

УДК 631.82:631.58

UDC 631.82:631.58

**АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО И
ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЛЕВОГО
СЕВООБОРОТА В СВЯЗИ С ПРИМЕНЕНИЕМ
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

**AGRICHEMISTRYC PROPERTIES OF BLACK
LEACHED SOIL AND EFFICIENCY OF A
FIELD CROP ROTATION IN CONNECTION
WITH APPLICATION OF MINERAL
FERTILIZERS**

Леплявченко Леонид Петрович –
к.с.-х.н, профессор

Leplyavchenko Leonid Petrovich
Cand. Agr. Sci., professor

Суетов Виктор Павлович - к.с.-х.н, доцент

Suetov Viktor Pavlovich
Cand. Agr. Sci., associate professor

Громова Любовь Ивановна к.с.-х.н, профессор

Gromova Lyubov Ivanovna
Cand. Biol. Sci., professor

Онищенко Людмила Михайловна - к.с.-х.н, доцент

Onishenko Ludmila Mikhailovna
Cand. Agr. Sci., associate professor

Дроздова Виктория Викторовна - к.с.-х.н, доцент

Drozdova Victoria Viktorovna
Cand. Biol. Sci, associate professor

Ерезенко Евгений Евгеньевич, ассистент

Erezenko Evgeny Evgenyevich
assistant

Осипов Михаил Алексеевич, ассистент

Osipov Mikhail Alekseevich
assistant

*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

На стационарном опыте кафедры агрохимии Кубанского государственного аграрного университета после двух ротаций полевого севооборота в результате длительного применения минеральных удобрений выявлено изменения в содержании гумуса и физико-химических свойств чернозема выщелоченного

A stationary experiment at Agrochemistry chair of Kuban' state agrarian university has revealed certain changes in humus contents and physical and chemical properties of black leached soil after two stages of field crop rotation as a result of long-term application of mineral fertilizers

Ключевые слова: ПЛОДОРОДИЕ, ЧЕРНОЗЕМ
ВЫЩЕЛОЧЕННЫЙ, ПОЛЕВОЙ СЕВООБОРОТ,
МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Keywords: FERTILITY, BLACK LEACHED SOIL,
FIELD CROP, MINERAL FERTILIZERS

Стационарный полевой опыт кафедры агрохимии Кубанского госагроуниверситета входил в систему Географической сети опытов с удобрениями СССР, а в настоящее время включен в Реестр длительных полевых опытов с удобрениями и другими средствами химизации земледелия РАСХН. Схемы размещения опыта и его полей на территории Краснодарского края и учхоза "Кубань" КубГАУ представлены на рис.1, 2.

До закладки опыта проводили уравнивательные посевы в течение 3 лет. Полевой опыт заложен осенью 1981 г. под руководством

профессора В.Т. Куркаева в учхозе "Кубань". Цель - изучение влияния минеральных удобрений на урожайность и качество сельскохозяйственных культур в полевом севообороте и плодородие чернозема выщелоченного Западного Предкавказья.

Территория расположения опыта относится к третьей агроклиматической зоне Краснодарского края, умеренно увлажнённой, с коэффициентом увлажнения 0,30-0,40. За год выпадает 600-700 мм осадков. По теплообеспеченности - к жаркому с суммой эффективных температур 3400-3800 °С. Зима умеренно мягкая со средней температурой января минус 1,5-3,5 °С. Минимальные температуры могут достигать минус 30-36 °С. Снежный покров в 60-90 % лет неустойчив. Переход температуры воздуха через 5 °С весной отмечается во второй половине марта - начале апреля. Дней со средней суточной температурой воздуха более 20 °С насчитывается до 90. Осадки кратковременные, преимущественно ливневые, за период вегетации выпадает 250-400 мм. Общее число дней с суховеями - 50-75.



Рисунок 1. Схема размещения стационарно полевого опыта кафедры агрохимии КубГАУ на территории Краснодарского края

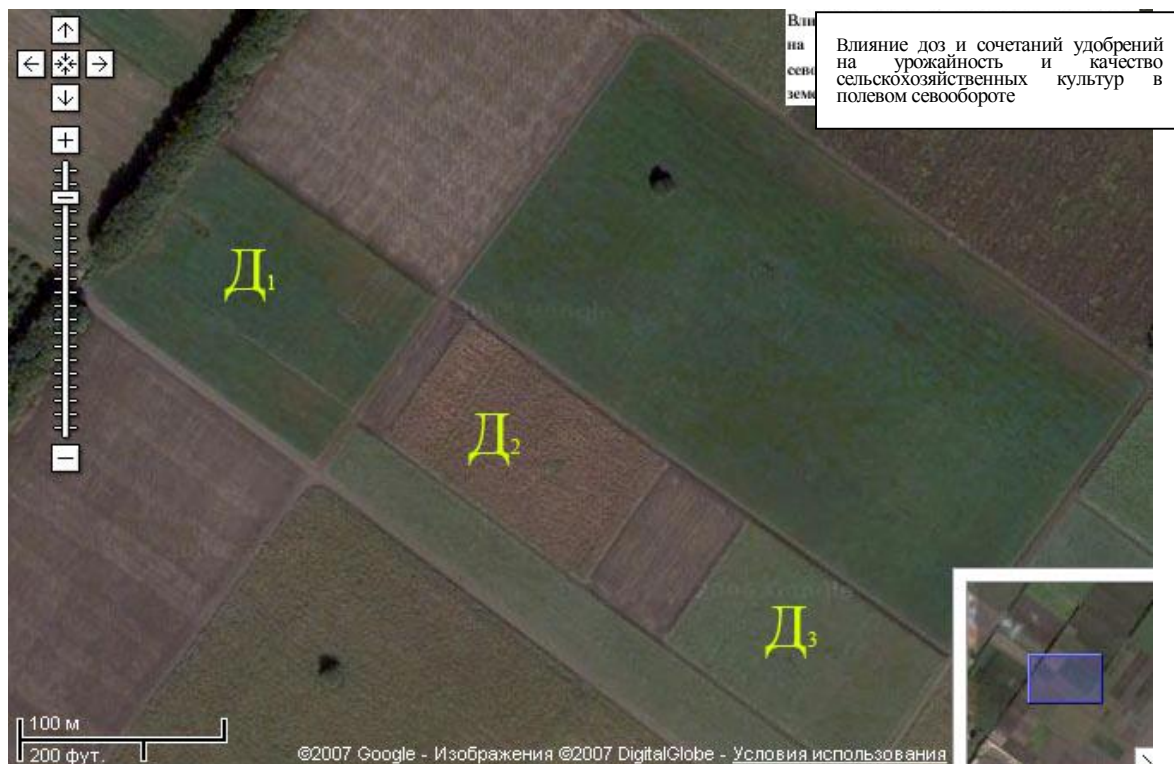


Рисунок 2. Схема размещения полей в стационарном опыте кафедры агрохимии на территории учхоза Кубань КубГАУ

Возделывание сельскохозяйственных культур определяется тепло- и влагообеспеченностью их вегетационного периода. Длительность безморозного периода с температурой выше 10 °С сильно варьирует в отдельные годы. Активная вегетация большинства культур проходит при средней суточной температуре воздуха выше 10 °С. Продолжительность периода активной вегетации сельскохозяйственных культур может быть ограничена поздними весенними и ранними осенними заморозками. Все полевые культуры севооборота достаточно обеспечены теплом.

Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу возобновления вегетации озимых колосовых культур в среднем были благоприятные - 181,3 мм, в фазу трубкования – 156,3, колошения - 111,0, молочной спелости - 80,3 мм. Такая влагообеспеченность за годы исследований

обеспечивала хорошие условия налива зерна. Запасы влаги в слое 0-100 см в начале вегетации масличных культур и сои в среднем составили 170,5 мм, в июле-августе удерживались на уровне 71,3-75,3 мм.

Среднемесячная температура самого теплого месяца июля за годы исследований составила 25,4 °С, что на 2,9 °С выше среднемноголетней - 22,5 °С. В отдельные жаркие дни температура воздуха повышалась до 38-42°С (абсолютный максимум). Среднегодовая сумма температур воздуха за последнее десятилетие незначительно превысила среднемноголетнюю.

Следует отметить, что отдельные годы по метеорологическим условиям существенно отличались друг от друга, как по температурному режиму, так и по условиям увлажнения и распределения осадков. Это оказывало значительное влияние на формировании урожая. В качестве примера на рис. 3 и 4 приводятся среднемесячные суммы температур и осадков за отдельные периоды метеостанции "Круглик" г. Краснодара.

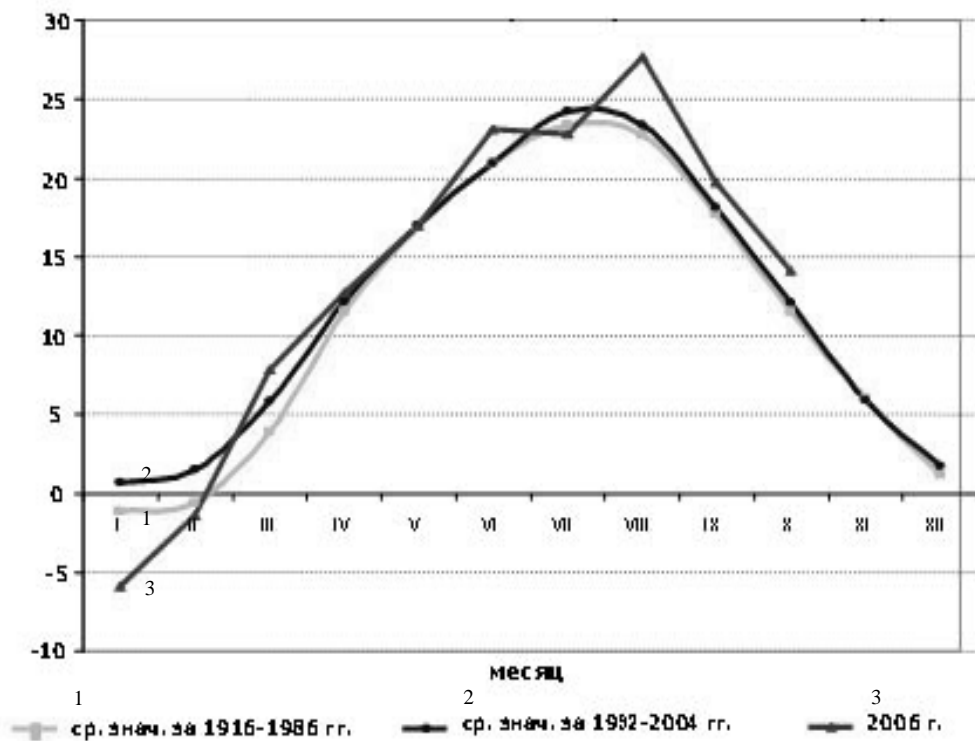


Рисунок 3. Динамика среднемесячной суммы температур

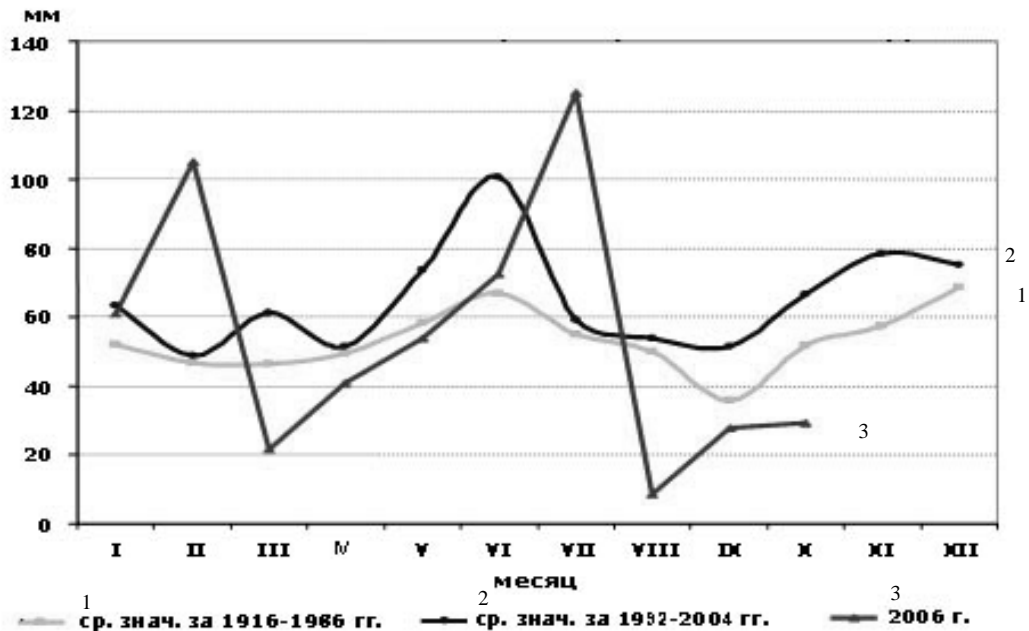


Рисунок 4. Динамика среднемесячной суммы осадков

Таким образом, погодные условия в годы второй ротации севооборота сильно отличались друг от друга, как по условиям увлажнения, так и по

температурному режиму. Среднегодовое количество осадков близко к среднегодовому уровню, но в отдельные годы отличались недостаточным и неравномерным распределением осадков и были неудовлетворительными для вегетирования отдельных и особенно пропашных культур. Для формирования урожая пропашных культур полевого севооборота решающее значение имеют осадки весенних и летних месяцев. Весенние - для получения дружных всходов, летние для компенсации расхода влаги на испарение и транспирацию растений. По количеству выпавших осадков и их распределению районы распространения черноземов выщелоченных относятся к зоне неустойчивого увлажнения.

Неустойчивое распределение осадков в сочетании с высокой температурой воздуха и суховеями в летний период обуславливает большие колебания урожайности полевых культур по годам.

В целом климат территории размещения опытного поля – умеренно континентальный, степной с неустойчивым увлажнением, характеризуется мягкой непродолжительной зимой, длительным безморозным периодом, большой суммой положительных температур за вегетационный период, что, в конечном счете, позволяет выращивать многие теплолюбивые культуры.

Почва в стационарном опыте представлена чернозёмом выщелоченным малогумусным сверхмощным тяжелосуглинистым. В качестве характерного примера чернозёма выщелоченного может служить разрез, заложенный на территории Краснодарского научно-исследовательского института сельского хозяйства имени П.П. Лукьяненко и описанный В.И. Терпельцом совместно с профессорами Е.С. Блажним, Н.Е. Редькиным, В.М. Фридландом (цит. по В.Ф. Валькову, Ю.А. Штомпелю В.И. Тюльпанову, 2002).

- $A_{\text{пах}}$, 0-30 см - темно-серый, влажный, глинистый, глыбисто-порошисто-комковатый.
- A_1 , 30-90 см - темно-серый, влажный, глинистый, ореховато-комковатый, плотноватый; по граням структурных отдельностей ясно выраженная глянцеватость, общий облик горизонта производит впечатление слитости; изредка встречаются железисто-марганцевые новообразования; переход постепенный по цвету, сложению.
- AB_1 , 90-155 см - серый с буроватым оттенком, светлеющий с глубиной, влажный, глинистый, крупнокомковато-ореховатый, несколько уплотненный; наблюдаются глинистые кутаны по граням структурных агрегатов; редкие точечные вкрапления черных оксидов марганца и железа; встречаются червороины и капролиты; переход заметный.
- AB_2 , 55-180 см - буроватый с серым оттенком, влажный, глинистый, практически бесструктурный, плотноватый. Много червороин, капролитов, марганцево-железистые точечные и дробовидные конкреции, кутаны; переход постепенный.
- BC , 180-220 см - желтовато-бурый, со 190 см - локальное вскипание от HCl , глинистый, влажный; содержит больше марганцево-железистых новообразований, чем предыдущий горизонт; много глянцевых кутан; по ходам червей — корни; переход постепенный.
- C_k , 220-230 см и более - желто-бурая с оливковым оттенком лессовидная глина; равномерно вскипает от HCl ; карбонатные новообразования в форме журавчиков разной величины (до 2 см в диаметре) и прожилок; марганцево-железистые дробовидно-просяные конкреции, часто мягкие и режутся ножом; встречаются редкие кротовины и четко гумусированные червоточины.

По данным В.Ф. Валькова, Ю.А. Штомпеля, И.Т. Трубилина Н.С. Котлярова и Г.М. Соляника (1996) валовой химический состав этих почв довольно однообразный. Все они высококарбонатны, имеют значительное содержание K_2O - 1,9-2,0 %, высокое содержание P_2O_5 - 0,18 - 0,26 % и SO_3 - 0,05 %. Объёмная масса лёссовидных пород 1,3-1,5 г/см³, масса скелета 2,6-2,8 г/см³ и порозность 42-52 %. Лёссовидные породы характеризуются тяжелосуглинистым гранулометрическим составом. Содержание физической глины, ила и крупной пыли варьирует слабо. Важным диагностическим показателем является отсутствие или ничтожное и сравнительно редкое содержание фракции крупнее 0,25 мм.

В стационарном полевом опыте кафедры агрохимии КубГАУ чернозем выщелоченный в 1981 г. имел следующие агрохимические показатели. В среднем в пахотном 0-20 см слое почвы содержалось гумуса 3,39 %, общего азота 0,20 %, валовое содержание фосфора 0,18 %, подвижного фосфора 18,2 мг/100 г почвы, обменного калия 30,6 мг/100 г; обменная кислотность (pH_{KCl}) была равна 5,1- 6,0, гидролитическая кислотность и сумма поглощенных оснований соответственно составляли 1,6-1,7 и 39,0-40,1 мг-экв./100 г почвы, степень насыщенности основаниями 89,2-92,0 %. Почва характеризуется высокой влагоёмкостью, способен накапливать и удерживать воду в 0-100 см слое 331 мм/га, а в 0-200 см слое 642 мм/га. При высокой влагоёмкости почвы запасы продуктивной влаги составляют в слое 0-100 см 51,8 % и в двухметровом слое - 47,5 % от общих её запасов. Грунтовые воды на участке залегают глубоко и не оказывают существенного влияния на режим влажности корнеобитаемого слоя почвы.

Методы проведения исследований. Полевой опыт заложен по схеме № 57, предложенной ВИУА для проведения полевых опытов с удобрениями Географической сети. Схема опыта содержит 16 вариантов и представляет собой специальную выборку 1/4 части из полной схемы 4x4x4 образованной тремя факторами: азотом, фосфором, калием, с использованием четырех градаций 0, 1, 2 и 3 доз N P K. В основу методики определения доз и сочетаний минеральных удобрений под культуры полевого севооборота взято внесение единичной дозы, как например под сою $N_{20}P_{40}K_{20}$; двойной (средней) $N_{40}P_{80}K_{40}$; тройной (повышенной) $N_{60}P_{120}K_{60}$. Единичные дозы под озимые пшеницу и ячмень - $N_{40}P_{30}K_{20}$, подсолнечник - $N_{20}P_{30}K_{20}$, кукурузу - $N_{30}P_{30}K_{20}$, люцерну - $N_{40}P_{80}K_{40}$ и сахарную свеклу - $N_{40}P_{40}K_{40}$.

Схема расположения делянок опыта по полям Д₁, Д₂, Д₃ представлена на рисунке 5. Повторность вариантов - двукратная, что допустимо с учетом специфики построения схем многофакторных опытов и математической

обработки получаемых результатов. Двукратная повторность снижает ошибки, связанные в основном с неоднородностью почвенного плодородия (Перегудов В.Н. , 1978). Размещение делянок - рендомизированное (рис. 5). Общая площадь делянки – 162 м², а учетная -54,2 м². Минеральные удобрения: карбамид (46 % N), аммонийную селитру (34 % N), двойной суперфосфат (43 % P₂O₅), аммофос (12 % N, 52 % P₂O₅) и хлористый калий (60 % K₂O) вносили осенью под основную обработку почвы.

Дозы минеральных удобрений и их сочетания изучались на трех полях 11-польного полевого севооборота, представленного следующими культурами:

№ поля	Культура	Сорт
1	Люцерна	Славянская местная
2	Люцерна	Славянская местная
3	Озимая пшеница	Спартанка
4	Озимый ячмень	Редут
5	Подсолнечник	ВНИИМК 8883
6	Озимая пшеница	Юна
7	Соя	Быстрица
8	Озимая пшеница	Дельта
9	Сахарная свекла	Дружба 105
10	Кукуруза (зерно)	Краснодарская 382
11	Яровой ячмень + люцерна	Мамлюк + Славянская местная

Объектами исследований были почвенные и растительные образцы. Почва опытного участка, чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках, который имеет следующие агрохимические показатели: мощность гумусового слоя - 147 см, содержание гумуса (по Тюрину) - 3,1-3,4 %;

общего азота 0,16-0,18 %; валового фосфора - 0,19 %; калия 1,5-2,0 %; рН_{H2O} - 6,8-7,0; рН_{KCl} - 5,9-6,1; гидролитическая кислотность почвы - 1,7-1,8 мг-экв./100г; сумма поглощенных оснований - 33,0-34,3 мг-экв./100г; степень насыщенности почв 96,02 %.

Опыт	Номер варианта	Вариант опыта	Схема расположения делянок опыта по повторностям	
			□	□
Д1	1	000	10	8
	2	200	8	10
	3	020	12	4
	4	002	11	12
	5	220	9	11
	6	202	15	3
	7	022	1	16
	8	222	6	2
	9	111	7	13
	10	311	2	15
	11	131	5	14
	12	113	4	7
	13	331	3	9
	14	313	13	5
	15	133	16	1
	16	333	14	6
Д2	1	000	9	13
	2	200	2	5
	3	020	5	14
	4	002	3	9
	5	220	14	1
	6	202	6	7
	7	022	11	15
	8	222	16	6
	9	111	15	8
	10	311	7	12
	11	131	10	4
	12	113	1	3
	13	331	4	11
	14	313	8	16
	15	133	13	2
	16	333	12	10
Д3	1	000	13	3
	2	200	7	11
	3	020	11	4
	4	002	5	8
	5	220	2	10
	6	202	14	16
	7	022	10	2
	8	222	3	12
	9	111	15	5
	10	311	9	1
	11	131	16	6
	12	113	8	13
	13	331	4	15
	14	313	6	14
	15	133	1	7
	16	333	12	9

*0, 1, 2, 3, - нормы удобрений; первая цифра азот, вторая – фосфор, третья – калий.

Рисунок 5. Схема расположения делянок опыта по повторностям

Для определения содержания подвижных форм элементов минерального питания в почве по фазам вегетации культур проводили отбор смешанных почвенных образцов с пахотного 0-20 см и подпахотного 20-40 см слоев почвы на всех 32 делянках опыта в двух повторениях.

Все аналитические работы выполнялись согласно ГОСТ Р. Для определения агрохимических показателей почвы ежегодно отбирали почвенным буром образцы дважды - весной по всходам пропашных культур и при возобновлении вегетации озимых и после уборки урожая, на глубину 40 см послойно через 20 см. Смешанные почвенные образцы составляли из 5 индивидуальных проб с каждой делянки.

Для изучения динамики содержания наиболее дефицитных элементов минерального питания в почвенных образцах под культурами полевого севооборота по фазам вегетации определяли: содержание аммонийного азота колориметрически с помощью реактива Несслера в вытяжке 0,3 н KCl. Определение нитратного азота проводилось по методу Грандваль-Ляжу, при извлечении нитратного азота из почвы пользовались раствором 0,05 % K_2SO_4 . Легкогидролизуемый азот – методом Тюрина и Кононовой; трудногидролизуемый азот определяли по Корнфилду; содержания подвижного фосфора и обменного калия - по методу Чирикова. Содержание минерального азота (сумма нитратного и аммонийного азота) в почве определялось в свежих образцах с последующим определением влажности почвы гравиметрическим методом.

В растительных образцах определяли биомассу сухого вещества. Для этого с двух повторностей по фазам вегетации с каждой делянки отбирались пробы. Растения разделялись по органам, высушивали при температуре 70 °С до постоянной массы и взвешивали. Для выявления динамики поступления в растения азота, фосфора и калия использовались пробы высушенных растений. Общий азот, фосфор и калий определяли по

методу Куркаева в целых растениях и отдельных органах по фазам вегетации исследуемых культур.

Уборку урожая опытных делянок проводили комбайном "Samro 500". Урожай учитывался путем взвешивания зерна с делянок при сплошной уборке учетной площади делянки. Урожайные данные пересчитывались на 14 % влажность зерен и 100 % чистоту.

Определение сырого белка рассчитывали путем умножения количества общего азота в семенах сои на коэффициент 6,25, озимой пшеницы, озимого ячменя и кукурузы – 5,75. Содержание масла определялось в испытательной лаборатории государственного центра агрохимической службы "Краснодарский".

Статистическую обработку результатов исследований проводили методом множественного регрессионного и дисперсионного анализа в Краснодарском НИИ КГАУ в отделе вычислительной техники и математического моделирования.

Агротехника возделывания культур в полевом опыте - общепринятая для зоны достаточного, но неустойчивого увлажнения.

В 2004 г. закончилась вторая ротация полевого севооборота, где изучалось действие доз и сочетаний минеральных удобрений на почвенное плодородие и урожайность культур. После прохождения двух ротаций севооборота при длительном применении различных доз минеральных удобрений (табл. 1) были выявлены изменения в содержания гумуса, азота и физико-химических свойств чернозема выщелоченного.

Плодородие почвы в значительной степени зависит от содержания органического вещества, т.е. от количества и качества гумуса в ней. Органическое вещество почвы является тем главным компонентом, который определяет ее биологическую активность и физические свойства.

В условиях длительного применения удобрения в многолетнем стационарном опыте установлены изменения агрохимических свойств чернозема выщелоченного, определяющие уровень его плодородия (табл. 2).

Таблица 1 - Количество минеральных удобрений внесенных за две ротации полевого севооборота в опыте (1992-2003 гг.)

Вариант	Дозы удобрений, кг/га		
	ротации		итого
	I	II	
000	Без удобрений	Без удобрений	Без удобрений
200	N ₆₂₀	N ₅₆₀	N ₁₁₈₀
020	P ₅₂₀	P ₅₆₀	P ₁₀₈₀
002	K ₃₆₀	K ₄₀₀	K ₇₆₀
111	N ₃₁₀ P ₂₆₀ K ₁₈₀	N ₂₈₀ P ₂₈₀ K ₂₀₀	N ₅₉₀ P ₅₄₀ K ₃₈₀
222	N ₆₂₀ P ₅₂₀ K ₃₆₀	N ₅₆₀ P ₅₆₀ K ₄₀₀	N ₁₁₈₀ P ₁₁₈₀ K ₇₆₀
333	N ₉₃₀ P ₇₈₀ K ₅₄₀	N ₈₄₀ P ₈₄₀ K ₆₀₀	N ₁₇₇₀ P ₁₆₂₀ K ₁₁₄₀

После первой ротации полевого севооборота содержание гумуса в черноземе выщелоченном от первоначального (3,39 %) изменилось в зависимости от доз применяемых минеральных удобрений. Диапазон изменений в сторону уменьшения колебался от 0,08 % при использовании двойных доз и максимально на 0,26 - 0,20 % в случае, когда удобрения не применялись или вносились в одинарных дозах соответственно. Тройные дозы этот показатель не снижали, даже намечена некая тенденция его сохранения.

Таблица 2 – Содержание гумуса в почве, %

Срок	Вариант			
	000	111	222	333
До закладки опыта	3,39			
После первой ротации 1991 г.	3,13	3,19	3,31	3,44
Отклонение	-0,26	-0,2	-0,08	+0,05
После второй ротации 2003 г	2,70	2,71	2,79	2,87
Отклонение	-0,69	-0,68	-0,60	-0,57
НСР ₀₅	0,58	0,59	0,59	0,62

После второй ротации севооборота на всех вариантах опыта содержание гумуса продолжало снижаться и достигло величин на контроле и при внесении одинарных, двойных и даже тройных доз 2,7; 2,71; 2,79; и 2,87 %. По сравнению с исходной величиной до закладки опыта уменьшение составило - 0,69-0,68 %. Следует отметить, что за вторую ротацию севооборота наблюдается снижение содержания гумуса, несмотря на то, что вся побочная продукция заделывалась в почву. Видимо, корневых и пожнивных остатков оказалось недостаточно для восполнения потерь гумуса в процессе их минерализации. Для сохранения и воспроизводства плодородия почв необходимо дополнительное внесение органических удобрений.

Таким образом, достоверно установлено, что только минеральные удобрения, вносимые в различных дозах и сочетаниях, не обеспечивают сохранение содержания гумуса в черноземе выщелоченном. Очевидно, в этих условиях корневые и пожнивные остатки полевых культур в севообороте не могут полностью компенсировать минерализацию гумуса в почве.

В целях совершенствования системы удобрения культур важным является вопрос о влиянии длительного применения минеральных удобрений на физико-химические свойства почвы. Внесение минеральных удобрений в различных дозах - 111, 222 и 333 под культуры полевого севооборота

привело к увеличению активной кислотности. После первой ротации севооборота рН водной вытяжки на варианте с внесением одинарных доз осталась практически без изменений, однако двойные и тройные дозы удобрений способствовали достоверному снижению - до 6,74 единиц рН_{H2O}. После второй ротации наблюдается дальнейшее уменьшению этого показателя. Активная кислотность повысилась на 0,25 единиц рН при повышенной дозе удобрений под культуры севооборота по отношению к контролю. Следовательно, активная кислотность увеличивается с увеличением доз вносимых удобрений (табл. 3).

Аналогично влияние минеральных удобрений на обменную кислотность. Значение рН_{KCl} уменьшалось в большей степени там, где больше была доза внесенных удобрений – с 6,56 до 6,51. После второй ротации наблюдается более существенное увеличение обменной кислотности. Разница на контрольном варианте составила 1,18 единиц рН, на вариантах 111, 222 и 333 соответственно – 1,29-1,38.

Таблица 3 – Изменение кислотности чернозема выщелоченного от применения минеральных удобрений

Вариант	рН _{H₂O}		рН _{KCl}		Нг, мг-экв/100г	
До ротации	6,8		6,62		1,73	
Ротации севооборота	I	II	I	II	I	II
000	6,79	6,68	6,56	5,38	1,74	1,92
111	6,77	6,49	6,52	5,23	1,74	2,27
222	6,74	6,43	6,52	5,23	1,74	2,45
333	6,74	6,43	6,51	5,13	1,75	2,80
НСР ₀₅	0,04	0,09	0,04	0,10	0,09	0,27

Во вторую ротацию севооборота обменная кислотность возростала более высокими темпами, чем в первую. Так в максимально удобряемом варианте 333 обменная кислотность увеличилась на 0,25 единиц рН, а в первой – только на 0,05.

Гидролитическая кислотность почвы после первой ротации севооборота достоверно не изменилась. Проявление тенденции подкисления почвы в начале исследований от применения минеральных удобрений связано с тем, что почва имела изначально низкую кислотность, а чем она ниже, тем выше ее буферность и тем больше она противостояла подкисляющему действию удобрений.

Во второй ротации севооборота гидролитическая кислотность повышалась и прямо пропорционально зависела от доз удобрений. На контроле она составляла 1,92 мг-экв/100 г. почвы. Одинарные, двойные и тройные дозы полного минерального удобрения повышали ее соответственно на 18 %, 27 и 45 %.

Увеличение всех видов кислотности почвы негативно отразилось на показателях ее поглощающего комплекса (табл.4).

Таблица 4 – Влияние минеральных удобрений на сумму поглощенных оснований, емкость катионного обмена и степень насыщенности основаниями чернозема выщелоченного

Вариант	S _{по} ,		Т,		V,	
	мг-экв/100г				%	
До ротации	40,2		42,0		95,9	
Ротации севооборота	I	II	I	II	I	II
000	37,7	32,4	39,5	34,3	95,6	94,4
111	37,7	31,2	38,5	33,4	95,4	93,2
222	37,0	29,2	38,7	31,7	95,6	92,3
333	36,8	28,8	38,5	31,6	95,5	91,2
НСР ₀₅	0,8	1,1	0,7	0,8	0,8	1,1

Сумма поглощенных оснований чернозема выщелоченного за изучаемый период снизилась. Если до ротации севооборота этот показатель был равен 40,2 мг-экв/100 г почвы, то на варианте с тройными дозами полного удобрения после первой ротации севооборота уменьшилась на 3,4 мг-экв/100 г почвы, а после второй ротации еще на 8,

то-есть на 11,4 мг-экв за две ротации. Причем, темп снижения суммы поглощенных оснований во времени возрастал и был пропорционален количеству вносимых удобрений. Уменьшение суммы поглощенных оснований влечет за собой уменьшение емкости катионного обмена. В исходной почве этот показатель был равен 42,0 мг-экв/100 г почвы, после первой ротации $S_{по}$ составила 39,5 мг-экв/100 г почвы на контроле и дальнейшее более существенное понижение до 38,5-38,7 мг-экв на 100 г от внесения удобрений в 111, 222 и 333 дозах. К концу второй ротации отмеченное ранее снижение емкости катионного обмена продолжается и достигает 31,6 мг-экв/100 г почвы. Естественно, что степень насыщенности почвы основаниями также снижается. За первую ротацию севооборота этот показатель изменился с 95,9 % до 95,4-95,6 %, то есть проявилась явная тенденция уменьшения. За вторую ротацию достоверно установлено ее уменьшение на 4,7 % или до 91,2 % от исходного состояния.

Полученные нами данные показывают, что в длительном стационарном опыте на черноземе выщелоченном о систематическое применение минеральных удобрений изменяет на содержание гумуса, кислотность и показатели почвенного поглощающего комплекса и однозначно свидетельствуют о развитии деградиционных процессов в данной почве.

Известно, что процессы количественного и качественного изменения гумуса, активной и потенциальной кислотности, суммы поглощенных оснований, емкости катионного обмена, степени насыщенности основаниями и ряд других взаимосвязаны. В нашем случае одностороннее внесение минеральных удобрений в большинстве своем физиологически кислых солей способствовало увеличению кислотности почвы. Одновременно подкисление и дегумификация из-за недостатка

корневых и пожнивных остатков и невнесения органических удобрений изменили процесс гумусонакопления в сторону образования наиболее мобильных его фракций, имеющих к тому же сильноокислую реакцию и "стекающих" по профилю в нижние горизонты (показано на этих же черноземах работниками КНИИСХ). Эти совместно протекающие процессы усиливают друг друга и всегда сопровождаются декальцированием и снижением буферной способности почв, которая тем выше, чем больше в ней немобильных нейтральных гуминовых кислот и кальция. Совместно эти процессы имеют нарастающий характер. Именно поэтому к концу второй ротации резко возрастает не только кислотность, но и дегумификация чернозема.

Емкость катионного обмена и суммы поглощенных оснований почв зависят от количества содержащихся в ней гуминовых кислот, обладающих высокой поглотительной способностью и поглощенных щелочно-земельных катионов кальция в первую очередь. Поэтому в нашем эксперименте одновременно с дегумификацией и повышением кислотности отмечено уменьшение емкости катионного обмена и суммы поглощенных оснований.

Содержание в почве азота, фосфора и калия в черноземе выщелоченном зависит от многих факторов, но важнейшим является применение удобрений. Знания об их количестве необходимы для правильного регулирования пищевого режима почвы, а, следовательно, и обеспечения растений элементами питания в течение всей вегетации с учетом критических периодов их роста и развития.

В этой связи было необходимо определить содержание минерального азота, подвижного фосфора и обменного калия в черноземе выщелоченном в зависимости от длительного применения минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры в полевом севообороте.

После второй ротации севооборота количество минерального азота в почве увеличилось во всех удобренных вариантах опыта (табл. 5). Так, если на контроле (000) этот показатель составил в 0-20 см слое почвы 2,8 мг/100 г, то в варианте с внесением двойной (222) и тройной доз (333) полного удобрения наблюдается достоверное увеличение содержания минерального азота на 0,7 и 0,9 мг/100 г почвы соответственно. Одностороннее действие двойной нормы азотного удобрения (200) так же привело к увеличению содержания минерального азота на 0,6 мг/100 г в сравнении с контролем. Фосфорные (020) и калийные удобрения (002) не оказывали, как следовало предполагать, существенного влияния на содержание минерального азота. То же можно отнести и к варианту с внесением единичной нормы полного удобрения (111), где минеральные удобрения пополняли запасы азота доступного для растений в недостаточной степени.

Аналогичные изменения по содержанию элементов минерального питания наблюдаются и в 20-40 см слое почвы. Из полученных данных очевидно, что с увеличением доз вносимых удобрений улучшается уровень азотного питания в почве.

Таблица 5 – Содержание минерального азота, подвижного фосфора и обменного калия в черноземе выщелоченном в зависимости от доз и сочетаний применяемых удобрений, мг/100 г (исследования 2002-2003 гг.)

Вариант	Слой почвы, см	(N-NO ₃ + N-NH ₄)	P ₂ O ₅	K ₂ O
000	0-20	2,8	13,1	28,5
	20-40	2,6	12,6	24,7
200	0-20	3,3	13,3	30,0
	20-40	3,1	12,7	25,3
020	0-20	3,0	15,0	29,7
	20-40	2,7	14,1	25,1
002	0-20	2,9	13,2	31,8

	20-40	2,6	12,7	27,8
111	0-20	3,1	13,9	31,0
	20-40	2,8	13,1	27,3
222	0-20	3,5	15,4	32,6
	20-40	3,2	14,4	29,0
333	0-20	3,7	16,2	34,0
	20-40	3,4	14,9	29,9

Сельскохозяйственными культурами потребляется большое количество азота, которое отчуждается из почв с их урожаем. Компенсировать это количество азота возможно систематическим применением удобрений. Исследования по длительному применению удобрений в севообороте показали, что содержание подвижного азота повышается и благодаря этому формируется высокая урожайность выращиваемых культур. После второй ротации севооборота количество общего азота в почве всех удобренных вариантах опыта выше, чем на неудобренной почве (табл. 6). Так, если на контроле этот показатель составил в 0-20 см слое почвы 1473 мг/кг почвы, на вариантах с внесением двойной (222) и тройной доз (333) полного удобрения произошло его увеличение на 321 и 403 мг/кг соответственно. Одностороннее внесение двойной дозы азотного удобрения (200) так же привело к увеличению содержания общего азота на 178 мг/кг в сравнении с контролем.

Таблица 6 – Азотный режим чернозема выщелоченного, мг/кг (2002-2003 гг.)

Вариант	Глубина, см	Общий азот	Минеральный	Легкогидролизуемый	Трудногидролизуемый	Негидролизуемый
000	0-20	1473	28	48	181	1217
	20-40	1312	26	29	155	1102
200	0-20	1651	33	56	202	1360
	20-40	1476	31	41	177	1227
020	0-20	1557	30	49	184	1295
	20-40	1349	27	34	168	1120
002	0-20	1525	29	48	183	1265
	20-40	1338	27	34	166	1112
111	0-20	1634	31	51	202	1351

	20-40	1402	28	36	178	1160
222	0-20	1785	35	60	228	1462
	20-40	1520	32	43	183	1262
333	0-20	1886	37	63	241	1546
	20-40	1598	34	44	200	1320
НСР ₀₅	0-20	158	4	6	37	-
	20-40	90	4	6	27	-

Действие фосфорных и калийных удобрений, а также единичной дозы полного удобрения не оказало существенного влияния на содержание общего азота в почве. Содержание общего азота в почве с увеличением глубины снижается, что характерно для всех его форм. Вероятно, это происходит прежде всего за счет снижения количества гумуса.

Непосредственным источником питания растений является минеральный азот. Определение содержания минеральной формы азота в почвенных образцах показало, что его количество в 0-20 см слое почвы существенно увеличивается при использовании азотного удобрения в двойной дозе (200), а так же полного удобрения в двойной (222) и тройной (333) дозах.

Нитраты, находясь в почвенном растворе, частично не поглощаются коллоидами, поэтому быстро мигрируют по профилю почвы. Возможно, с этим, а также с процессами денитрификации и иммобилизации, и связано низкое содержание минерального азота в почве варианта 000. Одинарные нормы полного удобрения не способствовали сохранению прежнего количества минерального азота. В 20-40 см слое почвы происходят аналогичные изменения в отношении содержания этой формы азота.

После второй ротации севооборота количество легкогидролизуемой формы азота в 0-20 см слое почвы при внесении полного удобрения в двойных (222) и тройных нормах (333) значительно выше, чем на контроле. На содержание легкогидролизуемого азота в почве в условиях севооборота значительное влияние оказали азотные удобрения, фосфорные

и одинарные дозы полного удобрений его содержание повышали несущественно, калийные - не оказали практического влияния. Незначительное его количество в почве вариантах 000 200 и 111, по-видимому, связано с поглощением растениями этой формы азота, где невысокие дозы удобрения не пополняли его запасы, либо пополняли в недостаточной степени.

Значительное увеличение содержания в 0-20 см слое почвы трудногидролизуемого и негидролизуемого азота по сравнению с контролем произошло при использовании полного удобрения в двойной (222) и тройной (333) дозах. Последствие азотных (200), фосфорных (020) и калийных удобрений (002) в двойной дозе, а так же полного минерального удобрения в единичной дозе (111) оказало меньшее влияния на содержание трудногидролизуемого азота в почве. Аналогичные изменения в содержание изучаемых форм азота происходили и в подпахотном 20-40 см слое почвы.

Таким образом, сравнивая фракционный состав азота фонда почвы по вариантам, следует отметить, что действие длительного применения азотных удобрений в двойной дозе, а так же полного удобрения в двойной и тройной дозах оказало заметное последствие, за счет которого увеличивается содержание общего азота и всех его форм.

Из полученных данных видно, что во второй ротации севооборота на всех вариантах опыта содержание подвижного фосфора в почве выше, чем на контроле, но наибольшее его количество наблюдается в вариантах 020, 222 и 333. Если на контроле содержание подвижного фосфора составляло в 0-20 см слое почвы 13,1 мг/100 г, то в вышеперечисленных вариантах этот показатель достоверно повысился на 1,9 мг/100 г, 2,3 и 3,1 мг/100 г почвы соответственно. Несколько ниже результаты в варианте с внесением единичной (111) дозы полного удобрения, но это увеличение недостоверно. Действие азотных и калийных удобрений в двойной дозе практически не

повлияло на содержание подвижного фосфора в пахотном 0-20 см слое почвы. В 20-40 см слое почвы содержание подвижного фосфора изменяется аналогично изменениям в верхнем слое.

Анализ данных по последствию минеральных удобрений на содержание подвижных фосфатов в почве подтверждает вывод, сделанный Э.И. Шкоде о том, что в чернозёме не использованные в год внесения фосфаты не превращаются в недоступные, а длительное время остаются в усвояемой форме. С увеличением доз удобрений улучшается фосфатный режим почвы.

Несмотря на высокое валовое содержание, калий находится в почвах, главным, образом в нерастворимой, неусвояемой растениями форме, хотя в целом доступного калия во всех почвах больше, чем азота и фосфора. Валового калия чернозёмы Кубани в пахотном слое содержат около 2 %. Основным фондом, из которого растения, прежде всего, потребляют этот элемент, являются его водорастворимые и обменные формы. После второй ротации севооборота увеличение содержания обменного калия в почве отмечено в вариантах с внесением двойной дозы калийного удобрения (002), а так же полного удобрения в единичной дозе (111), двойной (222) и тройной дозах (333). Что же касается вариантов с односторонним внесением азотных (200) и фосфорных (020) удобрений, действие их удобрений не оказало существенного влияния на изменение содержания обменного калия в почве.

Таким образом, на чернозёме выщелоченном длительное применение двойных доз азотных, фосфорных и калийных удобрений, а также полного удобрения в двойной и тройной дозах, оказывает существенное положительное влияние на содержание одноименных элементов минерального питания.

Дозы удобрений под любую сельскохозяйственную культуру нельзя считать установленными раз и навсегда. Результаты опытов и исследований позволяют

говорить об оптимальных дозах удобрений под культуру только применительно к конкретным экологическим условиям ее возделывания на определенном отрезке времени.

Средняя урожайность зеленой массы люцерны 1-го и 2-го года на естественном уровне плодородия составила соответственно 88,5 и 115,1ц/га. Двойные дозы азотных удобрений и полное удобрение в одинарной дозе не способствовали увеличению урожайности зеленой массы люцерны. Фосфорные и калийные удобрения в двойной дозе существенно повышали урожайность зеленой массы люцерны 1-го года до 128,4-136,1 ц/га. Достоверная прибавка получена от применения двойных и тройных доз полного удобрения. Урожайность зеленой массы люцерны 2-го года максимальна на вариантах с одинарной дозой полного удобрения, прибавка по отношению к контролю – 35,5 ц/га. Несколько ниже прибавка от тройной дозы полного удобрения – 33,3 ц/га. Двойная доза полного удобрения видимо за счет значительного выноса элементов питания с урожаем зеленой массы люцерны первого года дали заметно ниже прибавку во втором году, которая составила 29,8 ц/га.

Ячмень – одна из важнейших кормовых, технических и продовольственных культур. Из зерновых он наиболее требователен к элементам питания, поэтому очень важно, чтобы растения были обеспечены в полной мере доступными питательными веществами с самого начала их развития.

Таблица 7 - Средняя урожайность культур полевого севооборота второй ротации, ц/га

Культура	Вариант							НСР ₀₅
	000	200	020	002	111	222	333	
Люцерна 1 год	88,5	92,6	128,4	136,1	98,4	155,6	141,3	8,9
Люцерна 2 год	115,1	133,9	142,5	132,1	150,6	144,9	148,4	21,3
Озимая пшеница	55,1	56,2	60,3	55,2	59,6	56,9	56,6	4,8

Озимый ячмень	34,2	44,4	30,6	34,8	41,1	49,0	55,0	4,9
Подсолнечник	18,3	23,5	21,0	20,4	20,2	23,9	22,9	2,6
Озимая пшеница	34,9	39,3	33,9	34,9	37,8	41,2	44,3	5,1
Соя	12,5	15,7	15,0	12,8	15,6	17,5	19,0	2,2
Озимая пшеница	55,6	76,5	60,2	59,6	68,1	77,6	80,0	5,8
Сахарная свекла	270,0	287,0	280,0	282,0	329,0	386,0	392,0	53,4
Кукуруза/зерно	40,2	53,7	51,3	43,1	59,7	68,1	72,6	7,3
Яровой ячмень + люцерна	76,0	87,3	80,6	80,1	83,8	92,5	95,4	9,2

На основе полученных данных о влиянии доз и соотношений элементов питания на урожайность озимого ячменя можно сделать выводы, что азотные N_{80} и калийные K_{40} удобрения в двойной дозе положительно повлияли на урожайность. Достоверная прибавка зерна озимого ячменя соответственно – 4,7-4,0 ц/га. Фосфорные удобрения, внесенные в той же дозе, не дают повышения урожайности, а отмечается ее снижение.

Одинарные дозы полного удобрения дают практически такую же урожайность, как и двойные дозы азота. Двойные дозы полного удобрения достоверно увеличивают урожай ячменя до 49,4 ц/га. Максимальная урожайность - при тройных дозах полного удобрения. Зерно озимого ячменя, выращенное на этом варианте, имеет наилучшую выполненность (638 г) и массу тысячи зерен (40,1 г) по сравнению с предыдущими вариантами.

Подсолнечник – важнейшая масличная культура России, широко возделывается в полевых севооборотах Западного Предкавказья. Увеличение производства семян подсолнечника можно осуществлять за счёт совершенствования элементов технологии его выращивания, важнейшим из которых является рациональное применение удобрений.

Рекомендуемая система удобрения под подсолнечником в Краснодарском крае предусматривает внесение $N_{40-60}P_{60}$ под основную обработку почвы или локально при севе $N_{20}P_{30}$. Однако эти нормы далеко

не полностью удовлетворяют потребности новых районированных сортов подсолнечника и не всегда учитывают особенности почв.

Поэтому необходимо учитывать эффект от удобрений только на основании результатов многолетних полевых опытов, в которых строго выдерживается севооборот.

Исследования показали, что минеральные удобрения активизируют накопление сухого вещества растениями подсолнечника. Наибольшее действие на этот показатель оказывают азотные удобрения, меньше – фосфорные и минимальное – калийные. Максимальное накопление сухой массы растениями подсолнечника наблюдается при внесении полного удобрения $N_{40}P_{60}K_{40}$.

Контроль за динамикой содержания общего азота в растениях подсолнечника позволяет нам проследить за потреблением и перераспределением его в различных органах.

Накопление азота в семенах подсолнечника зависело от вносимых удобрений. Наибольшее действие здесь оказали азотное и полное удобрения.

Минеральные удобрения способствовали более интенсивному потреблению фосфора растениями подсолнечника и накоплению его в семенах. Максимальное содержание фосфора в семенах (2,3%) оказалось в варианте с внесением полного удобрения $N_{40}P_{60}K_{40}$.

Подсолнечник является калиелюбивой культурой и потребляет его в значительно большем количестве, чем азот и фосфор. Экспериментальные данные по содержанию калия в растениях по фазам вегетации показали, что его количество в течение вегетации подсолнечника закономерно снижается. Самым высоким оно было в фазу всходов – 5,4 - 7,3%.

Внесение минеральных удобрений оказало неоднозначное действие на поглощение и накопление калия растениями. В фазу цветения в листьях всех удобренных вариантов содержание его было выше, чем на контроле.

В период уборки подсолнечника повышенным содержанием калия по сравнению с контролем отличались стебли. В корзинках и семенах содержание калия было практически одинаковым во всех вариантах опыта. В целом можно считать, что минеральные удобрения не оказали значительного влияния на поглощение и накопление калия растениями подсолнечника.

Урожайность подсолнечника и влияние удобрений на его формирование в значительной мере зависела от климатических условий.

В среднем за три года лучшими вариантами были N_{40} , $N_{40}P_{60}K_{40}$, $N_{60}P_{90}K_{60}$. Урожайность подсолнечника в этих вариантах составила соответственно 22,5, 23,9 и 23,5 ц/га, что на 5,2 и 5,6 ц/га выше, чем на контроле. Лимитирующим фактором формирования урожая на черноземе выщелоченном являются азот и азотные удобрения дают максимальный эффект.

Таким образом, в условиях длительного применения удобрений на выщелоченном черноземе под подсолнечник, возделываемый в севообороте после озимого ячменя, достаточно внесения N_{40} под зяблевую вспашку.

Использование в полевых севооборотах азотфиксирующей культуры - сои - рационально и является весьма актуальным с целью последующего снижения применения азотных удобрений, биологизации земледелия, сохранения и повышения почвенного плодородия за счет этой почвоулучшающей культуры.

В условиях полевого севооборота при внесении минеральных удобрений под сою улучшается обеспеченность в 0-40 см слое почвы усвояемыми формами азота, фосфора и калия в течение всего ее периода вегетации. Максимальное содержание аммонийного азота в почве - 13,3 мг/кг и нитратного 10,7 мг/кг отмечено в фазу цветения и начала бобообразования, фосфора и калия в период всходов при внесении

$N_{60}P_{120}K_{60}$. Содержание аммонийного азота в почве зависит в большей степени от азотных и фосфорных удобрений. Доля их влияния 55 % и 16 % соответственно. Причем, каждая доза азота (N_{20}) увеличивает содержание $N-NH_4$ в фазу всходов на 0,95 мг/кг, в фазу цветения и бобообразования - 1,03 мг/кг почвы и на 0,38 мг/кг - в фазу полной спелости. Содержание нитратного азота в 0-40 см слое почвы значительно выше, чем аммонийного на протяжении всего периода вегетации сои. Прослеживается закономерность по всем годам: количество $N-NO_3$ в фазу всходов повышается к цветению и началу бобообразования, к фазе полной спелости снижается. К концу вегетации сои отмечается накопление этой формы азота в почве. Высокие коэффициенты корреляции ($R= 0,822 - 0,912$) говорят о достоверной эффективности вносимых удобрений в дозе $N_{60}P_{120} K_{20}$; $N_{60}P_{120} K_{60}$.

На посевах сои к фазе полной спелости семян повышается содержание подвижного фосфора в почве по всем вариантам опыта, но больше всего это наблюдаем при применении двойной дозы фосфорных удобрений и двойной и тройной дозы полного удобрения. Полное удобрение способствует максимальному повышению содержания фосфора в почве до 138,3 мг/кг. Содержание подвижного фосфора в почве согласно уравнению производной функции в период от всходов до цветения и начала бобообразования зависело только от доз фосфорных и азотных удобрений, а в фазу полной спелости еще и от калийных.

Среди трех вносимых элементов питания с удобрениями обеспеченность растений калием определяют калийные. Повышение содержания обменного калия в пахотном слое почвы к фазе полной спелости семян сои на вариантах $N_{40}P_{80}K_{40}$ и $N_{60}P_{120}K_{60}$ составило в среднем за три года исследований 206 мг/кг и 191,0 мг/кг.

В условиях вегетационного опыта наиболее эффективными формами минеральных удобрений, где создаются оптимальные почвенные условия,

является аммиачная селитра и карбамид. Содержание N-NH₄ и N-NO₃ здесь максимально и составляет фон (PK)+ Na- 3,0-3,4 мг/100 г и фон (PK)+ N- 5,0-6,2 мг/100 г сухой почвы. Внесение аммофоса и диаммофоса увеличивало содержание подвижного фосфора до 11,9- 12,6 мг/100 г; что на 59% выше контроля. Существенное влияние на повышение содержания обменного калия в почве оказало внесение сульфата аммония и карбамида.

В условиях чернозема выщелоченного оптимальные соотношения азота, фосфора и калия для питания растений наблюдалось в почве при внесении N₆₀P₁₂₀K₆₀. При этом складываются благоприятные условия для образования максимального количества клубеньков на корнях растений сои - 42 шт/раст. Повышенные дозы азота способствовали снижению их количества до 16 шт/раст.

Представляет интерес влияние различных форм минеральных удобрений на количество клубеньков на корнях сои, как важного показателя интенсивности фиксации атмосферного азота. В вегетационных исследованиях, вносимые различные формы азотных удобрений под сою снижали количество образовавшихся клубеньков на ее корнях до 9,4 шт/раст., тогда как на варианте с естественным уровнем плодородия количество клубеньков в пересчете на одно растение составило 12,6 шт/раст.. Положительное действие на формирование клубеньков оказало внесение аммофоса, диаммофоса и двойного суперфосфата (22 шт/раст.). Все изучаемые формы минеральных удобрений повышали содержание азота, фосфора и калия в растениях сои, но наибольшее их количество было в растениях, выращенных с применением карбамида и аммонийной селитры на фосфорно-калийном фоне. Различные формы азотного, фосфорного и калийного удобрения оказывали существенное влияние на формирование урожая. Из азотных удобрений наиболее эффективным было внесение карбамида, аммиачной селитры; из фосфорных аммофоса и диаммофоса, из калийных – хлор не содержащие.

В полевых исследованиях под воздействием удобрений улучшался питательный режим чернозема выщелоченного, улучшались условия минерального питания, что приводило к увеличению накопления сухого вещества растениями. Величина этого показателя максимальна в фазу цветения-начала бобообразования и составляет более 70 ц/га при внесении $N_{60}P_{120}K_{60}$. На содержание и динамику поступления питательных веществ в растения сои оказали значительное влияние вносимые удобрения. Наибольшее содержание азота в семенах сои 6,84% было при внесении $N_{60}P_{120}K_{60}$. Связь между содержанием азота в растениях сои и внесенными удобрениями наиболее четко прослеживается в фазу цветения начала бобообразования ($R=0,843$), уравнения производной функции показывают, что среди трех вносимых удобрений, азотные оказывали наиболее устойчивое влияние на содержание азота в растениях и зерне сои во все фазы ее роста и развития. Вносимые удобрения устойчиво повышали содержание фосфора в растениях во все годы исследований, а в зерне азотно-фосфорные. Под влиянием вносимых удобрений содержание калия в растениях сои повышается на всех вариантах и, особенно в фазу всходов, где отмечено наибольшее его количество 3,17 %.

Полное удобрение в двойной дозе увеличивало поступление азота в растения сои с 234,9 кг/га до 410,7 кг/га. Потребление растениями фосфора здесь было значительно ниже, чем азота и за весь период вегетации его поступило около 100 кг/га. Максимальное накопление калия наблюдалось при внесении $N_{60}P_{120}K_{60}$. Потребление элементов минерального питания растениями сои происходило на протяжении всей ее вегетации. Однако, наибольшее их количество поступает в растения в первую половину вегетации сои. Количество потребляемых элементов соей различное и изменяется в зависимости от их содержания в почве. В фазу всходов - 3-4 %, цветения - бобообразования - 54-65 %, полной спелости - 32-46 %.

В среднем за три года исследований двойная доза полного минерального удобрения - $N_{60}P_{120}K_{60}$ позволила получить максимальную урожайность 19,0 ц/га, хотя в благоприятные по погодным условиям годы она поднималась свыше 23 ц/га. На основании результатов исследований прослеживается высокая корреляционная зависимость между содержанием подвижных элементов минерального питания в почве и урожаем сои ($R=0,75 - 0,970$). В условиях Западного Предкавказья на черноземах выщелоченных вынос азота с урожаем сои зависит в основном от уровня азотного питания и несколько меньше от фосфорного и значительно меньше от калийного. На вынос фосфора оказывает влияние азотно-фосфорные удобрения, а на вынос калия-азотные, калийные и незначительно фосфорные. Результаты регрессионного анализа данных по выносу азота, фосфора и калия показывают, что каждая вносимая доза N_{20} повышала вынос азота с урожаем на 11 кг/га, каждая P_{40} - на 3,4 кг/га. Прослеживается положительное действие на урожайность сои и калийного удобрения.

Таким образом, проведенные исследования в зоне недостаточного увлажнения Краснодарского края в критические периоды роста и развития сои на черноземе выщелоченном позволили установить, что существует высокая корреляционная зависимость между показателями содержания наиболее дефицитных элементов питания в почве ($N - NH_4$; $N - NO_3$; P_2O_5 и K_2O) и количества их в растениях по фазам вегетации сои ($R=0,822 - 0,912$). Установлено, что для оптимизации питания растений сои необходимо вносить $N_{60}P_{120}K_{60}$ или $N_{60}P_{120}K_{20}$. Это позволит повысить урожайность этой культуры более, чем на 50 % прибавки урожайности, увеличит содержание белка в зерне с 33,7% до 42,8%.

В исследованиях по определению действия минеральных удобрений на продуктивность озимой пшеницы, возделываемой после сои, заметное влияние оказали и погодные условия, которые складывались по разному.

В 1999 г. недостаток влаги и повышенный температурный режим неблагоприятно сказались на формировании урожая озимой пшеницы, однако в опыте был получен хороший урожай. Даже на контроле, где удобрения не вносились уже 17 лет, он составил 45,8 ц/га. Такая высокая урожайность обуславливается, главным образом, влиянием предшественника – сои.

Внесение удобрений значительно повысило урожайность озимой пшеницы. Наименьшее влияние на урожайность в 1999 г. оказали фосфорные и калийные удобрения. При внесении фосфорных удобрений в дозе P_{60} урожайность составила 53,6 ц/га, K_{40} – 53,3 ц/га, а полученная по сравнению с контролем прибавка в этих вариантах составила соответственно 7,8 и 7,5 ц/га. Внесение двойной дозы азота повысило урожайность до 66,0 ц/га, при этом прибавка урожая составила 20,2 ц/га. Полное удобрение в двойной дозе $N_{80}P_{60}K_{40}$ не имело преимущества перед внесением одного азотного удобрения, полученная прибавка в этом варианте составила 20,9 ц/га, при урожайности озимой пшеницы 66,7 ц/га. Единичная доза полного удобрения $N_{40}P_{30}K_{20}$ была менее эффективна.

В 2000 и 2001 гг. сложились более благоприятные условия увлажнения по сравнению с 1999 г., что способствовало формированию более высокого урожая и на контроле было получено 67,4 и 54,5 ц/га озимой пшеницы. При хороших условиях увлажнения в 2000 и 2001 гг. калийные удобрения не оказали влияния на урожайность озимой пшеницы. В благоприятные по увлажнению годы, вероятно происходила мобилизация почвенного калия и внесение калийных удобрений оказалось неэффективным, тогда как в засушливые годы калийные удобрения обеспечивали заметную прибавку урожая.

Как и в 1999 г. наибольшее влияние на урожайность озимой пшеницы в 2000 и 2001 гг. оказало внесение азотного и полного удобрения в двойной дозе. Внесение двойной дозы азотных удобрений дало в 2000 прибавку 11 ц/га

г. и в 2001 г. 26,3 ц/га. В среднем за три года в опыте урожайность озимой пшеницы, колебалась по вариантам от 55,6 до 77,6 ц/га. Единичные дозы минеральных удобрений дали дополнительно с 1 га 12,5 ц, а двойные дозы – 22 ц зерна. Дальнейшее увеличение дозы минеральных удобрений до тройных оказалось малоэффективным. Здесь прибавка урожая составила 24,4 ц/га по сравнению с контролем и 2,4 ц/га по сравнению с двойной дозой удобрений.

Наибольшее действие на формирование урожая озимой пшеницы оказали азотные удобрения. Внесение только азотных удобрений N_{40} с осени и N_{40} в начале выхода в трубку дало дополнительно в разные годы от 11 до 26,3 ц/га. В среднем за 3 года исследований прибавка урожайности в этом варианте составила 20,9 ц/га, что на 37,6 % выше, чем на контроле.

Добавление фосфора и калия к азотным удобрениям не привело к дальнейшему росту урожайности. Увеличение доза азота до 120 кг/га д. в. также не привело к дальнейшему повышению урожайности озимой пшеницы.

Действие удобрений на величину урожая зерна озимой пшеницы несколько отличалось по годам проведения исследований, однако анализ уравнений производной функций, составленной по результатам регрессивного анализа показывает, что определяющее значение в повышении урожайности озимой пшеницы имеет азотное удобрение.

Действие фосфорных и калийных удобрений на урожайность озимой пшеницы значительно слабее, чем азотных и результирующая кривая также имеет затухающий характер.

Если исключить несущественные члены уравнения, то в среднем за три года производная функция урожайности озимой пшеницы примет упрощенный вид: $Y = 56,9 + 13,28N - 2,07N^2$, где однозначно отмечается ведущая роль азотных удобрений в формировании урожая озимой пшеницы.

Содержание белка является определяющим показателем качества зерна озимой пшеницы. Белковость зерна и качество клейковины – признак наследственный и в большей степени зависит от сорта, но под воздействием агротехнических приемов колебания могут достигать до 10 %.

Результаты наших исследований показали, что погодные условия отразились на накоплении белка в зерне озимой пшеницы .

Период 1998-1999 гг. характеризовался засушливыми условиями и повышенным температурным режимом, что неблагоприятно сказалось на качестве зерна озимой пшеницы. Погодные условия 1999-2001 гг. были более благоприятными и способствовали накоплению белка в зерне.

В целом в опыте содержания белка в зерне пшеницы было высоким. Многими исследованиями показано, что белковость зерна зависит от предшественника, причем наилучшие результаты наблюдаются после бобовых культур. В условиях опыта озимая пшеница возделывалась после сои, что обеспечивало накоплению большого количества белка в зерне. Только на контроле, где удобрение не вносятся с 1981 г. пшеница по содержанию белка в зерне не относится к категории сильной пшеницы (<14%). Таким образом, без применения удобрения даже после сои невозможно получить зерно с оптимальным содержанием белка.

Внесение минеральных удобрений оказало существенное влияние на накопление белка в зерне озимой пшеницы, причем белковость зерна находится в прямой зависимости от доз вносимых удобрений. Так, если внесение единичной дозы полного удобрения повысило содержание белка в зерне в среднем за 3 года с 13,7 до 14,8%, то двойной и тройной дозы – до 17,7 и 17,9% собственно.

Регрессионный анализ данных по содержанию белка в зерне показывает наличие тесной ($r=0,89$) корреляционной зависимости этого показателя от видов, доз и сочетания минеральных удобрений. Результаты наших исследований подтверждают первостепенное значение азотных

удобрений в накоплении белка в зерне озимой пшеницы. Доля влияния их составила в среднем за 3 года исследований 32,8%. На втором по значимости месте с долей влияния 5,8% было действие фосфорных удобрений.

Влияние калийных удобрений на накопление белка в зерне озимой пшеницы в среднем за 3 года исследований было незначительным. Следует отметить, что положительное влияние калия мы наблюдали в засушливых условиях 1999 г., здесь доля влияния составила 6,1 %. В 2000 г. действие калийных удобрений на накопление белка не проявлялось, а в условиях переувлажнения 2001 г. оно было даже отрицательным. Вероятно, это связано с тем, что при переувлажнении содержание доступного калия в почве увеличивается, так как необменный калий может переходить в обменную форму. Антагонизм калия и аммонийного азота может ухудшать условия азотного питания и снижать накопление белка.

Чаще всего качество зерна озимой пшеницы оценивают по содержанию сырой клейковины. Количество сырой клейковины в зерне колебалось от 24 до 29 %.

Довольно высокое содержание сырой клейковины в зерне на контроле, как мы уже отмечали, объясняется последствием предшественника. Внесение полного удобрения значительно повышало содержание клейковины в зерне.

В варианте с единичной дозой полного удобрения содержание клейковины по годам колебалось от 24,3 до 26% и составило в среднем за 3 года 25,2%, что на 1,2% выше, чем на контроле. Увеличение дозы полного удобрения способствовало накоплению клейковины, однако действие двойной и тройной дозы полного удобрения было практически одинаковым.

Наибольшее действие на накопление клейковины оказали азотные удобрения. Внесение двойной дозы азота (N_{80}) позволило получить сильное зерно с содержанием клейковины 28,2%. Фосфорные и калийные удобрения

несколько повышали содержание клейковины в зерне по сравнению с контролем, но их действие было значительно слабее, чем азота. Добавление фосфорных и калийных удобрений к азотным так же, не имело существенного влияния. Это подтверждается результатами регрессивного анализа данных по содержанию клейковины.

Доля влияния азотных удобрений на накопление клейковины составляет 23,3%, фосфорных – 12,1%. Калийные удобрения в разные годы оказывали неоднозначное действие, так в 1999 и 2000 гг. оно было положительным, а в 2001 г. – отрицательным. В среднем за три года исследований калийные удобрения в условиях опыта не оказали влияния на содержание клейковины в зерне озимой пшеницы.

Таким образом, в формировании урожая озимой пшеницы возделываемой после сои на выщелоченном черноземе Западного Предкавказья основная роль принадлежит азотным удобрениям ($Y = 56,9 + 13,28N - 2,07N^2$). С увеличением дозы азота урожайность увеличивается по затухающей кривой. Доля влияния азотных удобрений на урожайность озимой пшеницы составила 75%. По результатам трехлетних исследований наилучшим и самым экономичным вариантом под озимую пшеницу, возделываемую в севообороте на черноземе выщелоченном после сои, можно считать внесение N_{80} , где N_{40} вносится осенью под дискование и N_{40} поверхностно весной в начале выхода в трубку.

Показатели качества зерна озимой пшеницы зависят от видов, доз и сочетания минеральных удобрений. Первостепенное значение в накоплении белка и клейковины в зерне озимой пшеницы возделываемой на черноземе выщелоченном после сои принадлежит азотным удобрениям. Их доля влияния на эти показатели составляет 32,8 и 23,3% соответственно. Действие фосфорных удобрений на содержание белка и клейковины значительно слабее, чем азотных, а калийные удобрения

практически не влияли на качественные показатели зерна озимой пшеницы.

Сахарная свекла относится к культурам, хорошо отзываемым на удобрения. Поэтому оптимизация условий минерального питания растений путем совершенствования системы удобрения является актуальной проблемой в свекловодстве. Главное при разработке системы удобрения сахарной свеклы – это обеспечение растений подвижными формами элементов питания в течение их вегетации.

Самую трудную проблему в питании сахарной свеклы представляет определение требуемого ей количества азотного удобрения. Внесение малого количества азота ведет к недобору урожая, а слишком большие дозы снижают сахаристость корней, чистоту сока и выхода сахара (2). Следует учитывать и тот факт, что в настоящее время из-за растущих цен на минеральные удобрения, объемы их применения сократились, что сказалось на плодородии почвы и урожайности возделываемых культур. Поэтому установление оптимальных доз и сочетаний минеральных удобрений является актуальным. От рациональных доз, сочетаний и форм удобрений зависит количество и качество урожая, экономическая целесообразность их внесения.

Исследования по разработке наиболее эффективной системы удобрений сахарной свеклы в полевом севообороте были проведены в 2000 по 2002 г. Эффективность минеральных удобрений во многом определяется содержанием подвижных форм питательных веществ в почве, поэтому в задачу наших исследований входило изучение динамики содержания элементов питания в почве в течение вегетации сахарной свеклы.

Внесение минеральных удобрений значительно повлияло на динамику содержания доступных растениям форм азота, фосфора и калия. Максимальное их количество 28,1 - 32,9 мг/кг, 24,6 -26,1; 287,7 - 321,2 мг/кг соответственно содержится в начале вегетации растений при

внесении $N_{80}P_{80}K_{80}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$. К середине вегетации происходит значительное уменьшение содержания до 23,7 -23,2 мг/кг, 20,2 – 20,0, 149,5-186,8 мг/кг, а к уборке урожая содержание их минимальное – 12,1-14,4 мг/кг, 16,5-18,3, 124,7-163,0 мг/кг, что, несомненно, связано с интенсивным потреблением растениями сахарной свеклы элементов минерального питания для формирования вегетативных и репродуктивных органов.

Единичные дозы удобрений - $N_{40}P_{40}K_{40}$ не привели к изменению содержания элементов минерального питания по сравнению с естественным уровнем плодородия. Удобрения положительно повлияли на пищевой режим чернозема выщелоченного, что в конечном итоге отразилось на величине и качестве урожая корнеплодов сахарной свеклы.

Показателем качества сахарной свеклы является содержание сахара в её корнеплодах. Проведенные нами исследования показали, что внесение минеральных удобрений оказало значительное влияние и на этот показатель.

Применение на черноземе выщелоченном фосфорных P_{80} , калийных K_{80} удобрений и полной двойной $N_{80}P_{80}K_{80}$ и тройной $N_{120}P_{120}K_{120}$ доз минеральных удобрений повышали соответственно не только урожайность на 10 ц/га, 12, 116, 122 ц/га, но и увеличивали содержания сахара в корнеплодах на 0,9 %, 0,6, 0,8 %, что повышало сбор сахара соответственно на 3,9 ц/га; 3,3; 18,4; 19,3 ц/га.

Азотные удобрения, увеличивая урожайность сахарной свеклы на 17 ц/га, одновременно снижали содержание сахара в корнеплодах на 1 %, что ухудшало технологические свойства корнеплодов: в корнях накапливается избыточное количество азота, минерального фосфора и калия, снижается содержание сухого вещества. Внесение повышенной дозы - N_{80} и единичной - $N_{40}P_{40}K_{40}$ не только не повышает сахаристость сахарной свеклы, но в ряде случаев приводит к её снижению. Наилучшие

результаты получены в вариантах с внесением двойных и тройных доз азотных, фосфорных и калийных удобрений в равных сочетаниях. Эта закономерность прослеживается по всем годам исследований. Максимальная урожайность получена при внесении $N_{80}P_{80}K_{80}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$ удобрений и составила соответственно 386 и 392 ц/га. Сбор сахара в этих вариантах составляет 54 ц/га и 54,9 ц/га, что на 19 ц/га выше, чем на контроле.

Таким образом, внесение одних азотных, фосфорных или калийных удобрений под сахарную свеклу не привело к значительным изменениям урожайности и его качества. Внесение единичных доз азота, фосфора и калия дало прибавку урожайности 59 ц/га или 21% по сравнению с контролем. Однако в этом варианте снизилось содержание сахара в корнеплодах. Наилучшие результаты показали варианты с двойными и тройными дозами азота, фосфора и калия в равных сочетаниях. Здесь получена максимальная урожайность корнеплодов сахарной свеклы высокого качества (386 и 392 ц/га).

Учитывая окупаемость и экономическую эффективность вносимых удобрений, следует отметить, что наиболее целесообразным является внесение под сахарную свеклу на черноземе выщелоченном в условиях Западного Предкавказья полного минерального удобрения из расчета $N_{80}P_{80}K_{80}$.

Одним из важнейших факторов повышения урожайности и улучшения качества зерна кукурузы в Краснодарском крае является сбалансированное ее минеральное питание, которое можно достигнуть совершенствованием системы удобрения этой культуры.

Количество нитратного азота в почве на посевах кукурузы было наиболее высоким в начале вегетации, затем имело место постепенное снижение его содержания к фазе полной спелости зерна. Видимо, уменьшение $N-NO_3$ связано с интенсивным потреблением нитратов

растениями при наращивании вегетативной биомассы и снижением процесса нитрификации в связи с увеличением температуры и снижением влажности почвы к концу вегетации также. Тем не менее, разница в более высоком содержании N-NO₃ в вариантах, где применялись различные дозы минеральных удобрений и контролем, сохранилась на протяжении всей вегетации растений кукурузы.

Вносимые фосфорные удобрения в одинарной, двойной и тройной дозах под кукурузу значительно увеличивали количество подвижного фосфора в почве. Положительное влияние минеральных удобрений на динамику содержания подвижного фосфора в почве по фазам вегетации растений проявляется на протяжении всего вегетационного периода кукурузы. Однако различия между удобренными вариантами были в целом не существенными: содержание изменялось от 152,9 мг/кг в начале вегетации при внесении одинарной дозы до 172,6 мг/кг к фазе полной спелости зерна при внесении полного удобрения в тройной дозе.

Таким образом, динамика содержания подвижного фосфора в почве под посевами кукурузы характеризуется стабильностью. Отмечается лишь небольшое уменьшение его содержания к концу вегетации, что можно объяснить большим его потреблением растениями и переходом части подвижных форм фосфора в менее доступные соединения в почве, связанные с его химическим поглощением.

Как и в случае с азотом и фосфором, характер динамики содержания обменного калия в почве на всех вариантах опыта был идентичен и содержание зависело от количества вносимых удобрений. Наилучшие условия калийного питания в течение всей вегетации кукурузы были при применении полного удобрения в двойных и тройных дозах. Обеспеченность почвы обменным калием изменялась от низкой на контроле до средней при внесении двойных и тройных доз минеральных удобрений.

Вносимые минеральные удобрения изменяли содержание наиболее дефицитными элементами питания в почве, что обеспечивало благоприятные условия минерального питания растений и оказывало заметное влияние на содержание азота, фосфора и калия в растениях кукурузы.

По содержанию азота, обнаруженном в растениях, можно заключить, что максимальное количество этого элемента наблюдалось в фазу цветения кукурузы. К полной спелости зерна оно было минимальным. Если в варианте без применения удобрений в зерне содержалось 2,1 % азота, то на удобренных оно повышается до 3,5 %. Различия в содержании азота в зерне между контролем и удобренными вариантами незначительны: 1,5–1,9 %, тогда как в вегетативных органах растения содержание этого элемента изменяется от 0,26 до 0,75 %.

Содержание фосфора в растениях кукурузы по фазам вегетации так же зависит от условий питания. В фазу цветения растений наблюдается значительный разрыв в содержании этого элемента между контролем, одинарными и двойными дозами удобрений - 0,2–0,56 %. Максимальное количество фосфора обнаружено в зерне кукурузы на вариантах с применением $N_{60}P_{60}K_{40}$ и $N_{90}P_{90}K_{60}$.

Обнаруженное в начале вегетации содержание калия в растениях снижается к полной спелости. В период всходов его количество было максимальным 3,9–5,9 %. К фазе цветения растений различия в содержании этого элемента между вариантами незначительны - 1,1–1,6 %. К уборке урожая кукурузы содержание калия в зерне колеблется от 0,2 до 0,44 %.

Вынос элементов питания растениями кукурузы в зависимости от доз удобрений изменялся: при внесении тройных доз азот - от 71 на контроле до 224,2 кг/га, фосфор - 22,3 - 89,7 кг/га и калий - 43,5 - 181,0 кг/га.

При возделывании кукурузы на черноземе выщелоченном прослеживается достаточно тесная прямолинейная зависимость ($r = 0,93$) урожайности зерна от доз минеральных удобрений. Все вносимые минеральные удобрения позволили получить достоверную прибавку, за исключением калийных удобрений, внесенных в дозе K_{40} . Минимальная урожайность зерна кукурузы, равная 40,2 ц/га, получена на контроле. Двойные дозы азотных (N_{60}) и фосфорных (P_{60}) удобрений достоверно повысили урожайность, но прибавка от их внесения в целом не превышала 13,5 и 11,1 ц/га соответственно. При внесении одинарной и двойной дозы полного удобрения ($N_{30}P_{30}K_{20}$ и $N_{60}P_{60}K_{40}$) прибавка урожайности зерна возрастает с 19,5 до 27,9 ц/га. Примерно такую же прибавку 32,4 ц/га дает сочетание тройных норм азотных, фосфорных и одинарной дозы калийных удобрений ($N_{90}P_{90}K_{60}$). Наиболее сбалансированное минеральное питание кукурузы, обусловившее получение максимальной урожайности зерна 72,6 ц/га, было при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$; при этом увеличивается и содержание белка в зерне на 2,4 %.

Таким образом, на черноземе выщелоченном малогумусном с тяжелосуглинистым гранулометрическим составом двойные нормы полного удобрения $N_{60}P_{60}K_{40}$ оказали практически такое же действие, как и тройные $N_{90}P_{90}K_{60}$. С ростом урожайности кукурузы изменялось и качество зерна. Следует отметить, что все вносимые удобрения положительно оказывали влияние на содержание белка в зерне кукурузы.

В среднем за годы исследований количество белка в зерне кукурузы было максимальным на варианте с тройной дозой полного удобрения -11,0 %. Несколько ниже – 10,3-10,5 % при внесении двойной дозы азотных и полного удобрения. Увеличение содержания белка при внесении двойных доз фосфорных и калийных удобрений несущественно.

Можно заключить, что содержание белка в зерне кукурузы может быть значительно увеличено внесением азота в дозе N_{60} и полного удобрения в двойных - $N_{60}P_{60}K_{40}$ и тройных дозах - $N_{90}P_{90}K_{60}$.

Кукуруза относится к культурам весьма требовательным и к микроэлементам, в частности к цинку. При его недостатке у вегетирующих растений ослабляются биосинтез фитогормонов, интенсивность дыхания и фотосинтеза, что приводит к снижению эффективности вносимых под кукурузу минеральных удобрений. К недостатку цинка эта культура наиболее чувствительна в период прорастания семян и появления выходов. Для избежания цинковой недостаточности кукурузы в начальный период роста и развития растений рекомендуется предпосевное обогащение семян (4).

В полевом опыте предшественником кукурузы была сахарная свекла, которая значительно обедняет почву цинком. Поэтому в лабораторном опыте изучали влияние различных концентраций сернокислого цинка при обработке посевного материала на всхожесть, энергию прорастания и силу роста семян кукурузы. Схема опыта: 1) ZnO (вода); 2) Zn 0,005 %; 3) Zn 0,01 %; 4) Zn 0,05 %; 5) Zn 0,1 %; 6) Zn 0,5 %. Результаты исследований показали, что энергия прорастания, скорость, дружность прорастания и всхожесть, на контроле имели наименьшие значения: 63,7 %; 2,6 сут.; 26,3 шт./сут.; 93,7 % соответственно. Обработка семян кукурузы 0,005 и 0,01% водными растворами цинка привела к увеличению всех названных показателей. Использование более высоких концентраций микроэлемента для обработки семян оказалось менее эффективным. Лабораторная всхожесть, энергия и скорость прорастания еще не дают исчерпывающей характеристики семенам, а поэтому дополнительно определяли силу их роста. Как видно из полученных данных, не каждое всхожее семя формировало росток, способный преодолеть слой песка в 3 см. В контрольном варианте из 100 семян дали ростки всего лишь 83,7 штук. Семена, обогащенные цинком, формировали

больше проростков; их число зависело от концентрации микроэлемента, использованного для предпосевной обработки.

По результатам дальнейших исследований выявлено, что обработка семян 0,01 % водным раствором цинка способствует максимальному накоплению проростками сухого вещества. В сравнении с контролем, где сухая масса ростка и корешка составляет соответственно 0,49 и 0,36 г, обработка семян кукурузы 0,01 % водным раствором микроэлемента увеличивала сухую массу соответственно до 2,13 и 2,16 г. Цинк способствовал увеличению числа корешков у развивающегося проростка. Число корешков в контрольном варианте на одно растение составило 2 шт., тогда как в варианте Zn 0,01 % -15 штук. Длина корешка и ростка в контрольном варианте составляли соответственно 0,72 и 1,4 см, а в варианте Zn 0,01 % - 6–5,8 см.

Таким образом, предпосевная обработка семян кукурузы серноокислым цинком является высокоэффективным агроприемом увеличения их посевных качеств.

В 2002-2004 гг. заканчивается вторая ротация севооборота, и под яровой ячмень с подсевом люцерны удобрения не вносили, а изучали их последствие. Под предшественник (кукурузу, возделываемую на зерно) вносили минеральные удобрения в единичной дозе $N_{30}P_{30}K_{20}$.

Урожайность ярового ячменя с подсевом люцерны на зеленый корм по годам исследования довольно низкая, она колеблется от 69,9 до 81,9 ц/га. В среднем на контроле получено 76,0 ц/га. Наши данные согласуются с мнением многих ученых В.В. Конончука, Е.Л. Зверевой, (1992); В.И. Никитишена, Л.К. Дмитриковой, А.В. Заборина, И.А. Никитишеной, (1994) о том, что яровой ячмень отличается наиболее выраженной реакцией на последствия азота. Достоверное последствие наблюдалось при внесении двойной дозы азота. Прибавка здесь составила 11,3 ц/га. Последствие двойных доз фосфорных и калийных удобрений,

а также одинарных доз полного удобрения повышали урожайность в среднем от 5,4 % до 10,3 %. Высокая прибавка урожайности была получена от последствия полного удобрения в двойной и тройной нормах, которая соответственно составила 16,5 и 19,4 ц/га или 21,7 и 25,5 %.

Последствие минеральных удобрений в условиях опыта не только повышало урожайность культуры, но и улучшало качество получаемой продукции. Качество корма по содержанию сырого белка (такой термин рекомендован ВАСХНИЛ вместо понятия "сырой протеин") оценивается по 20-балльной шкале: при количестве сырого белка 15 % и более (в расчете на сухое вещество) – 20 баллов; 14,9-12,7 % – 16 баллов, 12,6-11,7 % – 12 баллов; 11,6-9,9 % – 9 баллов; 9,8-8,3 % – 6 баллов; 8,2-6,1 % – 3 балла; 6 % и меньше – 0 баллов (3).

В среднем за три года исследований при количестве сырого белка на контроле 11,9 % в расчете на сухое вещество качество корма оценивается 12 баллами. В варианте с единичными дозами количество сырого белка в зеленой массе составило 12,3 %, что соответствует 12 баллам. А в вариантах с двойными и тройными дозами удобрений наблюдается достоверное увеличение этого показателя качества до 13,3 % и 13,5 % соответственно, что больше на 1,5 % и 1,7 %. В расчете на сухое вещество это составило 16 баллов. Одностороннее внесение азотных удобрений увеличило количество сырого белка до 12,6 %, что на 0,7 % больше чем на контроле и соответствует 12 баллам. Одностороннее внесение фосфорных и калийных удобрений практически не повлияло на количество сырого белка. Следовательно, различные условия минерального питания по вариантам обусловили получение неодинакового урожая и его качества. Так последствие фосфорных и калийных удобрений в одностороннем порядке не повлияло на урожайность и качество зеленой массы ярового ячменя в смеси с люцерной.

Достоверное последствие удобрений отмечено при длительном применении азотных удобрений, а так же полного удобрения в двойной и тройной дозах. Существенное улучшение качества урожая получено от последствия полного удобрения в двойной и тройной дозах. Наиболее эффективным по влиянию на урожайность и качество зерна ярового ячменя с подсевом люцерны было последствие тройной дозы минеральных удобрений, где урожайность в среднем за три года составила 95,4 ц/га, а качество корма оценивается 16 баллами.

Таким образом, за две ротации севооборота произошло достоверное снижение содержания гумуса в почве всех вариантов опыта на 0,57-0,60 % по сравнению с исходной почвой. То есть внесение на черноземе выщелоченном только минеральных удобрений не позволяет стабилизировать почвенное плодородие, необходимо дополнительное внесение органических удобрений.

Длительное внесение минеральных удобрений привело к увеличению активной и обменной кислотностей, вследствие чего снизились показатели рН водной и солевой вытяжек соответственно по ротациям севооборота на 0,06-0,37 единиц. К концу второй ротации на максимально удобренных вариантах увеличивается гидролитическая кислотность до 2,80 мг-экв./100 г почвы, по сравнению с 1,73 мг-экв./100 г почвы до проведения исследований.

После второй ротации наблюдается снижение степени насыщенности основаниями, суммы поглощенных оснований и емкости поглощения почвы, причем, эти показатели снижаются с увеличением норм удобрений.

Целью дальнейших исследований являлось выявление действия доз и сочетаний минеральных удобрений при длительном их внесении на продуктивность севооборота в условиях чернозема выщелоченного.

Анализ данных по продуктивности севооборота за вторую ротацию (табл.8) показал, что наименьшая продуктивность получена на

контрольном варианте. Здесь она составила 541,4 ц/га зерн.ед. Среднегодовой уровень продуктивности повышенный – 4,9 т/га зерн. ед. в год. На варианте с внесением в почву единичной дозы минеральных удобрений продуктивность увеличилась и составила 653,1 ц/га зерн. ед., что на 111,7 ц/га зерн. ед., или на 20,6 % превышает продуктивность на контроле. Среднегодовой уровень продуктивности на варианте 111 довольно высокий – 5,9 т/га зерн. ед. в год. За вторую ротацию севооборота на этом варианте было внесено $N_{280}P_{280}K_{200}$. На варианте с внесением двойной дозы минеральных удобрений продуктивность увеличилась до 727,5 ц/га зерн. ед., что на 186,1 ц/га зерн. ед. (34,4%) превышает продуктивность на контрольном варианте. Уровень продуктивности на варианте 222 так же высокий – 6,6 т/га зерн. ед. в год. Всего за вторую ротацию севооборота было внесено $N_{560}P_{560}K_{400}$.

Таблица 8 - Продуктивность полевого севооборота за две ротации

Вариант	Количество удобрений, д.в. кг/га			Продуктивность севооборота, ц/га зерн. ед.
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Первая ротация *				
000	0	0	0	584,2
111	310,0	260,0	180,0	681,0
222	620,0	520,0	360,0	714,1
333	930,0	780,0	540,0	720,0
Вторая ротация				
000	0	0	0	541,4
200	560,0	0	0	620,6
020	0	560,0	0	581,1
002	0	0	400,0	565,8
111	280,0	280,0	200,0	653,1
222	560,0	560,0	400,0	727,5
333	840,0	840,0	600,0	754,0

Наибольшая продуктивность получена на варианте с длительным внесением тройной дозы минеральных удобрений. Здесь этот показатель составил 754 ц/га зерн. ед., что на 212,6 ц/га зерн. ед., или на 39,3% больше, чем на контроле. Отмечен очень высокий уровень продуктивности 6,8 т/га зерн. ед. в год. На этом варианте всего за вторую ротацию было внесено $N_{840}P_{840}K_{600}$.

Что же касается одностороннего внесения азотных (N_{560}) фосфорных (P_{560}) и калийных (K_{400}) удобрений, то наибольшая продуктивность севооборота была отмечена на варианте с внесением двойной дозы азотного удобрения - 620,6 ц/га зерн.ед., что на 79,2 ц/га зерн. ед. или на 14,6% больше, чем на контроле. Среднегодовой уровень продуктивности на этом варианте довольно высокий – 5,6 т/га зерн.ед. в год.

На варианте с длительным внесением фосфорного удобрения - 581,1 ц/га зерн. ед., что на 39,7 ц/га зерн. ед. или на 7,3% больше, чем на контроле. Уровень продуктивности повышенный - 5,3 т/га зерн. ед. в год. При длительном использовании калийного удобрения продуктивность севооборота составила 565,8 ц/га зерн. ед., что на 24,4 ц/га зерн. ед. (4,5%) превышает продуктивность на контрольном варианте. Уровень продуктивности повышенный - 5,1 т/га зерн. ед. в год.

По итогам второй ротации продуктивность севооборота в сравнении с первой ротацией несколько меньше только на контроле и на варианте с систематическим применением одинарной дозы удобрения. Продуктивность севооборота в вариантах с двойными и тройными дозами удобрений оказалась выше после второй ротации севооборота в сравнении с первой ротацией. Итак, несмотря на то, что за вторую ротацию было внесено меньше удобрений, чем за первую ротацию продуктивность севооборота не уменьшилась. Следовательно, длительное внесение минеральных удобрений в повышенных дозах приводит к увеличению продуктивности севооборота. Минеральные удобрения способствуют увеличению выхода зерновых единиц. Лучшее обеспечение минеральными удобрениями повышает продуктивность культур севооборота.

Для научного обоснования системы удобрения необходим учет хозяйственного выноса из почвы с урожаем питательных веществ. Вынос является главной статьей расхода в балансе питательных веществ, и его определение необходимо для расчета доз удобрений под планируемый урожай сельскохозяйственных культур с учетом сохранения и воспроизводства

плодородия почвы. Размер выноса зависит преимущественно от величины урожая и содержания в нем элементов питания. Но эти показатели значительно колеблются в зависимости от сочетания агроприемов, почвенных и климатических условий, вида и сорта растений, что в свою очередь приводит к значительному изменению выноса.

Вынос питательных веществ в опыте определялся по вариантам удобрения для каждой культуры за вторую ротацию полевого севооборота.

Приведенные в таблицах 9, 10 и 11 данные показывают, что внесение удобрений, повышая продуктивность культур севооборота, способствовало увеличению выноса питательных веществ. Размеры дополнительного потребления питательных веществ из удобрений зависят от биологических особенностей растений. Повышение дозы одного элемента питания не всегда ведет к увеличению его выноса из почвы, так как содержание его в растениях хотя и повышается, но урожай не отчуждается.

Баланс питательных элементов - это прогнозный, эколого-агрономический показатель продуктивности культур; плодородия почв и степени соответствия их количеству и качеству применяемых удобрений и одновременно показатель химической нагрузки не только на почву и растения, но и контактирующие с ними компоненты окружающей среды.

Целью наших исследований явилось изучение влияния складывающегося баланса питательных веществ на плодородие чернозема выщелоченного. Расчет баланса приведен за вторую ротацию полевого севооборота, на полях учхоза «Кубань» в типичном для Краснодарского края полевом севообороте. С учетом побочной продукции нами подсчитан вынос азота, фосфора и калия каждой культурой севооборота по изучаемым вариантам опыта, а также приход их с удобрениями в сумме за ротацию. В балансе азота учтены и другие приходные статьи. Запахиваемые в почву пожнивно-корневые остатки в значительной степени восполняют запасы в ней питательных веществ и обогащают почву органическим веществом. Корневые и

пожнивные остатки оказывают существенное влияние на баланс питательных веществ в почве в течение ротации севооборота.

Из таблиц 9-10 видно, что баланс питательных веществ за вторую ротацию севооборота на большинстве вариантов отрицательный. На всех вариантах опыта второй ротации севооборота отмечен отрицательный баланс азота. Дефицит азота на контроле и на вариантах с односторонним внесением фосфорных и калийных удобрений был примерно одинаков и составлял от минус 85,9 кг/га до минус 82,8 кг/га за один год (табл. 9).

Таблица 9 - Баланс азота за две ротации полевого севооборота, кг/га

Вариант	Поступление					Расход			Баланс	
	удобрения	семена	побочная продукция	симбиотический азот	всего	вынос	все потери	всего	за ротацию	за год
Первая ротация										
000	0	21,6	581,0	73,5	716,1	1250,0	0	1250,0	-533,9	-53,4
111	310,0	21,6	643,0	78,5	1303,5	1486,4	62,0	1548,4	-244,9	-24,5
222	620,0	21,6	676,0	88,0	1459,6	1561,1	124,0	1685,1	-225,5	-22,6
333	930,0	21,6	680,0	97,0	1776,6	1571,9	186,0	1757,9	18,7	1,9
Вторая ротация										
000	0	19,4	127,9	257,6	404,9	1264,2	0	1264,2	-859,3	-78,1
200	560,0	19,4	160,0	273,0	1012,4	1490,7	115,0	1605,7	-593,3	-53,9
020	0	19,4	142,4	351,6	513,4	1458,7	0	1458,7	-945,3	-85,9
002	0	19,4	139,4	363,8	522,6	1433,2	0	1433,2	-910,6	-82,8
111	280,0	19,4	174,2	291,3	764,9	1493,6	57,5	1551,1	-786,2	-71,5
222	560,0	19,4	199,9	409,5	1188,8	1787,4	115,0	1902,4	-713,6	-64,8
333	840,0	19,4	232,4	380,5	1472,3	1805,5	172,5	1978,0	-505,7	-46,0

На варианте с систематическим внесением азотного удобрения в двойной дозе баланс азота изменяется в положительную сторону, но все равно остается отрицательным и составляет – 53,9 кг/га за один год.

Длительное применение одинарных доз полного удобрения изменяет баланс азота до минус 71,5 кг/га за один год. Далее, с повышением доз минеральных удобрений баланс изменяется в положительную сторону, но все равно остается отрицательным и к варианту с внесением двойных и тройных доз составляет минус 64,8 и 46,0 минус кг/га за один год.

Наибольший дефицит фосфора по итогам второй ротации севооборота наблюдается на варианте с систематическим внесением азотного удобрения в двойной дозе и составил минус 36,7 кг/га за один год. Это можно объяснить более высокой урожайностью на этом варианте в сравнении, как с контролем, так и с вариантами, где вносились фосфор и калий в одностороннем порядке. На варианте с длительным применением фосфорного удобрения в двойной дозе баланс фосфора сложился положительно и составил плюс 15,8 кг/га за один год.

Баланс фосфора остался отрицательным и при одинарных дозах полного минерального удобрения составил минус 10,7 кг/га за один год. С повышением до 222 и до 333 доз баланс изменяется в положительную сторону и составляет плюс 7,8 и 33,7 кг/га за один год соответственно.

Принимая во внимание сравнительно низкую подвижность фосфора в черноземах Кубани, для повышения их плодородия внесение фосфора всегда должно превышать его вынос из почвы (как в вариантах 020, 222 и 333).

Отрицательный баланс калия за вторую ротацию севооборота наблюдается на контроле и на удобренных вариантах 002, 020 и 111. Дефицит калия на варианте с систематическим внесением азотного удобрения в двойной дозе был наибольшим и составил минус 93,9 кг/га за

один год, что объясняется увеличением выноса этого элемента с урожаем при отсутствии пополнения из удобрений. Длительное внесение полного удобрения в единичной дозе не обеспечило положительного баланса калия. Далее, с повышением доз до 222 и 333 баланс калия не становится положительным и составляет минус 74,7 и 55,9 кг/га за один год соответственно.

Таблица 10 - Баланс фосфора за две ротации полевого севооборота, кг/га

Вариант	Поступление				Вынос	Баланс	
	удоб рения	семена	побочная продукция	всего		за ротацию	за год
Первая ротация							
000	0	9,6	158,0	167,6	442,2	-274,6	-27,5
111	260,0	9,6	194,0	463,6	520,3	-56,7	-5,7
222	520,0	9,6	207,0	736,6	550,6	+186,0	+18,6
333	780,0	9,6	221,0	1010,6	560,4	+450,2	+45,0
Вторая ротация							
000	0	8,0	42,5	50,5	386,6	-336,1	-30,5
200	0	8,0	51,8	59,8	463,5	-403,7	-36,7
020	560,0	8,0	49,0	617,0	442,6	174,4	15,8
002	0	8,0	46,1	54,1	434,4	-380,3	-34,6
111	280,0	8,0	55,4	343,4	461,8	-118,4	-10,7
222	560,0	8,0	63,2	631,2	544,9	86,3	7,8
333	840,0	8,0	76,8	924,8	553,9	370,9	33,7

Дефицит калия компенсируется за счет значительных общих его запасов в черноземах, что может привести к уменьшению подвижных форм калия и снижению плодородия почвы.

Таблица 11 - Баланс калия за две ротации полевого севооборота, кг/га

Вариант	Поступление				Вынос	Баланс	
	удоб- рения	семена	побоч- ная продук- ция	всего		за ротацию	за год
Первая ротация							
000	0	6,8	793,0	799,8	1102,5	- 302,7	-30,3
111	180,0	6,8	925,0	1111,8	1303,7	- 191,9	-19,2
222	360,0	6,8	1015,0	1381,8	1326,8	+55,0	+5,5
333	540,0	6,8	1042,0	1588,8	1349,2	+239,6	+24,0
Вторая ротация							
000	0	5,6	209,1	214,7	1093,2	-878,5	-79,8
200	0	5,6	251,8	257,4	1290,4	-1033,0	-93,9
020	0	5,6	225,3	230,9	1252,0	-1021,1	-92,8
002	320	5,6	238,2	643,8	1236,7	-592,9	-53,9
111	160	5,6	270,4	476,0	1285,9	-809,9	-73,6
222	320	5,6	317,2	722,8	1544,2	-821,4	-74,7
333	480	5,6	330,1	935,7	1550,4	-614,7	-55,9

Таким образом, длительное внесение полного минерального удобрения в двойной и тройной дозах за вторую ротацию севооборота и в среднем по итогам двух ротаций обеспечивает положительный баланс фосфора и уменьшает дефицит азота и калия. Даже возделываемая на полях севооборота люцерна не обеспечивает положительного баланса этих элементов в почве. Видимо для устранения дефицита азота и калия необходимо так же внесение органических удобрений.

Список литературы

1. Вальков В.Ф., Штомпель Ю.А., Трубилин И.Т., Котляров Н.С. и Соляника Г.М. Почвы Краснодарского края, их использование и охрана. Ростов-на-Дону, 1996. – 192 с.
2. Конончук В.В., Зверева Е.Л. . Влияние удобрений на урожайность культур и диагностика их питания на светло-каштановой почве Поволжья при орошении // Агрохимия. – 1992. -№ 11. С. 58-65.
3. Крищенко В.П. Методика оценки качества растительной продукции. – М.: Колос, 1983. С. 31-32.
4. Мокриевич Г.Л. Основные условия эффективности цинковых удобрений на посевах кукурузы и перспективы применения для других культур. М.: 1967. — С. 30.
5. Никитишен В.И., Дмитракова Л.К., Заборин А.В., Никитишена И.А. Баланс азота в агроценозах и эффективность длительного внесения азотных удобрений // Агрохимия. – 1994. – № 1. С. 3-10.