накопленного в чистом пару.

Таблица 84. Влияние калийных удобрений на качество зерна озимой пшеницы сорта Донская безостая по чистому пару (в среднем за 1988-1990 гг.)

Вариант опыта	Натура, г/л	Стекловидность, %	Клейковина	
			Количество, %	ИДК, ед.
Без удобрений	757	40	20,0	47
K60	764	40	21,2	50
N60P120	764	38	22,8	53
N60P120K60	767	43	24,9	52

Несмотря на то, что калий способен даже при одностороннем применении улучшать качество зерна озимой пшеницы по чистому пару, самые высокие показатели качества, безусловно, отмечаются при внесении калия на фоне азота и фосфора. При применении полного удобрения особенно существенно улучшается качество зерна второй озимой пшеницы после чистого пара (табл. 85). В повторном посеве озимая пшеница при внесении в почву только азота и фосфора дает зерно с очень низкими показателями качества. Калийное удобрение на фоне применения азотных и фосфорных удобрений повышает массу и стекловидность зерна, содержание в нем клейковины. Особенно значительно (на 6%) содержание клейковины в зерне повысилось в 1989 г., который характеризовался достаточным увлажнением во время колошения и налива зерна. По содержанию клейковины зерно второй озимой пшеницы после чистого пара соответствовало ценному при сбалансированном применении удобрений.

Таблица 85. Влияние калийных удобрений на качество зерна озимой пшеницы сорта Донская безостая в повторном посеве по чистому пару

Вариант опыта	Натура, г/л			Стекловидность, %			Клейковина, %		
	1989	1990	1991	1989	1990	1991	1989	1990	1991
Без удобрений	742	747	778	23	12	30	17,5	13,5	11,0
K60	746	746	770	24	14	31	17,0	14,8	11,0
N60P120*	773	743	768	24	31	45	19,1	21,5	13,2
N60P120*K60	761	743	785	34	36	50	25,1	22,0	16,3

* Последействие P120 (внесено под первую пшеницу по пару).

Внесение в почву навоза значительно улучшает качество зерна озимой пшеницы. Ввиду длительного действия, навоз повышает качество зерна озимой пшеницы, высеваемой в течение нескольких лет после его внесения (табл. 86). Как следует из табл., степень влияния навоза на содержание клейковины в зерне повышалась с увеличением дозы навоза с 20 до 60 т/га. В первый год внесения навоза в дозах 40 и 60 т/га зерно по количеству клейковины соответствовало ценному.

Таблица 86. Влияние навоза на количество и качество клейковины в зерне озимой пшеницы сорта Донская безостая в зернопаровом севообороте

Доза навоза, т/га	По чистому пару, первый год действия (в среднем за 1986-1988 гг.)		Вторая по чистому пару, второй год действия (в среднем за 1987-1989 гг.)		По чистому пару, четвертый год действия (в среднем за 1989-1991 гг.)	
	Клейковина, %	ИДК, ед.	Клейковина, %	ИДК, ед.	Клейковина, %	ИДК, ед.
0	22,0	39	20,7	62	22,4	54
20	24,9	48	23,7	69	22,5	58
40	25,7	46	22,5	74	23,2	55
60	25,7	50	23,4	71	23,2	55

По годам влияние навоза на качество зерна было различным. В 1986 г. при очень благоприятных условиях во время колошения и налива зерна, обеспечивших высокий урожай зерна пшеницы по чистому пару на уровне 40 ц/га, на неудобренном контроле содержание клейковины в зерне было низким (20%). За счет внесения навоза в дозе 40 т/га содержание клейковины повысилось до 27,3%, а показания ИДК – с 43 до 48. Стекловидность зерна повысилась с 54 до 69%. В более су-

хие годы влияние навоза на качество зерна было менее значительным, но все же существенным.

Самые высокие показатели качества зерна озимой пшеницы по чистому пару были получены при внесении навоза, фосфорных удобрений и проведении листовой подкормки мочевиной во время колошения (табл. 87). В среднем за 3 года прирост в содержании клейковины достигал 5,2%. При этом повышалась натура зерна и его стекловидность, а также улучшалось качество клейковины. Запашка соломы с внесением азотсодержащих минеральных удобрений положительно влияет на качество зерна. Так, по данным Н.Н. Крестьяниновой и Д.А. Смольского (2005), в среднем за 1998-2000 гг. без внесения соломы в зерне озимой пшеницы сорта Донская безостая содержалось 22,0% клейковины; после внесения 3 т/га соломы и N30P30 ее содержание увеличилось до 26,1%. Еще больше клейковины в зерне (27,9%) было при запашке 3 т/га соломы и 20 т/га навоза в сочетании с минеральным удобрением N30P30.

Таблица 87. Влияние навоза и минеральных удобрений на качество зерна озимой пшеницы сорта Донская безостая по чистому пару (в среднем за 1986-1988 гг.)

Вариант опыта	Натура, г/л	Стекловидность, %	Клейковина	
			Количество, %	ИДК, ед.
Без удобрений	755	56	22,0	39
Навоз 40 т/га в чистый пар	771	65	25,7	46
+ P40 до посева + N30 в колошение	768	64	27,2	52

Таблица 88. Зависимость качества зерна озимой пшеницы сорта Юна от удобрений и погодных условий вегетационного периода во второй ротации зернопарового севооборота

Вариант опыта	Стекловидность, %		Клейковина			
			Количество, %		ИДК, ед.	
	1993	1994	1993	1994	1993	1994
Без удобрений	32	63	20,0	24,0	75	53
Навоз 40 т/га в чистый пар	49	64	21,5	24,0	80	66
+ P40 до посева	49	65	23,5	26,0	75	68

Примечание: 1993 г. был с осадками во время налива зерна, 1994 г. – с сухой погодой во время налива зерна.

В табл. 88 показана зависимость качества зерна от погодных условий во время колошения и налива зерна. Сухая погода способствует формированию зерна с высокими показателями качества. При обильном увлажнении даже внесения навоза и фосфорных удобрений недостаточно для получения ценного зерна пшеницы. К тому же нередко благоприятный водный режим в фазе колошения и во время налива зерна способствует значительным прибавкам урожая, а высокий урожай зерна формируется за счет снижения его качества. В данном случае сильно возрастает роль поздних азотных подкормок.

Целесообразно проводить поздние азотные подкормки на основании результатов листовой диагностики. Внесение азотных удобрений в подкормку при критическом уровне содержания элементов питания в контрольном листе позволяет экономно расходовать азот минеральных удобрений. Прогноз содержания белка и клейковины в зерне озимой пшеницы по данным листовой диагностики основан на тесной корреляции между содержанием азота в зерне в фазе полной спелости и содержанием азота в верхних листьях растений в колошение.

На основании анализа зависимости между содержанием общего азота в зерне и содержанием общего азота и фосфора в первом и втором верхних листьях растений для сорта озимой пшеницы Донская безостая было получено уравнение, выражающее связь этих показателей следующим образом:

$$y = 1,91 + 0,12x + 0,32z,$$

где y – содержание азота в зерне (%), x и z – содержание в листьях азота и фосфора, соответственно (%).

Выявлена достоверная зависимость между содержанием клейковины в зерне данного сорта озимой пшеницы и содержанием общего азота в зерне. Зависимость имела вид уравнения:

$$y = 9,95 + 5,66x,$$

где y – содержание клейковины в зерне (%), x – содержание азота в зерне (%).

По данным агрохимцентра «Ставропольский» (Подколзин, 1999), высокое качество зерна озимой пшеницы в Ставропольском крае формируется при содержании в листьях азота на уровне 3,5-4,0%, фосфора – 0,7-0,9% и калия – 1,5-2,5%.

ОКУПАЕМОСТЬ УДОБРЕНИЙ

Экономическая окупаемость удобрений, выражаемая отношением стоимости прибавки урожая к затратам на удобрения, в сильной степени зависит от цены на производимое зерно и на удобрения. При диспаритете цен экономическая окупаемость минеральных удобрений нередко оказывается низкой. В меняющихся экономических условиях целесообразно принимать в расчет окупаемость 1 кг д.в. удобрений прибавкой урожая зерна – так называемую агрономическую эффективность применения удобрений.

В засушливой зоне каштановых почв окупаемость азотных удобрений, вносимых под озимую пшеницу, зависит от погодных условий во время ее вегетации. В виду того, что чаще наблюдается недостаток осадков, окупаемость азотных удобрений при внесении до посева выше, чем весной в подкормку (табл. 89). Самая низкая окупаемость 1 кг азота была при внесении в два приема (весной и в колошение), что обусловлено как меньшей прибавкой урожая, так и увеличением дозы внесенного азота. В благоприятные и средние по условиям увлажнения годы с учетом необходимости улучшения качества зерна, экономически целесообразно внесение азотных удобрений до посева и в колошение.

Таблица 89. Окупаемость 1 кг д.в. азотных удобрений зерном озимой пшеницы (кг). Сорт Донская безостая по чистому пару

Вариант опыта	1993	1994	1995	Среднее
N35 весной	11,7	-	0,6	4,1
+ N35 в колошение	8,3	-	-	2,8
N35 до посева	26,9	6,6	2,0	11,8
+ N35 весной	12,7	-	3,0	5,2
+ N35 в колошение	8,0	9,4	-	5,8
+ N35 весной + N35 в колошение	6,4	4,5	3,9	4,9

Окупаемость фосфорных удобрений более стабильна, особенно при внесении совместно с азотными. В опыте, в котором изучали способы внесения фосфорных удобрений в севообороте, окупаемость 1 кг д.в. азота и фосфора, внесенных в дозе N35P30 за год, в среднем за три ротации составила 14,2 кг з.е.

Применение калийных удобрений на фоне азотных и фосфорных под озимую пшеницу и озимый ячмень также окупается. В среднем за 1988-1990 гг. при внесении под озимую пшеницу после чистого пара в дозе 60 кг K_2O /га на фоне азота и фосфора 1 кг K_2O дал 4,3 кг зерна, а с

учетом последействия и прибавки урожая второй озимой пшеницы – 5,7 кг зерна. Внесение 1 кг K_2O (при той же дозе) под вторую пшеницу после чистого пара окупалось 5,7 кг зерна. На озимом ячмене окупаемость 1 кг K_2O при внесении в дозе 30 кг $K_2O/га$ на фоне азотных и фосфорных удобрений составила в среднем за три года 6,3 кг зерна, а в дозе 60 кг $K_2O/га$ – 3,2 кг зерна.

На каштановой почве высока окупаемость навоза (табл. 90). Самая высокая окупаемость 1 т навоза в опытах складывалась при его внесении в дозе 20 т/га на ротацию севооборота (3,3 т/га в год). Достаточно высокая (76 кг з.е./т) окупаемость навоза получалась при внесении в дозе 40 т/га (6,6 т/га в год). Окупаемость минеральных удобрений на фоне навоза снижалась с увеличением его дозы. Наименьшая окупаемость навоза и минеральных удобрений наблюдалась при дозе навоза 60 т/га (10 т/га в год). Таким образом, оптимизация доз органических и минеральных удобрений является одним из способов повышения их окупаемости зерном.

Таблица 90. Окупаемость навоза и азотно-фосфорных удобрений в шестипольном зернопаровом севообороте (в среднем за 1986-1992 гг.)

Доза		Прибавка, ц з.е./га		Окупаемость, кг з.е.	
Навоза, т/га	NP, кг/га*	от навоза	от NP	1 т навоза	1 кг д.в. NP
0	N180P100	-	28,2	-	10,1
20	-	20,1	-	100,5	-
20	N180P100	20,1	17,6	100,5	6,3
40	-	30,4	-	76,0	-
40	N180P100	30,4	12,4	76,0	4,4
60	-	34,3	-	57,2	-
60	N180P100	34,3	6,6	57,2	2,4

* Указаны дозы NP за ротацию

СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ В СЕВООБОРОТАХ

Получение максимального урожая зерновых культур и планомерное воспроизводство почвенного плодородия каштановой почвы при высокой экономической окупаемости удобрений достигается при грамотной разработке системы удобрения в севооборотах. При этом необходимо учитывать, что минеральные и органические удобрения оказывают не только прямое действие, но и последействие. Значительная

часть элементов питания в почве переходит в слабо усвояемые растениями формы, для перевода которых в доступное состояние необходимо вносить бактериальные удобрения.

На основании полученных в опытах экспериментальных данных о влиянии систематического длительного внесения удобрений на урожайность зерновых культур и плодородие каштановой почвы были выработаны схемы применения удобрений под культуры севооборота. Данные схемы могут служить ориентиром при разработке систем удобрения в каждом конкретном условиях. Следует учитывать, что повышению окупаемости минеральных удобрений способствует их внесение при посеве зерновых культур.

Например, в табл. 91 предлагаются дозы элементов питания в типичном для зоны каштановых почв зернопаровом севообороте. При запахивании измельченной соломы необходимо вносить азотные удобрения под вторую пшеницу после чистого пара. При необходимости следует провести ее подкормку азотом весной в фазе кущения. Калийное удобрение повысит использование азота растениями.

В табл. 92 предлагается система удобрения с применением бактериальных препаратов и регуляторов роста растений, позволяющая снизить нормы азота в севообороте.

Дозы минеральных удобрений могут быть снижены, если в севообороте вносится навоз (табл. 93). Так как навоз кроме макроэлементов содержит ряд важных для растений микроэлементов и рострегулирующих веществ, то необходимости в их дополнительном применении нет.

Улучшить обеспеченность почвы азотом и снизить норму внесения азотных удобрений в севообороте помогают бобовые культуры. В табл. 94 даются рекомендации по системе удобрения в севообороте с включением бобовых трав, а также зернобобовых культур (нута или гороха). В данном случае следует обратить внимание на бактериальные удобрения Экофит и Азовит, которые улучшат питание азотом второй озимой пшеницы после чистого пара и ярового ячменя. В таблицах указаны минимальные дозы элементов питания растений, которые необходимо вносить для обеспечения их бездефицитного баланса в севооборотах.

Таблица 91. Система удобрений в севообороте (при запаживании соломы)

Чередование культур	Способ внесения минеральных удобрений				НРК, кг д.в./га	
	До посева	При посеве	Подкормка		Под культуры	В среднем в год
			весной	в колошение		
Чистый пар	-	-	-	-		
Озимая пшеница	N30P30K30 (НАФК)	-	-	N20 (N _м)	N50P30K30	
Озимая пшеница	N30 (КАС или N _{аа})	N4,6P20 (АФ)	N20 (N _{аа})	-	N54,6P20	
Чистый пар	-	-	-	-		
Озимая пшеница	N30P30K30 (НАФК)	-	-	N20 (N _м)	N50P30K30	
Яровой ячмень	-	N10P10K10 (НАФК)	-	-	N10P10K10	
За ротацию	N90P60K60	N14,6P30K10	N20	N40	N164,6P90K70	N27,4P15K11,7

Примечание (для табл. 91-94):

АФ – аммофос, НАФК – нитроаммофоска, Nм – мочевина, КАС – карбамидно-аммиачная смесь, Nаа – аммиачная селитра, Кх – хлористый калий.

Таблица 92. Система применения удобрений и регуляторов роста растений в севообороте (при запашивании соломы)

Чередование культур	Способ внесения минеральных удобрений				НПК, кг д.в./га	
	До посева	При посеве	Подкормка			Под культуры
			весной	в колошение		
Чистый пар	-	-	-	-	-	
Озимая пшеница	N30P30K30 (НАФК)	-	Гумат К (0,4 л/га)	N20 (Nм), Гумат К (0,4 л/га)	N50P30K30	
Озимая пшеница	N30 (КАС или Наа), К30 (Кх)	Экофит (1,5 л/т семян)	СИЛК (30 мл/га)	-	N30K30	
Чистый пар	-	-	-	-	-	
Озимая пшеница	N6,9P30 (АФ)	N10P10K10 (НАФК)	Це-Це-Це (1,5 л/га)	N20 (Nм)	N36,9P40K10	
Яровой ячмень	-	N10P10K10 (НАФК)	Альбит (30 мл/га)	-	N10P10K10	
За ротацию	N66,9P60K60	N20P20K20	-	N40	N126,9P80K80 N21,2P13,3 K13,3	

Таблица 93. Система удобрения в севообороте с использованием навоза (при запашивании соломы)

Чередование культур	Способ внесения удобрений			Подкормка в колосошение	Под культуры	В среднем в год
	До посева	При посеве	Подкормка весной			
Чистый пар	Навоз (40 т/га)	-	-	-	-	
Озимая пшеница	-	N4,6P20 (АФ)	-	N20 (N _м)	N24,6P20	
Озимая пшеница	-	N4,6P20 (АФ)	N30 (N _{аа})		N34,6P20	
Чистый пар	-	-	-	-	-	
Озимая пшеница	N30P30K30 (НАФК)	-	-	N20 (N _м)	N50P30K30	
Озимый ячмень	-	-	-	-	-	
За ротацию	N30P30K30	N9,2P40	N30	N40	N109,2P70K30	N18,2P11,7K5

Таблица 94. Система удобрения в севообороте с бобовыми культурами (при запашивании соломы)

Чередование культур	Способ внесения удобрений				Подкормка в колосе-ние	Под культурами	В среднем в год
	До посева	При посеве	Подкормка				
			весной	в колосе-ние			
Эспарцет	-	-	-	-	-	-	-
Озимая пшеница	-	N4,6P20 (АФ)	-	N20 (Nм)	-	N24,6P20	-
Озимая пшеница	N30P30K30 (НАФК)	Экофит (1,5 л/т семян)	-	-	-	N30P30K30	-
Чистый пар	-	-	-	-	-	-	-
Озимая пшеница	N6,9P30 (АФ)	N10P10K10 (НАФК)	-	N20 (Nм)	-	N36,9P40K10	-
Кукуруза на зерно	N30 (Наа), K30 (Кх)	-	Гумат К (0,5 л/га)	-	-	N30K30	-
Нут, горох	-	МИБАС (5 л/т семян)	-	-	-	-	-
Озимая пшеница	N30P30K30 (НАФК)	ЗСС (1 л/т семян)	ЗСС (200+100 мл/га)	-	-	N30P30K30	-
Яровой ячмень	-	N10P10K10 (НАФК), Азовит (1 л/т семян)	-	-	-	N10P10K10	-
За ротацию	N96,9P90K90	N24,6P40K20	-	N40	-	N161,5P130K110	N17,9P14,4K12,2

ЛИТЕРАТУРА

1. Агеев В.В., Подколзин А.И. Система удобрений в севооборотах Юга России: Учебн. пособ. Ставрополь, СГСХА, 2001. 352 с.
2. Агеев В.В., Подколзин А.И. Агрохимия (Южно-Российский аспект). Учебник для вузов / Под ред. Агеева В.В. Т. 1. Ставрополь: СГАУ, 2005. 488 с.
3. Агеев В.В., Подколзин А.И. Агрохимия (Южно-Российский аспект). Учебник для студ. высш. учебн. завед. / Под ред. Агеева В.В. Т. 2. Ставрополь: СГАУ, 2006. 480 с.
4. Александров В.Г. Применение удобрений в Северо-Кавказском крае. Пятигорск: Севкавказгиз, 1936. 55 с.
5. Александров В.Г. Силикатные бактерии. М.: Сельхозгиз, 1953. 115 с.
6. Антыков А.Я., Стоморев А.Я. Почвы Ставропольского края и их плодородие. Ставрополь: Кн. изд-во, 1970. 413 с.
7. Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. М.: Изд-во МГУ, 1983. 248 с.
8. Багринцева В.Н., Крестьянинова Н.Н. и Ходжаева Н.А. Влияние удобрений на качество зерна озимой пшеницы на каштановой почве засушливой зоны // Влияние регуляторов роста на развитие и продуктивность растений: Сб. науч. тр. СНИИСХ. Ставрополь, 1988. С. 146-155.
9. Багринцева В.Н., Крестьянинова Н.Н. Последствие азотных удобрений при длительном их применении в зернопаровом севообороте на каштановой почве // Агрохимия. 1989. № 10. С. 6-12.
10. Багринцева В.Н., Крестьянинова Н.Н. и Ходжаева Н.А. Удобрение озимой пшеницы на каштановой почве засушливой зоны // СНИИСХ. Госагропром СССР. Ставрополь, 1989. 21 с. – 11 табл. Деп. во ВНИИТЭИ агропром, 1989. № 299. ВС-89. Деп.
11. Багринцева В.Н., Сафронова Т.П. О роли калийных удобрений в повышении продуктивности озимой пшеницы // Агрохимия. 1993. № 6. С. 29-33.
12. Багринцева В.Н. Применение калийных удобрений под озимую пшеницу (рекомендации для Левокумского района Ставропольского края). Буденновск, 1993. 29 с.
13. Багринцева В.Н., Ходжаева Н.А. и Лазаренко Т.Н. Основы эффективной системы удобрения с навозом в зернопаровом севообороте на каштановой почве // Агрохимия. 1996. № 3. С. 66-75.
14. Багринцева В.Н., Крестьянинова Н.Н. и Ходжаева Н.А. Азотный режим каштановой почвы в зернопаровых севооборотах при применении удобрений // Агрохимия. 2000. № 2. С. 5-10.
15. Багринцева В.Н., Крестьянинова Н.Н. и Ходжаева Н.А. Содержание гумуса в каштановой почве в зависимости от севооборота и удобрения

- ния // Агрохимия. 2000. № 3. С. 12-15.
16. Багринцева В.Н., Крестьянинова Н.Н. и Ходжаева Н.А. Влияние удобрений на фосфатный режим каштановой почвы Ставропольского края // Агрохимия. 2000. № 6. С. 5-9.
 17. Багринцева В.Н., Крестьянинова Н.Н., Ходжаева Н.А. и Сафронова Т.П. Применение калийных удобрений в зернопаровых севооборотах на каштановой почве Ставрополя // Агрохимия. 2000. № 7. С. 35-42.
 18. Багринцева В.Н. Роль удобрений в системе «сухого земледелия» // Проблемы борьбы с засухой: Сб. науч. тр. Т. 2. Ставрополь: Изд-во СГАУ «АГРУС», 2005. С. 129-133.
 19. Бархатова О.А. Влияние азотных подкормок и биологически активных веществ на формирование урожая и качества зерна озимой пшеницы в условиях Центрального Предкавказья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ставрополь, 2008. 22 с.
 20. Годунова Е.И. Влияние минеральных обработок и фосфорных удобрений на улучшение свойств карбонатных солонцов Восточного Предкавказья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1984. 14 с.
 21. Довгаль В.Н., Крестьянинова Н.Н. К вопросу о повышении эффективности фосфорных удобрений на каштановых почвах // Земельные ресурсы Ставропольского края и приемы повышения производительности почв. Тр. СНИИСХ. Ставрополь, 1985. С. 87-97.
 22. Есаулко А.Н. Пути оптимизации систем удобрений в севооборотах Центрального Предкавказья: Монография. Ставрополь: АГРУС, 2006. 304 с.
 23. Запорожцев В.И. Эффективность ежегодного и однократного внесения удобрений в звене севооборота засушливой зоны // Эффективность удобрений в условиях Ставропольского края: Сб. научн. тр. СНИИСХ. Вып. XVIII. 1975. С. 35-38.
 24. Запорожцев В.И. Эффективность систематического применения удобрений в севообороте засушливой зоны // Научные достижения сельского хозяйства: Сб. научн. тр. СНИИСХ. Вып. III. 1976. С. 76-81.
 25. Карандашов Л.Г., Подколзин А.И. Химизация сельского хозяйства на Ставрополье. Ставрополь, 1987. 69 с.
 26. Ключин П.В., Цыганков А.С. Основы землеустройства (Северный Кавказ, Ставропольский край): Учебник. Ставрополь, 2002. 424 с.
 27. Крестьянинова Н.Н. На планируемый урожай // Сельские зори. 1985. № 12. С. 15.
 28. Крестьянинова Н.Н. Фосфорные удобрения и урожай озимой пшеницы на каштановых почвах Ставрополя // Интенсивные технологии возделывания озимой пшеницы на Ставрополье: Сб. науч. тр. СНИИСХ. Ставрополь, 1989. С. 59-66.

29. Крестьянинова Н.Н., Смольский Д.А. Рекомендации по повышению продуктивности озимой пшеницы и плодородия каштановых почв на основе комплексного применения органических, минеральных удобрений и соломы для зерноводческих хозяйств сухостепной части Ставропольского края. Буденновск, 2005. 13 с.
30. Ковтун В.И. Селекция высоко адаптированных сортов озимой мягкой пшеницы и нетрадиционные элементы технологии их возделывания в засушливых условиях юга России. Ростов-на-Дону, 2002. 320 с.
31. Кузнецов Е.А. Применение удобрений в Орджоникидзевском крае. Ворошиловск, Орджоникидзевское кн. изд-во, 1939. 59 с.
32. Куприченков М.Т., Каргальцев В.И. Агротехника. Плодородие. Урожай. Ставропольское кн. изд-во, 1988. 111 с.
33. Куприченков М.Т., Антонова Т.Н. и Головинов А.А. Солома – ценное органическое удобрение // Земледелие. 2000. № 5. С. 26.
34. Максименко Л.Д. Засуха и основные пути ее преодоления // Сб. науч. тр. СНИИСХ. Вып. 41. Ставрополь, 1980. С. 21-33.
35. Мясоедова С.С. Особенности формирования урожая и качества зерна озимой пшеницы при различных сроках посева: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ставрополь, 2004. 21 с.
36. Петров Г.И. Севообороты на неорошаемых землях. Ставрополь. 1969. 61 с.
37. Петров Г.И. Значение времени возобновления весенней вегетации озимой пшеницы на Прикумье. Буденновск, 1992. 66 с.
38. Петрова Л.Н. Анализ климатических условий для использования в имитационных моделях продуктивности озимой пшеницы // Вестник сельскохозяйственной науки. 1986. № 1 (352). С. 38-47.
39. Пенчуков В.М. Чистые и занятые пары / Под ред. Пенчукова В.М. Ставрополь: Кн. изд-во, 1986. 158 с.
40. Писемская В.А. Эффективность подкормок озимой пшеницы в засушливых условиях Ставропольского края // Бюл. НТИ СНИИСХ. 1957. № 3. С. 21-24.
41. Писемская В.А. Эффективность различных форм фосфорных удобрений при внесении под озимую пшеницу // Бюл. НТИ СНИИСХ. 1959. № 5. С. 40-42.
42. Писемская В.А. К агрохимическому обоснованию занятых паров // Бюл. НТИ СНИИСХ. 1959. № 5. С. 20-26.
43. Подколзин А.И., Бурлай А.В. и Шустикова Е.П. Оценка результатов листовой диагностики на посевах озимой пшеницы в зоне неустойчивого увлажнения // Пути повышения качества зерна сельскохозяйственных культур. Сб. науч. тр. СНИИСХ. Ставрополь, 1999. С. 163-169.
44. Подколзин А.И., Демкин В.И. и Бурлай А.В. Микроэлементы в зем-

- ледели Юга России. Ставрополь, 2002. 352 с.
45. Подколзин А.И. Эволюция, воспроизводство плодородия почв и оптимизация применения удобрений в агроландшафтах Центрального Предкавказья: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. М., 2008. 45 с.
 46. Рекомендации по использованию соломы на удобрение в Ставропольском крае. Ставрополь, 2003. 34 с.
 47. Родэ А.А. Почвообразовательный процесс и эволюция почв. М.: Огиз, 1947. 141 с.
 48. Рудин В.Д. Содержание микроэлементов кобальта, меди, марганца и молибдена в различных типах почв и кормовых растениях: Тр. 2-го Межвуз. совещ. по микроэлементам. М.: Изд-во МГУ, 1961.
 49. Рудин В.Д., Шипотовский В.В. Молибден в почвах Ставропольского края // Применение микроэлементов, удобрений и стимуляторов роста в сельском хозяйстве: Сб. науч. тр. Ставроп. СХИ. Вып. 38. Т. 3. Ставрополь, 1975. С. 3.
 50. Рябов Е.И. Земля просит защиты. Эрозия почв и меры борьбы с ней. Ставрополь: Кн. изд-во, 1974. 158 с.
 51. Санин А.Г. Опыт климатического районирования Восточного Предкавказья. Владикавказ, 1926. 40 с.
 52. Селецкий В.И., Гончаров Б.П. Чистые и занятые пары в засушливой зоне края // Сб. науч. тр. СНИИСХ. Вып. IV. Ставрополь, 1969. 197 с.
 53. Справочное пособие фермера / Абалдов А.Н., Федотов А.А., Морозов Н.А. и др. Буденновск, 1993. 146 с.
 54. Суднов П.Е. Пшеницы на Ставрополье. Ставрополь: Кн. изд-во, 1947. 167 с.
 55. Федотова Н.И., Павленко Н.А. Рациональная система севооборотов в засушливой зоне Ставрополья // Научные достижения сельскому хозяйству: Сб. науч. тр. СНИИСХ. Ставрополь, 1976. С. 34-41.
 56. Фокеев П.М. Применение удобрений под зерновые культуры в засушливых районах Юго-Востока СССР // Применение удобрений в засушливых районах Юго-Востока СССР. М.: 1940. С. 74-113.
 57. Ходжаева Н.А., Довгаль В.Н. Эффективность минеральных удобрений в зернопаровых севооборотах на каштановых почвах засушливой зоны // Земельные ресурсы Ставропольского края и приемы повышения производительности почв. Тр. СНИИСХ. Ставрополь, 1985. С. 98-105.
 58. Черкасова Л.П. Состояние калийного режима почвы и его изменение при систематическом использовании удобрений в севооборотах: Автореф. дис. ... канд. с.-х. н. М., 1991. 24 с.
 59. Челябинов Г.И., Стоморев А.Я. Ставропольский край // Агрохимическая характеристика почв СССР / Под ред. Соколова А.В. М.: Наука, 1964. С. 144-174.

Багринцева Валентина Николаевна

**ПИТАНИЕ ЗЕРНОВЫХ КОЛОСОВЫХ КУЛЬТУР
НА КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ СТАВРОПОЛЬЯ**

Редактор Носов В.В.

ISBN 978-59905417-1-9

©Некоммерческая негосударственная организация
"Международный институт питания растений"
(International Plant Nutrition Institute) 2015

Филиал Международного института питания растений в
РФ:

125466, Москва, ул.Ландышева, д.12, пом. XVIIa

8 (495) 580-64-14

<http://www.ipni.net>

<http://eeca-ru.ipni.net>

ipni-eeca@ipni.net

