

А. В. Бутов

**Научные основы
и принципы построения
севооборотов
в интенсивном земледелии**

Монография

Елец — 2006

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ЕЛЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. И.А. БУНИНА

А. В. Бутов

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ
И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ
СЕВООБОРОТОВ
В ИНТЕНСИВНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ**

Монография

Елец – 2006

УДК 631.58; 631.582

ББК 4

Б 93

*Печатается по решению редакционно-издательского совета
Елецкого государственного университета имени И.А. Бунина
от 30.11.2005 г., протокол № 5*

Рецензенты:

А. В. Дедов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
(Воронежский государственный аграрный университет им. К. Д. Глинки);
Д. И. Щедрина, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
(Воронежский государственный аграрный университет им. К. Д. Глинки)

А. В. Бутов

Б 93 Научные основы и принципы построения севооборотов в интенсивном земледелии. – Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2006. – 114 с.
ISBN 5-94809-150-3

В монографии приведены анализ и обобщение результатов исследований автора за 7 лет, проведенных на Елецкой опытной станции по картофелю, в двух стационарных полевых севооборотах с различным насыщением картофеля при разных системах удобрений. Сформулированы выводы, приведены рекомендации производству. Результаты исследований можно использовать как в крупных сельскохозяйственных предприятиях, агрофирмах, поле и фермерских хозяйствах, так и индивидуально мелко-товарном секторе.

Монография рассчитана на научных работников, преподавателей и студентов сельскохозяйственных факультетов, агрономов, фермеров.

УДК 631.58; 631.582
ББК 4

ISBN 5-94809-150-3

© Елецкий государственный
университет им. И.А. Бунина, 2006
© А.В. Бутов, 2006



Бутов Алексей Владимирович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биологии Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина. Окончил Воронежский сельскохозяйственный институт, аспирантуру при научно-исследовательском институте картофельного хозяйства (г. Москва). Более 30 лет проработал на Елецкой опытной станции по картофелю, где выполнил кандидатскую (1982 г.) и докторскую (1997 г.) диссертации. Опубликовал более 100 научных работ, в том числе в 2002-2005 гг. три монографии по культуре картофеля – объемом около 1000 стр. (60 усл. п.л.). В ЕГУ им. И.А. Бунина работает около 10 лет. Читает естественнонаучные и биологические дисциплины. Проводит консалтинг.

*Памяти моего учителя
Александра Павловича Рыжова.
Ученого и Человека, посвящаю.*

ВВЕДЕНИЕ

Рост производства картофеля в Центрально-Черноземном регионе должен осуществляться за счет повышения урожайности, улучшения качества и сохранности клубней, экологической чистоты продукции при одновременном сохранении и повышении плодородия выщелоченных черноземов. Основа для достижения этих задач — глубокое научное обоснование севооборотов с различным насыщением их этой культурой и подбором оптимальной системы удобрения не только картофеля, но и других сельскохозяйственных культур.

Внедрение научно обоснованной системы земледелия и размещение картофеля в специализированных севооборотах при сбалансированном применении органических и минеральных удобрений, посевов многолетних бобовых трав в полной мере соответствует требованиям природоохранности.

Разработка и совершенствование агротехнических приемов, систем земледелия, технологий — процесс постоянный. Единых рекомендаций быть не может, и они должны соответствовать конкретным почвенно-климатическим условиям зоны.

В последние годы все большее звучание приобретают экологизированные биологизированные системы земледелия. Ориентация на экологизацию и биологизацию не означает попытки сдерживать интенсификацию как таковую. В наших исследованиях в плане разработки адаптивной интенсификации отрасли картофелеводства значительное внимание уделено культурам, обладающим высокими средствообразующими возможностями применительно к севооборотам картофельной специализации, а именно: включение в состав звеньев севооборотов клеверов, внесение достаточных доз органических и минеральных удобрений для получения высоких урожаев и сохранения плодородия почвы.

В связи с этим в задачу наших исследований входило:

1. Изучить продуктивность севооборотов с различным насыщением картофеля в условиях Липецкой области.
2. Выявить сравнительную эффективность ежегодного и периодического (или «запасного» один в два-три года) способов внесения удобрений под ведущие культуры севооборотов (картофель, озимые).

3. Установить влияние повышенных доз удобрений на качественные показатели урожая картофеля.

4. Определить степень воздействия различных систем удобрения сельскохозяйственных культур в севооборотах при длительном применении на плодородие почвы.

ГЛАВА I. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Севооборот в настоящее время является важным условием, обеспечивающим повышение плодородия почвы, устойчивые урожаи и получение более дешевой продукции по сравнению с монокультурой.

С ростом концентрации производства появилась необходимость насыщать севообороты той культуры, на которой специализируются сельскохозяйственные предприятия.

О возможности высокой насыщенности основной культурой не только в специализированных хозяйствах, но и в тех колхозах и совхозах, в которых соблюдается внутрихозяйственная специализация, говорили еще Г.С. Жуков, В.А. Писарев, А.И. Кузнецов (1964).

Возделывание картофеля в севооборотах дает возможность полнее использовать положительное влияние различных предшественников и применять более рациональные системы удобрения.

Так, результаты анализа многолетних данных, проведенного Н.С. Бацановым и Г.М. Сариевым (1974), показали явное преимущество полученных урожаев картофеля в севооборотах по всем предшественникам и вариантам удобрений, в сравнении с бессменной культурой.

По утверждению Б.А. Писарева (1973, 1987) продуктивность севооборотов возрастает по мере насыщения их картофелем.

В зоне недостаточного увлажнения, какой является Липецкая область, предшествующие культуры должны отличаться и слабоиссушающим влиянием на почву (Бутов А.В., 2004).

По мнению А.В. Коршунова (1984) и Г.М. Сариева (1973), лучшими предшественниками картофеля в условиях специализированных севооборотов являются клевер и озимые культуры. При большой насыщенности картофеля в севообороте возможно выращивание и картофеля по картофелю.

Картофель проявляет исключительно высокую отзывчивость на возрастающие дозы азотных, фосфорных и калийных удобрений (Т.И. Иванова и др., 1973, 1989; Д. Шпаар, 1997).

В последнее время возрастает количество применяемых в севооборотах удобрений как в нашей стране, так и за рубежом. В ФРГ и Голландии на 1 га пашни вносят 400-750 кг РК (д.в.) и получают в среднем 274-380 ц/га картофеля (А.В. Постников и др.; Ван дер Заг Д.Е., 1993).

Применение высоких доз туков, утверждает А.Г. Балан (1974), обеспечивает повышение продуктивности гектара пашни с 33 до 79 ц к.е. При этом в условиях Украинского Полесья органические удобрения

ния в сочетании с повышенными дозами минеральных удобрений дают наибольший эффект при внесении их под высокоинтенсивные культуры, в т.ч. под картофель.

О высокой эффективности удобрений в севооборотах свидетельствуют не только кратковременные, но и многолетние опыты. Так, 60-летнее систематическое применение навоза и минеральных удобрений при основном их внесении на слабо выщелоченных черноземах Мироновского стационара привело к значительному увеличению продуктивности культур севооборотов (Ю.К. Кудзин и др., 1975).

Начиная с 1960 года, в ГДР и несколько позже — в нашей стране начали разрабатывать новый способ внесения фосфорных и калийных удобрений. Этот способ имеет в литературе разные термины: а) периодическое внесение удобрений в севообороте или периодическое удобрение полей; б) удобрение в «запас»; в) удобрение вперед или «впрок».

Данные ряда исследований показывают, что этот способ является экономически выгодным. Так, в ГДР он не снижает урожай с/х культур по сравнению с ежегодным внесением однократной дозы, но приводит к экономии средств при внесении удобрений на 25 процентов. В нашей стране урожай зерновых культур (озимой пшеницы или ячменя) при периодическом внесении удобрений получился на 12-36% а выше, чем при обычном (ежегодном) их внесении (Т.Н. Кулаковская, В.П. Толстоусова, 1966; Ю.И. Каситский, 1967).

Об этом же свидетельствуют и результаты опытов многих других авторов. Так, в условиях Закарпатья внесение фосфорных и фосфорно-калийных удобрений в «запас» на 3-4 года положительно влияло на повышение урожайности картофеля (И. Попович, 1975).

На среднекультуренных суглинистых дерново-подзолистых почвах Удмурдской ССР периодическое внесение P_{180} с запасом на 3 года в звене яровая пшеница-картофель-озимая рожь было более эффективным, чем внесение ежегодно под каждую культуру P_{60} . Суммарная прибавка урожая при этом составила 4,8 ц/га к.е. (И.В. Гулякин, И.П. Дерюгин, 1974).

На торфяных почвах Полесья УССР в звеньях полевых севооборотов, начинающихся картофелем и завершающихся зерновыми культурами, запасное внесение фосфорных и калийных удобрений (один раз в 2-3 года) по сбору кормовых единиц с 1 га было равноценно ежегодному или превосходило его (Ф.Н. Дудинец и др., 1975).

В то же время отдельные ученые утверждают, что периодическое применение удобрений не имеет никаких преимуществ перед обычным.

Так, Э.П. Базегским и рядом других авторов (1974) установлено одинаковое действие фосфорных удобрений при «запасном» и еже-

годным внесением — как в год внесения, так и в последующие годы (тяжело-суглинистые дерново-подзолистые почвы ЦСС ВИАУ).

Ю.М. Безуглая и Н.П. Валеева (1973) на легких суглинках Раменской агрохимической опытной станции НИУИФ получили аналогичные данные при внесении фосфорных удобрений.

По данным Прокошева В.В. (1971), полученным на этой же станции, эффективность калийных удобрений в четырехлетнем полевом опыте была одинакова при одновременном и ежегодном внесении удобрений для всех культур севооборота.

Качественные показатели также имеют немаловажное значение при оценке получаемого урожая. По этому вопросу у исследователей нет единого мнения. Однако большинство из них сходятся на том, что повышенные дозы органических и минеральных удобрений снижают процентное содержание сухих веществ и крахмала в клубнях картофеля, но в то же время увеличивают их сбор с единицы площади и, кроме того, повышают товарность урожая, содержание сырого протеина в клубнях и зерне (Б.А. Писарев, 1970; В.К. Рыбак, А.Г. Хиленко, 1974; З.В. Шаламова, 1974; А.И. Болгов, 1976; А.В. Бутов, 2005).

Удобрения оказывают существенное влияние на некоторые физиологические данные растений (содержание хлорофилла, расход воды и др.).

В.И. Захаревский и М.Л. Мухтаров (1975) в условиях Волгоградской области доказали, что в результате прямого действия и последствия удобрений снижается расход воды на единицу урожая.

Об этом же свидетельствуют многочисленные исследования и целого ряда других авторов (С.Н. Костычев, 1937; Л.А. Иванов, 1953; Н.А. Гусев, 1959; А. В. Коршунов, 1968; А.Д. Ефимов, 1974; Н.Е. Влащенко, 1987).

Важная роль в увеличении фотосинтетической деятельности растений и в частности, в повышении содержания хлорофилла в листьях) отводится усиленному минеральному питанию, — особенно азотом, (К.А. Тимирязев, 1949; Д.Н. Сабинин, 1955; Ф.Р. Романчук, Л.М. Дорохов, 1964 и другие).

С ростом применения удобрений в севооборотах повышается урожайность с/х культур и увеличивается внос элементов минерального питания.

По результатам исследований Ф.Н. Дудинца и ряда других авторов (1975) при запасном внесении удобрений по сравнению с ежегодным вынос азота в сумме за годы проведения опытов был выше на 3-14%, фосфора — на 11-16%, калия — на 5-11%.

Этого же мнения придерживаются В.Ф. Зубенко и В.В. Гулковский (1975), которые считают, что с увеличением количества удобрений в севооборотах биологический и хозяйственный вынос N, P и K

увеличивался. В то же время они утверждают, что в конце ротации в севооборотах увеличились почвенные запасы гумуса, валового азота и подвижных форм фосфора и калия.

С.М. Гуревич и В.И. Скороход (1975), проводившее исследование на мощном черноземе Граковского опытного поля НИУИФ отметили, что длительное применение минеральных удобрений привело к некоторому подкислению почвы, уменьшению суммы поглощенных оснований и степени насыщенности основаниями. В то же время применение минеральных удобрений способствовало некоторому повышению содержания гумуса за счет увеличения массы корневых и стерневых остатков.

О том, что интенсивное применение удобрений, несмотря на увеличение выноса элементов питания, способствует повышению плодородия почвы, свидетельствуют работы многих ученых.

И.К. Артюхов и В.А. Медведь (1971), А.В. Бутов (1997) считают, что систематическое внесение навоза совместно с Р, N, K значительно увеличивает биологическую активность почвы, ее водопроницаемость, улучшает водный режим обыкновенного чернозема.

По мнению К.А. Кострова и А.В. Маловой (1972), внесение на выщелоченном черноземе $N_{310} P_{390} K_{270}$ в первой ротации 7-польного севооборота в сочетании с 40 т/га навоза несколько повышает плодородие почвы, обогащает ее подвижными соединениями фосфора, гумусом, общим азотом и не оказывает влияния на кислотность почвы и насыщенность основаниями.

Об увеличении выноса элементов минерального питания растениями в связи с применением органических и минеральных удобрений указано также в трудах В.С. Морозова (1972), В.И. Дука и др. (1975), Р.И. Кардиналовской и др. (1975), П.А. Горшкова (1972) и др.

В.В. Никитин (1973) установил, что на обыкновенном черноземе юго-востока ЦЧП при среднем содержании в почве подвижного фосфора и высоком – обменного калия минеральные удобрения повышали содержание всех трех элементов питания в растении картофеля. В среднем за 3 года исследований на 100 ц клубней было вынесено 44 кг азота, 9, 4 кг фосфора и 49 кг калия.

О том, какой баланс питательных веществ складывается в результате применения удобрений в севооборотах, мнения ученых расходятся.

Так, В.У. Пчелкиным и рядом авторов (1972) на тяжелосуглинистых почвах Московской области установлен за ротацию положительный баланс для фосфора и отрицательный – для калия, который не был устранен даже от применения калийных удобрений.

В то же время П.А. Горшков и В.М. Макаренко (1972) на опытном поле «Теремки» Украинской С/Х академии в результате длитель-

ного применения удобрений в севообороте отметили увеличение содержания необменно-поглощенного калия в почве.

Все это говорит о том, что плодородие почвы в севооборотах во многом зависит от набора культур, норм удобрений, величины урожая, почвенно-климатических условий и т.д.

Таким образом, вопрос применения удобрений в севооборотах был и остается актуальным. Использование в севооборотах посевов многолетних бобовых трав, сбалансированного применения органических и минеральных удобрений обеспечивающих неуклонный рост продуктивности сельскохозяйственных культур, сохранение и повышение плодородия выщелоченных черноземов – вот те основные принципы построения севооборотов в интенсивном земледелии. В условиях энергосберегающих технологий вновь актуально встает и вопрос о периодическом (запасном) внесении удобрений. В этой связи изученные нами ранее экспериментальные севообороты с различным насыщением картофеля при разных системах удобрений в сочетании с клеверо-сеянием приобретает в настоящее время несомненный интерес для современного производства.

Все это создало предпосылки для опубликования уникальных экспериментальных данных, которые ранее в полном объеме в печати не освещались. Подобных же исследований по культуре картофеля в Центрально-Черноземном регионе вплоть до настоящего времени не проводилось.

ГЛАВА II.

УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Опыты по данной теме были заложены осенью 1969 года в шестом поле кормового севооборота (по данным последнего землеустройства) Центрального отделения Елецкой опытной станции по картофелю.

Чередование культур и распределение удобрений в экспериментальных севооборотах приведены в таблице 1.

В каждом севообороте изучались три системы удобрения. В первом севообороте при 1-ой системе предусматривалось ежегодное внесение удобрений под все культуры (за исключением клевера 1 г.), по обычной норме, при второй системе — внесение повышенных доз удобрений, при третьей системе — периодическое или «запасное» применение (3 раза за 7 лет или примерно 1 раз в 2 года) той же суммы удобрений, что и при первой системе.

Всего за ротацию при этом вносится на 1 га 20 т навоза, 215 кг азота, 370 кг фосфора и 260 кг калия.

Во втором севообороте все три системы удобрения предусматривали внесение за ротацию одинаковой дозы $N_{275} P_{420} K_{280}$ в сочетании с 40 т навоза на 1 га, но при первой системе с/х культуры удобрялись ежегодно (за исключением клевера 1 г), при второй системе удобрения вносили 4 раза, при третьей – 3 раза за ротацию севооборота.

Насыщенность картофеля в первом севообороте составила 14,3% (одно поле), во втором севообороте – 28,6% (два поля).

В годы проведения исследования в севооборотах возделывались с/х культуры районированных в Липецкой области сортов: ячмень — Казанский 6/4 (1970) и Носовский 6 (1971-1976 гг.), овес — Львовский 1026, вика — Львовская 60, клевер — красный (семена поставлялись как из других хозяйств области, так и из ГДР и Польши), яровая пшеница — Саратовская — 29 и Харьковская — 46, озимая пшеница — Мироновская — 808, озимая рожь Харьковская — 55, картофель Прикульский ранний и Лорх (среднепоздний).

Площадь опытной делянки под всеми культурами – 280 кв.м. (14х20 м). Ширина делянки (14 м) выбрана с таким расчетом, чтобы она была кратной нескольким проходам посевной техники (4 прохода зерновой сеялки СЗН-24 и 5 прохода картофелесажалки СН-4Б).

Учетная площадь для зерновых культур и трав – 236-246 м², для картофеля – 84-140 кв.м. Повторность – трехкратная. Агротехника возделывания культур в севооборотах – обычная, принятая в хозяйстве и области.

Таблица 1.

Цередование культур и распределение удобрений в севообороте

Чередование культур	Система удобрения													
	1						2						3	
	навоз т/га	N	P ₂ O ₅ кг/га	K ₂ O	навоз т/га	N	P ₂ O ₅ кг/га	K ₂ O	навоз т/га	N	P ₂ O ₅ кг/га	K ₂ O		
Севооборот 1														
1. Яровые зерновые + клевер	-	50	60	40	-	60	70	40	-	50	100	80		
2. Клевер 1 г.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
3. Клевер 2 г.	-	-	40	40	-	-	40	40	-	-	-	-		
4. Картофель	20	60	90	60	40	70	100	70	20	90	150	100		
5. Вико-овес	-	30	60	40	-	40	70	40	-	-	-	-		
6. Озимые	-	45	60	40	-	65	70	50	-	75	120	80		
7. Зернобобовые	-	30	60	40	-	40	70	40	-	-	-	-		
Всего за ротацию, т или кг/га	20	215	370	260	40	275	420	280	20	215	370	260		
В среднем за год, т или кг/га	2,9	30,7	53,0	37,0	5,8	39,3	60,0	40,0	2,9	30,7	53,0	37,0		
Севооборот 2														
1. Яровые зерновые + клевер	-	50	60	40	-	50	60	40	-	-	-	-		
2. Клевер 1 г.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
3. Картофель	20	60	90	60	20	75	120	80	20	110	150	100		
4. Вико-овес	-	30	60	40	-	-	-	-	-	-	-	-		
5. Озимые	-	45	60	40	-	60	90	60	-	75	120	80		
6. Картофель	20	60	90	60	20	90	150	100	20	90	150	100		
7. Зернобобовые	-	30	60	40	-	-	-	-	-	-	-	-		
Всего за ротацию, т или кг/га	40	275	420	280	40	275	420	280	40	275	420	280		
В среднем за год, т или кг/га	5,8	39,3	60,0	40,0	5,8	39,3	60,0	40,0	5,8	39,3	60,0	40,0		

Почва опытного участка — выщелоченный чернозем средней окультуренности, по механическому составу — средний суглинок. Пахотный горизонт (0-30 см) имеет следующую агрохимическую характеристику (до закладки опыта): РН солевой вытяжки (по Алямовскому) — 5,9-6,0%; содержание гумуса (по Тюрину) — 5,7-6,0%; сумма поглощенных оснований (по Каппену) — 36,4-37,0 мэкв; гидролитическая кислотность (по Каппену) — 5,6-6,2 мэкв; обменная кислотность (по Дайкухару) — 0,14-0,18 мэкв на 100 гр почвы; степень насыщенности почвы основаниями — 85,6-86,7%; содержание гидролизующего N (по Тюрину-Кононовой) — 6,0-6,1 мг; P_2O_5 (по Труогу — Мейеру) — 15,6-15,8 мг; K_2O (по Бровкиной) — 15,5-16,7 мг на 100 г почвы.

В опыте применяли следующие формы удобрений: мочевину, содержащую 46% N, двойной суперфосфат — 42% P_2O_5 , калийную соль — 40% K_2O , из органических удобрений — навоз, содержащий: воды — 51,6-60%, органических веществ — 17,3-19,1%, общего азота — 0,31-0,62%, фосфора — 0,18-0,49%, калия — 0,51-0,71% от сырого веса.

Органические и фосфорно-калийные удобрения вносили осенью, под зяблевую вспашку, вручную — разбросным методом. Азотные удобрения вносили тем же способом, но весной — под культивацию (для зерновых культур и трав) или под перепахку зяби (для картофеля).

Под озимые культуры большая часть азотных удобрений вносилась осенью под вспашку занятых паров, а небольшая часть — весной в подкормку.

В периоды вегетации проводили наблюдения за погодными условиями (температура, осадки и т.д.), ростом и развитием растений, два раза в месяц определяли влажность почвы в пахотном горизонте (0-30 см), кроме того, в метровом слое почвы определяли запасы продуктивной влаги: весной — перед началом полевых работ и осенью — перед наступлением устойчивых заморозков.

На картофельных полях, начиная с бутонизации, примерно, через каждые две недели проводили учеты нарастания веса ботвы и клубней. В эти же сроки отбирали средние образцы ботвы и клубней для определения содержания сухих веществ, общих — азота, фосфора и калия. Непосредственно перед уборкой с каждой делянки брали пробы клубней с 20 кустов — для определения структуры урожая, а также для установления качественных показателей — крахмала, витамина С, сырого протеина и др.

Перед уборкой зерновых культур, однолетних и многолетних трав с каждой делянки в трех повторностях брали пробы зерна, соломы, зеленой массы размером в 1 м^2 (по 4 пробы с каждой делянки — для определения биологического урожая и содержания азота, фосфора и калия сухих веществ в растительных органах культуры).

Для установления влияния разных систем удобрения на плодородие почвы в начале и в конце ротации севооборотов со всех делянок в горизонте 0-30 см были отобраны средние образцы почвы, в которых определяли содержание основных элементов питания. Методы почвенных анализов указаны выше.

Кроме того, в отдельные годы три раза за вегетацию на картофельных полях (и полях, занятых некоторыми другими культурами) определяли содержание в почве нитратного и аммиачного азота, подвижного фосфора и обменного калия по вариантам опыта, — с целью установить влияние удобрений на динамику элементов питания в почве в процессе роста растений. Содержание нитратного азота в почве определяли методом Грандваль-Ляжу, аммиачного — с реактивом Несслера на ФЭК-М.

Уборку урожая сельскохозяйственных культур в севооборотах проводили с применением машин и орудий, имеющихся в хозяйстве: зерновые культуры убирали комбайном СК-4, травы — навесной тракторной косилкой-двухбрусской КДП-4, картофель-копалелем КТН-2Б.

Учет урожая по делянкам — сплошной, путем взвешивания урожая с/х культур со всей учетной площади на почтовых (для зерновых и картофеля) и автомобильных (для трав) весах с последующим перерасчетом на урожайность в центнерах с 1 га.

Анализы растительных проб проводили следующими методами: содержание сухих веществ — путем высушивания и взвешивания, содержание крахмала — по удельному весу, витамина С — по Прокошеву, общего азота и сырого протеина — колориметрически с реактивом Несслера на ФЭК-М, фосфора — в модификации Малюгина-Хреновой на ФЭК-М, калия — на пламенном фотометре. Все три элемента определяли в одной навеске после сжигания ее в смеси серной и хлорной кислот.

Математическая обработка данных учета урожая проводилась методом дисперсионного анализа, изложенного В.Н. Перегудовым (1960).

Метеорологические условия вегетационных периодов (апрель — сентябрь) в годы проведения исследований были не одинаковы.

В 1970 году обилие осадков в апреле — мае перемежалось засухой и жаркой погодой в конце июня и в течение июля, затем — снова с обилием осадков в августе. Все это, в конечном итоге отрицательно сказалось на урожае яровых культур (особенно зернобобовых), раннего картофеля и положительно — на урожай озимых и среднепозднего картофеля.

Вегетационный период 1971 года был засушливым — осадков выпадало только 60% нормы. Особенно мало их выпадало в мае, июле и августе. В дневные часы температура воздуха в июле — августе и

даже в сентябре держалась на уровне 25-30°C в сочетании с суховейными ветрами, что приводило к сильному иссушению почвы. Поэтому урожаи всех сельскохозяйственных культур были ниже, чем в 1970 году.

Но особенно неблагоприятным был 1972 год, когда в течении всего лета преобладала жаркая погода с частыми суховейными явлениями. Днем температура достигала 28-30°C, иногда повышалась до 32-35°C, а 7, 20, 23 и 27 августа она составила 36-37° тепла. Осадки преимущественно в виде слабых кратковременных дождей выпадали крайне неравномерно и быстро испарялись вследствие высокой температуры воздуха и почвы. Всего за вегетацию их выпало 244 мм или 81% нормы. Только озимая рожь в этом году дала сравнительно неплохой урожай, продуктивность остальных культур в севооборотах была низкой, зерно уродилось мелкое и щуплое, товарность клубней была невысокой.

В 1973 году сложились благоприятные условия для роста и развития всех с/х культур. В июне, июле и августе преобладала умеренно теплая погода с большим количеством осадков — особенно в последних летних месяцах. В целом за вегетацию их выпало 393 мм или 130% нормы. Следует отметить, что часто выпадающие дожди во время уборки зерновых культур и картофеля привели к большим потерям урожая.

Вегетационный период 1974 года отмечен значительными контрастами: первая половина его (апрель, май, июнь) выдалась прохладной — температура воздуха в эти месяцы была на 0,9-3,7°C ниже нормы при обилии осадков; во второй половине вегетации (июль — сентябрь) установилась жаркая и сухая погода, осадков за эти три месяца выпало только 48% нормы. В конечном итоге, если в первой половине вегетации шло интенсивное нарастание надземной массы всех с/х культур, то во второй половине практически прекратился налив зерна, замедлилось клубнеобразование, что привело к недобору урожая.

В 1975 году жаркая и сухая погода в мае — июне угнетала растения, вследствие чего урожай однолетних трав оказался невысоким: а зерновые культуры не дали хорошего налива. В конце июля и начале августа прошли ливневые дожди, температура воздуха понизилась до оптимальной, что способствовало интенсивному накоплению урожая картофеля среднепоздних сортов.

В 1976 году преобладала прохладная погода с достаточным количеством осадков (107% нормы за вегетацию). В результате этого отмечено интенсивное нарастание надземной массы всех с/х культур (особенно озимой ржи и картофеля), однако недостаток солнечной радиации замедлил созревание колосовых культур, вследствие чего и озимые, и яровые хлеба достигли полной спелости лишь в середине

первой декады августа. Урожай зерновых культур и картофеля выращен хороший, но осенние дожди привели к большим потерям клубней.

Основные элементы погоды за 1970 — 1976 год приведены в таблице 2.

Таблица 2.

**Метеорологические условия вегетационных периодов
1970-1976 гг. по данным Елецкой ГМС**

Годы	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	Средние и суммы за IV — IX месяца
1970	7,9	14,2	16,8	20,9	17,0	12,2	14,8
1971	5,1	13,9	13,2	19,9	19,1	13,6	15,0
1972	8,1	15,2	21,3	23,0	24,0	12,4	17,3
1973	10,0	14,3	17,7	17,8	16,7	8,8	14,2
1974	3,9	9,9	16,1	18,3	17,7	14,3	13,4
1975	12,3	18,1	20,2	19,0	16,4	14,3	16,7
1976	7,3	10,9	15,0	16,1	15,4	11,2	12,6
Ср. многол.	4,8	13,8	18,1	20,0	18,5	12,4	14,6
Осадки (мм)							
1970	43,9	35,7	38,8	57,0	131,0	49,4	355,8
1971	27,0	5,0	44,0	37,0	25,0	41,0	179,0
1972	50,0	12,0	35,0	67,0	28,0	52,0	244,0
1973	47,0	75,0	46,0	94,0	77,0	59,0	393,0
1974	16,0	130,0	86,0	57,0	15,0	7,0	311,0
1975	27,0	27,0	47,0	107,0	60,0	21,0	289,0
1976	23,0	59,0	56,0	84,0	47,0	55,0	324,0
Ср. многол.	30	49	58	70	54	41	302
Относительная влажность воздуха (%)							
1970	79	60	63	64	74	80	70
1971	57	46	67	68	60	65	65
1972	78	51	59	60	42	64	59
1973	76	72	69	76	78	73	74
1974	69	76	75	80	71	64	73
1975	68	60,7	64,6	67,7	71	70	67
1976	70	74	72	80	79	70	74

ГЛАВА III. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

1. Агротехника и урожайность зерновых культур, однолетних и многолетних трав в севооборотах

После уборки урожая текущего года на опытные делянки (обычно осенью) вносили фосфорные и калийные удобрения по установленной схеме, а под озимые кроме того и часть азотных удобрений. Зябь пахали плугом с предплужниками на глубину 25-27 см.

Внесение удобрений, вспашку занятых паров под озимые культуры проводили в более ранние сроки – в августе, июле сразу же после уборки парозанимающей культуры (вика-овес).

Весной зябь бороновали тяжелыми боронами «зиг-заг» (обычно в два следа), вносили азотные удобрения, после чего участок культивировали.

Сев проводили в один день по всем севооборотам зерновой навесной сеялкой СЗН-24 (таблица 3). После чего поля прикатывали средними катками. В годы, когда сразу же после сева выпадали обильные осадки, прикатывание не проводили.

Таблица 3.

Сроки сева зерновых культур однолетних и многолетних трав в годы исследований

Культура	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Даты сева								
1. Озимые	29.08	24.08	31.08	28.08	2.09	4.09	19.08	—
2. Яровые зерновые и травы	—	27.04	24.04	3.05	26.04	3.05	20.04	26.04

Сроки сева озимых, яровых зерновых культур и трав приведены в таблице 3.

Урожайность зерна в настоящей монографии приводится в пересчете на базисную влажность 14%, урожайность соломы и сена однолетних и многолетних трав – 17%.

Выход кормовых единиц для зерновых культур приводится суммарно – по основной и побочной (солома) продукции.

А) яровые, зерновые культуры

Только в 1970 году в опыте высевали устаревший сорт ячменя – Казанский 6/4, в остальные годы в севооборотах возделывали новый районированный в Липецкой области сорт, Носовский 6.

Хозяйственная годность семян колебалась по годам в пределах 98,0-98,3%. Норма высева – 250-260 кг/га.

Вместе с ячменем сеяли клевер с нормой высева – 20 кг/га. Глубина заделки семян ячменя и клевера – 4-5 см.

Всходы ячменя наблюдались: самые ранние – 30 апреля 1975 г., самые поздние – 13 мая 1972 г., колошение начиналось: самое раннее – 11 июня 1975 г., самое позднее – 29 июня 1976 г., полная спелость зерна отмечена соответственно 13 июля 1975 г. и 21 августа 1976 г.

На рост и развитие ячменя большое влияние оказали погодные условия. Наименьшая продолжительность вегетационного периода этой культуры была в 1972 году – 79 дней, наибольшая – в 1976 году – 117 дней. В остальные годы продолжительность вегетации ячменя составляла 84-97 дней (таблица 4).

Все это согласуется с данными метеорологических наблюдений: 1972 год – самый засушливый и жаркий (средняя температура воздуха за апрель-сентябрь – 17,3°C), 1976 год – самый прохладный (средняя температура за вегетацию – 12,6°C, при средней многолетней – 14,6°C).

Таблица 4.

Результаты фенологических наблюдений на посевах ячменя

Годы	Даты наступления фаз развития					Число дней от посева до полного созревания	Отклонения от среднего
	всходы	колошение	молочная спелость	восковая спелость	полная спелость		
1970	3.V	15.VI	3.VII	16.VII	22.VII	86	- 7
1971	8.V	20.VI	16.VII	26.VII	29.VII	96	+ 3
1972	13.V	20.VI	4.VII	15.VII	21.VII	79	- 14
1973	5.V	17.VI	1.VII	19.VII	26.VII	89	- 4
1974	12.V	28.VI	12.VII	2.VIII	8.VIII	97	+ 4
1975	30.IV	11.VI	24.VII	8.VII	13.VII	84	- 9
1976	9.V	27.VI	17.VII	10.VIII	21.VIII	117	+ 24
Среднее:						93	-

Примечание: дозы удобрений практически не оказали заметного влияния на сроки прохождения ячменем основных фаз развития, поэтому варианты опыта в этой таблице не приводятся.

Таким образом, недостаток влаги и жаркая погода ускоряют созревание ячменя, в то время как прохладная погода отдалает сроки созревания. Избыток влаги не всегда является фактором, способствующим увеличению продолжительности периода вегетации ячменя. Так, количество осадков, выпавших в 1970 и 1973 гг., превышает среднюю многолетнюю норму, однако продолжительность вегетации ячменя в эти годы меньше ее средней продолжительности за 7 лет на 3-7 дней. По всей вероятности, величина этого показателя зависит от совокупности многих факторов и, прежде всего, от температуры воздуха и влажности почвы.

Клевер, посеянный под покров ячменя (при этом семена его заделывались на ту же глубину, что и семена ячменя), не всегда давал дружные всходы. Кроме того, дальнейшее развитие его во многом зависит от погодных условий. Поэтому, в 1972, 1974 и 1975 гг. клевер в посевах ячменя рос и развивался слабо и к осени обычно погибал полностью или сильно изреживался. Причина этого, в основном, - высокая температура воздуха и недостаток влаги. Сказывалось по-видимому, и угнетающее влияние покровной культуры в эти годы.

При достижении ячменем полной спелости зерна проводили учет биологического урожая (методика учета описана выше). После этого опытные делянки убрали комбайном.

Данные учета урожая ячменя в годы исследований приведены в таблице 5. Они показывают, что минеральные удобрения по разному (в зависимости от метеорологических условий) влияли на урожайность ячменя. Поэтому в первом севообороте при внесении дозы $N_{50}P_{100}K_{80}$ (как самой большой) урожайность этой культуры не всегда была самой высокой. В 1971, 1972, 1975 и 1976 гг. урожайность ячменя здесь была или ниже или такой же, как и при внесении $N_{50}P_{60}K_{40}$ (контроль), т.е. в засушливые годы повышенные дозы фосфора и калия были малоэффективными.

В среднем за 7 лет прибавки урожайности ячменя при второй и третьей системах удобрения оказались практически одинаковыми и составили 1,8-1,6 ц/га или 6,8-6,1% больше, чем на контроле.

Во втором севообороте урожайность ячменя при внесении $N_{50}P_{60}K_{40}$ была выше, чем в варианте без внесения удобрений. Однако, в последние годы (1975, 1976) разница в урожайности между этими вариантами становилась все меньше, по-видимому, за счет насыщения почвы элементами минерального питания от применения удобрений в запас под предшествующие культуры.

Таблица 5.

Влияние удобрений на урожайность ячменя

Варианты опыта	Урожайность, ц/га							Прибавки, ц/га	% к контролю
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976		
	1-й севооборот, предшественник – вико-овес (зерно)								
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	27,9	20,6	22,3	27,3	31,4	28,7	26,4	-	100,0
2. N ₆₀ P ₇₀ K ₄₀	32,7	25,3	24,2	28,7	31,2	28,3	27,0	1,8	106,8
3. N ₅₀ P ₁₀₀ K ₈₀	35,1	20,7	22,9	30,1	34,6	27,5	25,2	1,6	106,1
ЗЕ =	8,1	1,26	1,35	1,53	2,16	1,53	1,83		
Р% =	8,4	1,9	1,96	1,8	2,25	1,82	2,26		
2-й севооборот, предшественник – вико-овес (зерно)									
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	35,3	26,8	22,0	33,9	35,4	25,9	27,8	-	100,0
2. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	34,4	23,7	21,2	36,9	30,5	27,8	30,3	-0,3	99,0
3. Без удобрений	31,4	20,1	20,1	31,4	26,4	23,5	29,8	-3,5	88,2
ЗЕ =	1,32	3,21	0,93	0,69	4,44	0,9	1,16		
Р% =	1,29	4,4	1,48	0,7	4,77	1,15	1,34		

В среднем за годы исследований урожайность ячменя при первой и второй системах удобрения оказалась практически одинаковой, а при третьей системе произошло снижение урожайности на 3,5 ц/га или на 11,8 %.

Такая же закономерность наблюдается и по выходу соломы и по сбору кормовых единиц с гектара (таблицы 6 и 7).

В целом за годы проведения исследований продуктивность гектара посевов ячменя во втором севообороте оказалась выше, чем в первом, - за счет большего количества удобрений, внесенных на 1 га посевов во втором севообороте за ротацию.

Одним из показателей качества урожая является содержание белковых веществ в органах растения.

Как показали результаты проведенных нами анализов, содержание «сырого» протеина в зерне повышается от применения удобрений. Так, во втором севообороте в среднем за 7 лет при внесении $N_{50}P_{60}K_{40}$ содержание «сырого» протеина в зерне ячменя составило 10,5-10,7%, тогда как на неудобренном варианте - 9,7%.

Решающим фактором в повышении содержания «сырого» протеина является азотное удобрение, о чем свидетельствуют данные, приведенные в таблице 8. Если при внесении $N_{50}P_{60}K_{40}$ содержание сырого протеина в зерне составило 10,1%, то даже небольшое увеличение дозы азота в варианте $N_{50}P_{70}K_{40}$ повысило этот показатель до 11,4%. Во то же время в третьем варианте, где доза азота осталась такой же, как и в первом варианте, а нормы фосфора и калия увеличены почти в два раза, - содержание сырого протеина в зерне ячменя осталось на уровне контроля (10,3%).

Величина этого показателя заметно колебалась в зависимости от метеорологических условий года проведения исследований. Максимальное содержание сырого протеина в зерне ячменя наблюдалось в 1975 году (12,8-16,2%), минимальное - в 1974 году (7,4-8,7%).

Сбор сырого протеина с единицы площади зависел в основном от содержания его в зерне и урожайности. В первом севообороте более высокий сбор его отмечен во втором варианте, при первой и третьей системах удобрения этот показатель практически одинаков.

Во втором севообороте некоторое снижение сбора сырого протеина наблюдается в третьем варианте, где удобрение не вносилось ни под предшествующую культуру, ни под ячмень.

Вынос элементов минерального питания во многом определялся содержанием их в органах растения и величиной урожая ячменя. При этом соотношение азота, фосфора и калия в годы проведения исследований было не одинаковым. Так, урожаем зерна максимальный вынос азота был в 1975 году, фосфора - в 1970 году, калия - в 1973 году. Урожаем соломы больше всего было вынесено азота в 1970 году, фосфора - в 1974 году, калия - в 1970 году (таблицы 9 и 10). Урожаем зерна выносятся больше азота, урожаем соломы - калия.

Таблица 6.

Выход соломы ячменя в зависимости от условий выращивания

Вариант опыта	Выход соломы по годам, ц/га							Прибавки, ц/га	% к контролю
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976		
1-й севооборот, предшественник – вико-овес на зерно									
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	60,9	53,4	40,1	40,9	66,8	41,2	30,5	-	100,0
2. N ₆₀ P ₇₀ K ₄₀	63,3	53,2	45,5	42,1	68,3	38,9	33,9	1,6	103,3
3. N ₅₀ P ₁₀₀ K ₈₀	62,5	46,8	42,2	48,4	67,0	37,6	30,0	0,1	100,2
2-й севооборот, предшественник – вико-овес на зерно									
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	57,2	53,8	42,0	47,7	80,8	39,8	38,1	-	100,0
2. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	60,1	44,4	38,7	51,1	71,8	42,3	42,7	1,1	97,8
3. Без удобрений	56,3	33,9	40,6	47,7	55,7	37,8	39,5	8,8	82,8

Таблица 7.

Сбор кормовых единиц на посевах ячменя

Варианты опыта	Выход соломы по годам, ц/га							Отклонение от контроля	% к контролю	
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976			Средний
1-й севооборот										
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	5,8	45,1	41,4	47,7	62,1	49,5	42,9	49,3	-	100,0
2. N ₆₀ P ₇₀ K ₄₀	62,4	49,9	45,6	49,8	62,3	48,2	44,9	51,9	2,6	105,2
3. N ₅₀ P ₁₀₀ K ₈₀	65,0	42,2	42,9	53,8	65,9	46,8	41,3	51,1	1,8	103,6
2-й севооборот										
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	63,2	51,8	41,5	58,2	71,8	45,7	47,3	54,3	-	100,0
2. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	63,3	44,6	39,5	63,0	62,8	48,8	52,1	53,5	-0,8	98,5
3. Без удобрений	58,2	36,5	38,7	55,2	52,0	42,1	50,3	47,6	-6,7	87,7

Примечание: сбор кормовых единиц приведен суммарно по основной и побочной продукции.

Влияние удобрений на содержание «сырого» протеина в зерне ячменя

Варианты опыта	Содержание «сырого» протеина, % на сырое вещество							Сбор сырого протеина (среднее за 7 лет)	Отклонения от контроля ц/га
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976		
1-й севооборот									
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	9,5	9,8	10,0	8,9	8,4	15,3	8,6	2,7	-
2. N ₆₀ P ₇₀ K ₄₀	10,4	13,5	12,7	9,6	8,7	16,2	8,9	3,2	0,5
3. N ₅₀ P ₁₀₀ K ₈₀	10,0	8,9	12,5	8,8	8,3	15,2	8,6	2,9	0,2
2-й севооборот									
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	9,7	10,9	11,6	10,6	8,4	14,5	9,1	3,2	-
2. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	9,6	11,0	11,6	10,6	7,8	13,7	9,1	3,1	-0,1
3. Без удобрений	9,4	10,4	9,5	9,7	7,4	12,8	8,7	2,5	-0,7

Таблица 9.

Вынос азота, фосфора и калия с урожаем зерна ячменя, кг/га

Варианты опыта	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	Средний
I-й севооборот (N)								
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	46,8	35,2	39,2	43,0	45,7	77,5	40,0	46,8
2. N ₆₀ P ₇₀ K ₄₀	59,6	56,1	51,4	48,6	47,4	80,1	41,9	55,0
3. N ₅₀ P ₁₀₀ K ₈₀	61,4	32,0	40,6	46,9	49,9	65,5	37,8	47,7
II-й севооборот								
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	60,4	51,3	45,0	63,0	52,0	66,3	44,2	54,6
2. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	58,0	45,9	43,5	68,2	41,1	66,9	48,4	58,1
3. Без удобрений	51,6	36,8	33,4	51,0	34,2	52,5	45,4	43,6
I-й севооборот (P ₂ O ₅)								
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	22,4	17,6	20,2	17,2	24,1	18,1	15,4	19,3
2. N ₆₀ P ₇₀ K ₄₀	27,1	25,1	21,1	20,2	27,4	20,3	16,5	22,5
3. N ₅₀ P ₁₀₀ K ₈₀	30,5	26,0	21,5	21,8	26,4	14,1	16,5	22,4
II-й севооборот (K ₂ O)								
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	30,1	32,7	21,0	25,4	28,6	16,3	17,0	24,4
2. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	28,7	24,9	19,4	27,3	23,8	16,0	19,0	22,7
3. Без удобрений	24,6	14,7	16,4	21,2	18,8	12,9	17,2	18,0
I-й севооборот (K ₂ O)								
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	18,0	14,8	16,9	22,1	20,4	19,1	20,0	18,8
2. N ₆₀ P ₇₀ K ₄₀	20,9	19,2	18,4	23,2	20,0	19,0	20,7	20,2
3. N ₅₀ P ₁₀₀ K ₈₀	24,5	16,7	20,7	24,9	24,1	15,8	19,8	20,9
II-й севооборот								
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	23,4	24,2	19,1	30,0	22,2	15,2	22,3	22,4
2. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	23,4	20,4	19,2	32,4	17,8	14,6	23,7	21,7
3. Без удобрений	19,4	16,3	15,1	25,3	13,4	11,9	20,2	17,4

Таблица 10

Вынос азота, фосфора и калия с урожаем соломы ячменя, кг/га

Варианты опыта	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	Средний
I-й севооборот (N)								
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	70,3	44,4	52,6	42,5	31,6	37,6	30,5	44,2
2. N ₆₀ P ₇₀ K ₄₀	76,7	57,2	68,9	48,1	37,4	37,8	36,4	51,8
3. N ₅₀ P ₁₀₀ K ₈₀	73,6	38,0	53,2	50,6	29,4	32,4	29,5	43,8
II-й севооборот								
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	68,6	60,3	59,6	58,6	40,2	37,8	43,6	52,6
2. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	70,0	44,5	54,1	64,1	33,4	38,3	49,4	50,5
3. Без удобрений	62,6	23,6	43,8	53,9	24,0	31,1	41,4	40,1
I-й севооборот (P ₂ O ₅)								
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	13,3	24,0	7,3	7,1	27,1	5,8	5,3	12,8
2. N ₆₀ P ₇₀ K ₄₀	16,4	26,3	10,9	8,7	26,0	6,1	6,2	14,4
3. N ₅₀ P ₁₀₀ K ₈₀	16,7	30,1	11,6	11,3	23,8	5,0	6,5	15,0
II-й севооборот								
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	13,0	25,9	12,6	11,9	31,5	7,6	8,2	15,8
2. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	15,1	16,6	11,6	12,3	24,4	6,0	8,5	13,5
3. Без удобрений	11,3	7,9	11,1	10,3	16,6	4,4	6,9	9,8
I-й севооборот (K ₂ O)								
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	73,4	83,5	50,3	39,1	63,1	45,1	25,5	54,3
2. N ₆₀ P ₇₀ K ₄₀	80,0	80,0	63,6	39,3	65,7	43,3	28,7	57,2
3. N ₅₀ P ₁₀₀ K ₈₀	83,1	72,2	59,7	50,2	66,0	40,8	27,1	57,0
II-й севооборот								
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	71,5	70,2	64,9	48,7	74,3	40,3	35,1	57,8
2. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	76,4	57,8	59,5	53,1	63,8	51,2	38,7	57,2
3. Без удобрений	67,2	37,6	61,0	47,9	44,4	35,2	33,8	46,7

По общему выносу элементов питания (зерном и соломой) на первом месте стоит азот, на втором – калий, на третьем – фосфор. С внесением удобрений вынос элементов питания возрастает (табл. 11).

Таблица 11.

Общий вынос азота, фосфора и калия с урожаем ячменя
(зерно + солома), кг/га

Варианты опыта	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	Сред- ний
I-й севооборот (N)								
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	117,1	79,6	91,8	85,5	77,3	115,1	70,5	91,0
2. N ₆₀ P ₇₀ K ₄₀	136,3	113,3	120,3	96,7	84,8	117,9	78,3	106,8
3. N ₅₀ P ₁₀₀ K ₈₀	135,0	70,0	93,8	97,5	79,3	97,9	67,3	91,5
II-й севооборот								
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	129,0	111,6	104,6	121,6	92,2	104,1	87,8	107,2
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	128,0	90,4	97,6	132,3	74,5	105,2	97,8	103,6
3. Без удобрений	114,2	60,4	77,2	104,9	58,2	83,6	86,8	83,7
I-й севооборот (P ₂ O ₅)								
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	35,7	41,6	27,5	24,3	51,2	23,9	20,7	32,1
2. N ₆₀ P ₇₀ K ₄₀	43,5	51,4	32,0	28,9	53,4	26,4	22,7	36,9
3. N ₅₀ P ₁₀₀ K ₈₀	47,2	56,1	33,1	33,1	50,2	19,1	23,0	37,4
II-й севооборот								
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	43,1	58,6	33,6	37,3	60,1	23,9	25,2	40,2
2. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	43,8	41,5	31,0	39,6	48,2	22,0	27,5	36,2
3. Без удобрений	35,9	22,6	27,5	31,5	35,4	17,3	24,1	27,8
I-й севооборот (K ₂ O)								
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	91,4	98,3	67,2	61,2	83,5	64,2	45,5	73,1
2. N ₆₀ P ₇₀ K ₄₀	100,9	99,2	82,0	62,5	85,7	62,3	49,4	77,4
3. N ₅₀ P ₁₀₀ K ₈₀	107,6	88,9	80,4	75,1	90,1	56,6	46,9	77,9
II-й севооборот								
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	94,9	94,4	84,0	78,7	96,5	55,5	57,4	80,2
2. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	99,8	78,9	78,7	85,5	81,6	65,8	62,4	78,9
3. Без удобрений	86,6	53,9	76,1	73,2	57,8	47,1	54,0	64,1

В среднем за 7 лет с одной тонной зерна в зависимости от доз удобрений вынесено 32,1-37,8 кг азота, 10,7-13,6 кг фосфора и 24,6-27,8 кг калия. Соотношение элементов питания в урожае зерна и соломы ячменя приведено в таблице 12.

Таблица 12.

Вынос элементов питания на 1 т зерна и соотношение азота, фосфора и калия в урожае ячменя
(средние за 1970-1976 гг.)

Варианты опыта	Вынос, кг/т			Соотношение N, P ₂ O ₅ , K ₂ O в урожае						
	зерна			соломы						
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
1-й севооборот										
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	34,5	12,2	27,7	1	0,41	0,41	0,40	1	0,29	1,29
2. N ₆₀ P ₇₀ K ₄₀	37,8	13,1	27,5	1	0,41	0,37	0,37	1	0,28	1,10
3. N ₅₀ P ₁₀₀ K ₈₀	32,4	13,4	27,8	1	0,43	0,44	0,44	1	0,30	1,30
2-й севооборот										
1. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	36,2	13,6	27,1	1	0,45	0,45	0,41	1	0,30	1,10
2. N ₅₀ P ₆₀ K ₄₀	35,4	12,4	27,0	1	0,43	0,41	0,41	1	0,27	1,13
3. Без удобрений	32,1	10,7	24,6	1	0,41	0,40	0,40	1	0,25	1,17

Примечание: в таблице приводятся суммарный вынос (зерно + солома).

Б) Многолетние травы 1 года пользования

О способе сева клевера уже было показано выше. Следует отметить, что этот способ не совсем удачный, так как семена клевера заделывались на ту же глубину, что и семена ячменя (4-5 см). Однако применить другие способы сева многолетних трав не было возможности из-за отсутствия в хозяйстве необходимой посевной техники.

Погодные условия оказали заметное влияние на состояние посевов этой культуры. В 1973 году, 1975 и 1976 годах вместо клевера 1 г.п., высевали вико-овес, так как сильно ослабленные в периоды сильной засухи 1972, 1974 и 1975 гг., посевы клевера обычно не выдерживали зимних холодов и погибали. Следует отметить, что аналогичная картина наблюдалась по всей Липецкой области.

Благоприятными для роста и развития клевера 1 г.п. были вегетационные периоды 1971 и 1974 гг., когда удалось провести по два укоса этой культуры. В 1972 году из-за сильной засухи урожай клевера 1 г.п. был довольно низкий (таблицы 13 и 14).

Посевы клевера 1 г.п. не удобрялись, поэтому урожайность этой культуры полностью зависела от удобрения предшествующих культур.

Самая высокая урожайность клевера 1 г.п. имела место в 1974 году — 451,6-588,6 ц/га зеленой массы или 103,8-130,9 ц/га сена.

В первом севообороте в отдельные годы получены достоверные, хотя и не очень высокие, прибавки урожая сена клевера 1 г.п. (а так же вико-овса) от применения второй и третьей систем удобрения. В среднем за 7 лет эти прибавки составили 2,7-3,1 ц/га или на 5,7-6,7% больше, чем от применения первой системы удобрения (ежегодное внесение).

Во втором севообороте наблюдается заметное снижение урожайности (как зеленой массы, так и сена) от применения третьей системы удобрения (в этом случае клевер 1 г.п. не удобряется 3 года подряд). Это снижение в среднем за 1970-1976 гг. составило 28,2 ц/га (13,47) по зеленой массе и 6,1 ц/га (12,5 %) по выходу сена. При первой и второй системах удобрения урожайность зеленой массы и сена практически одинакова.

Таблица 13.

Урожайность клевера 1 г.п. (зеленая масса)

Варианты опыта	Урожайность зеленой массы, ц/га							Прибавки, ц/га	% к контролю
	1970*	1971	1972	1973*	1974	1975*	1976*		
	Средний								
1-й севооборот									
1. Без удобрений	119,1	147,8	46,2	223,0	462,3	151,8	195,2	-	100,0
2. " -	118,9	151,6	46,9	238,5	497,2	165,0	207,5	11,3	105,9
3. " -	116,4	178,5	50,5	218,3	451,6	166,3	211,6	6,8	103,6
2-й севооборот									
1. Без удобрений	125,9	170,6	47,8	210,1	588,6	122,2	202,5	-	100,0
2. " -	130,0	173,1	46,2	205,5	570,3	125,0	207,0	-1,0	99,6
3. " -	128,0	138,9	35,8	172,9	496,3	106,3	188,3	-28,2	86,6

Примечание: X — в эти годы вместо клевера 1 г.п. выращивался вико-овес. В 1971 и 1974 гг. проведено 2 укоса клевера.

Урожайность клевера 1 г.п. (сено)

Варианты опыта	Урожайность зеленой массы, ц/га						Прибавки, ц/га	% к контролю	
	1970*	1971	1972	1973*	1974	1975*			1976*
1-й севооборот									
1. Без удобрений	26,4	45,4	16,7	47,0	106,3	36,6	41,4	45,7	100,0
2. " -	25,4	46,6	17,2	51,1	112,3	42,5	43,5	48,4	105,7
3. " -	25,3	55,6	18,1	47,1	103,8	43,3	48,3	48,8	106,7
ЗЕ, ц/га =	2,85	3,39	0,25	0,4	7,44-3,39	2,28	4,8		
Р, % =	2,81	2,86	0,71	0,3	3,71-2,82	1,85	3,6		
2-й севооборот									
1. Без удобрений	26,3	47,1	17,6	43,2	139	31,1	44,3	48,6	100,0
2. " -	24,1	47,8	17,6	43,3	126,2	30,6	42,6	47,5	97,7
3. " -	24,4	40,7	13,0	36,9	112,4	26,4	43,5	42,5	87,5
ЗЕ, ц/га =	1,93	3,57	0,14	0,67	10,83-3,33	1,23	3,6		
Р, % =	2,36	3,25	0,44	0,6	4,56-2,52	1,41	2,7		

Примечание: Х – вместо клевера 1 г.п. выращивался вико-овес.

Сбор кормовых единиц с гектара посевов клевера 1 г.п. по вариантам опыта имеет такую же закономерность, что и урожайность этой культуры (таблица 15).

Содержание сырого протеина в сене клевера 1 г.п. в годы проведения исследований существенно колебалось и достигало максимальной величины в 1971 году (10,8-20,2 %), минимальной – в 1974 году (7,1-10,1%).

В среднем за 7 лет более высокое содержание сырого протеина отмечено в сене (11,9 %), выращенном при второй системе удобрения (первый севооборот), при первой и второй системе (11,2-11,4%) – второй севооборот.

Сбор сырого протеина пропорционален его содержанию в сене и урожайности (таблица 16).

Вынос элементов минерального питания урожаем клевера 1 г.п. сильно различался по годам. Больше всего азота, фосфора и калия было вынесено в 1974 году, меньше всего – в 1972 году. По абсолютному выносу урожаем клевера 1 г.п. элементов питания на первом месте стоит азот, на втором – калий, на третьем – фосфор (таблица 17). Величина выноса того или иного элемента, как правило, в большей степени зависит от урожайности культуры.

В первом севообороте на 1 т сена вынос составил: азота – 17,4-18,6 кг, фосфора – 4,7-4,9 кг, калия – 14,4-15,2 кг, во втором соответственно: азота – 16,22-18,0 кг, фосфора – 4,4-4,9 кг, калия – 13,9-15,0 кг.

Соотношение элементов питания в урожае клевера 1 г.п. по вариантам опыта довольно стабильное и составляет в среднем 7 лет: 1: 0,26 – 0,28: 0,80 – 0,86, т.е. фосфора выносятся в 4 раза, калия – в 0,8 – 0,9 раза меньше, чем азота (таблица 18).

Сбор кормовых единиц на посевах клевера 1 г.п.

Варианты опыта	Сбор кормовых единиц, ц/га							Отклонения от контроля, ц/га	%	
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Средний			
1-й севооборот										
1. Без удобрений	13,5	23,6	8,7	24,0	55,3	18,6	21,1	23,5	-	100,0
2. " "	13,0	24,2	8,9	26,1	58,4	21,7	22,2	24,9	1,4	106,0
3. " "	12,9	28,9	9,4	24,0	53,9	22,0	24,6	25,1	1,6	106,9
2-й севооборот										
1. Без удобрений	13,4	24,5	9,2	22,1	68,1	15,9	22,6	25,1	-	100,0
2. " "	12,3	24,8	9,2	22,4	65,6	15,6	21,7	24,5	-0,6	97,6
3. " "	12,4	21,2	6,8	18,8	58,5	13,5	22,2	21,9	-3,2	87,2

Содержание и сбор сырого протеина на посевах клевера 1 г.п.

Варианты опыта	Содержание сырого протеина в клеверном сене, %							Сбор сырого протеина (средний за 7 лет) ц/га	Отклонения от контроля, ц/га	% к контролю	
	1970 ^х	1971	1972	1973 ^х	1974	1975 ^х	1976 ^х				Среднее
1-ый севооборот											
1. Без удобрений	10,4	15,4 13,2	12,5	8,0	7,8 9,8	11,1	8,5	10,8	4,9	-	100,0
2. — " —	10,2	17,5 18,3	14,4	8,6	8,2 10,1	11,3	8,4	11,9	5,8	0,9	118,2
3. — " —	10,3	13,5 15,6	12,2	8,6	7,8 10,7	10,8	8,6	10,8	5,3	0,4	108,0
2-ой севооборот											
1. Без удобрений	10,2	12,8 20,2	13,5	8,4	7,7 9,6	11,3	8,6	11,4	5,5	-	100,0
2. — " —	10,2	13,8 19,0	12,0	8,3	8,3 9,8	11,1	8,6	11,2	5,3	- 0,2	96,3
3. — " —	10,1	10,8 16,2	11,3	7,6	7,1 8,3	10,9	8,6	10,1	4,3	- 1,2	78,3

Примечание: х - по этим годам приведено содержание сырого протеина в сене вико-овса. В графах за 1971 и 1974 годами в числителе - содержание сырого протеина в сене 1 укоса, в знаменателе - в сене 2 укоса.

Таблица 17.

Вынос азота, фосфора и калия урожаем клевера 1 г.п., кг/га

Варианты опыта	1970 ^х	1971	1972	1973 ^х	1974	1975 ^х	1976 ^х	Сред- ний
I-й севооборот (N)								
1. Без удобрений	48,0	114,4	36,7	65,9	159,9	70,8	61,4	79,5
2. - " -	45,6	145,5	43,4	76,7	173,4	82,7	64,1	90,2
3. - " -	46,2	144,8	38,5	63,6	153,4	81,6	72,5	85,7
II-й севооборот								
1. Без удобрений	47,1	139,0	41,4	63,9	194,3	61,4	66,8	87,6
2. - " -	43,0	139,2	37,3	62,2	194,5	59,4	64,0	85,6
3. - " -	43,1	98,8	25,7	48,9	147,5	50,8	66,0	68,7
I-й севооборот (P ₂ O ₅)								
1. Без удобрений	10,3	18,7	6,5	28,5	51,2	17,3	17,5	21,7
2. - " -	10,1	19,5	7,7	32,6	55,6	20,8	17,7	23,4
3. - " -	9,6	27,3	7,8	27,8	52,8	22,0	19,2	23,8
II-й севооборот								
1. Без удобрений	10,2	24,3	7,4	26,6	61,8	15,2	19,5	23,6
2. - " -	8,8	22,6	6,6	24,8	57,1	14,2	18,4	21,8
3. - " -	9,3	21,3	5,1	20,2	46,3	10,6	17,0	18,6
I-й севооборот (K ₂ O)								
1. Без удобрений	34,0	56,5	19,2	96,6	130,4	49,8	75,1	66,0
2. - " -	33,2	59,9	20,8	106,5	146,1	58,6	79,6	72,1
3. - " -	32,6	77,5	19,7	98,9	141,9	61,0	85,7	73,9
II-й севооборот								
1. Без удобрений	33,3	71,8	21,6	94,1	163,7	42,6	81,1	72,6
2. - " -	31,0	77,5	18,7	89,1	162,9	42,4	78,5	71,4
3. - " -	31,1	49,0	12,7	73,6	132,2	33,8	79,1	58,9

Примечание: х — за эти годы приведен вынос элементов питания урожаем вико-овса.

Таблица 18.

Вынос азота, фосфора и калия на 1 т сена и соотношение
N, P₂O₅ и K₂O в урожае клевера 1 г.п.
(средние за 1970-1976 гг.)

Варианты опыта	Вынос на 1 т сена, кг/т			Соотношение		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	1-й севооборот		
					P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Без удобрений	17,4	4,7	14,4	1	0,28	0,83
2. - " -	18,6	4,8	15,0	1	0,26	0,80
3. - " -	17,6	4,9	15,2	1	0,28	0,86
2-й севооборот						
1. Без удобрений	18,0	4,9	15,0	1	0,27	0,83
2. - " -	18,0	4,6	15,0	1	0,26	0,83
3. - " -	16,2	4,4	13,9	1	0,27	0,86

Урожайность клевера 2 г.п.

Варианты опыта	Урожайность, ц/га							Прибавки, ц/га	% к кон- тролю
	1970*	1970*	1970*	1970*	1970*	1970*			
	Средняя	1970*	1970*	1970*	1970*	1970*			
1-й севооборот, зеленая масса									
1. Р ₄₀ К ₄₀	138,6	126,8	133,9	63,9	321,0	145,5	226,5	165,5	100,0
2. Р ₄₀ К ₄₀	144,3	126,2	132,2	67,1	329,0	151,2	217,5	166,8	100,0
3. Без удобрений	131,9	111,0	115,0	58,5	298,0	121,1	202,4	148,3	89,7
Сено									
1. Р ₄₀ К ₄₀	30,6	45,1	42,8	23,6	71,6	36,0	47,9	42,5	100,0
2. Р ₄₀ К ₄₀	30,6	43,0	41,1	23,3	71,9	41,2	44,0	42,2	99,3
3. Без удобрений	29,0	35,9	36,0	21,8	69,0	33,4	43,6	38,5	90,6
ЗЕ, ц/га =	3,0	3,41	0,87	0,65	16,2	3,24	3,15		
Р, % =	3,5	4,0	1,0	1,5	7,6	2,29	2,30		

Примечание: х – в эти годы вместо 2 г.п. выращивался вико-овес.

Сбор кормовых единиц, содержание и сбор сырого протеина на посевах клевера 2 г.п.

Варианты опыта	1970*	1971*	1972*	1973	1974*	1975*	1976*	Содержа- ние сырого протеина ср. за 7 лет %	Сбор кормовых единиц и сыро- го протеина (ср. за 7 лет) ц/га	Откло- нения от контро- ля, ц/га	% к кон- тролю
Сбор кормовых единиц, ц/га											
1. Р ₄₀ К ₄₀	15,6	23,0	21,8	12,2	36,5	18,4	24,4	-	21,7	-	100,0
2. Р ₄₀ К ₄₀	15,6	21,9	21,0	12,1	36,7	21,1	22,4	-	21,5	-0,2	99,0
3. Без удобрений	14,8	18,3	18,4	11,4	35,2	17,0	22,2	-	19,7	-2,0	90,6
Содержание и сбор сырого протеина, % и ц/га											
1. Р ₄₀ К ₄₀	10,3	11,9	12,3	10,3	4,8	10,8	8,3	9,8	4,2	-	100,0
2. Р ₄₀ К ₄₀	10,3	13,2	12,5	10,8	5,7	11,0	8,2	10,3	4,4	0,2	104,9
3. Без удобрений	10,4	13,4	12,2	10,1	5,0	11,1	8,1	10,0	3,9	-0,3	93,0

Примечание: х – данные по вико-овсу (вместо клевера 2 г.п.).

В) Многолетние травы 2 года пользования

Многолетние травы 2 года пользования, как показали исследования 1970-1976 гг., не получились. Только на 1973 году удалось собрать урожай клевера 2 г.п., да и то лишь один укос. В остальные годы вместо клевера 2 г.п. приходилось высевать вико-овес, т.к. посевы клевера 1 г.п. или вымерзали, или их не было (причины этого описаны выше).

Согласно схемы опыта первые два варианта удобрялись одинаково $P_{40}K_{40}$, в третьем варианте удобрения не вносились (два года подряд). Отсюда и некоторое снижение в этом варианте урожайности как зеленой массы, так и сена (таблица 19).

Урожайность клевера 2 г.п. (и вико-овса) в первом и втором вариантах практически одинакова и составила в среднем за 7 лет: 165,2-166,8 ц/га зеленой массы и 42,2-42,5 ц/га сена.

Максимальная урожайность по всем вариантам наблюдалась в 1974 году, минимальная – в 1973 году.

Таблица 21.

Вынос азота, фосфора и калия урожаем клевера 2 г.п., кг/га

Варианты опыта	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	Средний
N								
1. $P_{40}K_{40}$	55,4	93,5	92,0	41,9	60,0	68,0	70,0	68,7
2. $P_{40}K_{40}$	55,1	95,4	90,0	44,4	70,6	79,0	68,5	71,1
3. Без удобрений	53,1	84,3	76,5	38,5	60,6	62,0	61,9	62,5
P_2O_5								
1. $P_{40}K_{40}$	13,5	25,8	22,4	10,6	45,7	14,6	24,3	21,0
2. $P_{40}K_{40}$	14,2	25,4	21,8	11,4	45,9	18,1	21,6	22,7
3. Без удобрений	11,8	16,4	16,4	9,8	39,5	11,4	19,2	17,8
K_2O								
1. $P_{40}K_{40}$	42,1	58,3	66,0	38,0	96,5	53,3	88,7	63,5
2. $P_{40}K_{40}$	42,6	54,6	60,6	38,6	95,8	62,5	82,1	62,6
3. Без удобрений	37,1	39,9	51,6	32,6	89,3	43,4	78,1	53,1

Такая же закономерность наблюдается и по сбору кормовых единиц и сырого протеина с единиц площади (таблица 20). Содержание сырого протеина в сене разнится не существенно, что, по-видимому, связано с отсутствием азота в удобрении по всем вариантам опыта. Максимальной величины этот показатель достигал в 1971 году – 11,9-13,4%, минимальной – в 1974 году – 4,8-5,7%.

Абсолютный вынос элементов питания урожаем клевера 2 г.п. (а также вико-овса) показан в таблице 21.

Приведенные данные свидетельствуют о некотором уменьшении выноса азота, фосфора и калия в третьем (неудобряемом) варианте в сравнении с первым и вторым вариантом.

Больше всего азота вынесено в 1971 году, фосфора и калия – в 1974 году. Как правило, величина выноса элементов питания зависит от содержания их в растении и урожайности.

Не менее важным показателем является и вынос элементов питания с единицей урожая, что дает возможность сравнить изучаемые варианты еще и по этому показателю.

Таблица 22.

Вынос элементов питания 1 т сена и соотношение N, P_2O_5 и K_2O в урожае клевера 2 г.п. (а также вико-овса) (средние за 1970-1976 гг.)

Варианты опыта	Вынос с 1 т сена, кг/т			Соотношение		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
I-ый севооборот						
1. $P_{40}K_{40}$	16,2	4,9	14,9	1	0,31	0,92
2. $P_{40}K_{40}$	16,8	5,4	14,8	1	0,32	0,88
3. Без удобрений	16,2	4,6	13,8	1	0,29	0,85

Данные таблицы показывают, что с одной тонной сена выносятся практически одинаковое по всем вариантам количество азота – 16,2-16,8 кг. Фосфора выносятся несколько больше во втором варианте (где системой удобрения предусмотрено внесение более высокой нормы за ротацию севооборота), калия выносятся несколько меньше в третьем варианте.

Соотношение элементов питания в урожае таково, что на одну единицу азота приходится в среднем 0,3 единицы фосфора и 0,9 единицы калия.

Однолетние травы в опыте представлены вико-овсом (сорта указаны в главе «Методика и условия проведения исследований»).

Хозяйственная годность семян – 96,0-98,1%, норма высева – 260-3000 кг/га.

Данные фенологических наблюдений приведены в таблице 23.

Таблица 23.

Результаты фенологических наблюдений

Годы	Даты основных фаз развития			Продолжительность вегетации, дни	Отклонения от среднего
	сев	всходы	колошение овса и цветение вики		
1970	27.IV	5.V	20.VI	54	- 6
1971	24.IV	11.V	24.VI	61	+ 1
1972	3.V	14.V	28.VI	56	- 4
1973	28.IV	7.V	20.VI	53	- 7
1974	3.V	12.V	10.VII	68	+ 8
1975	20.IV	29.V	16.VI	57	- 3
1976	27.IV	12.V	6.VII	70	+ 10

Средняя продолжительность вегетации вико-овса — 60.

Примечание: продолжительность вегетации вико-овса принята от дня сева до колошения овса и цветения вики, так как в период колошения уже проводили учет и уборку урожая. По вариантам опыта отклонения в сроках прохождения фаз развития были незначительными, поэтому в таблице приводятся усредненные данные.

Замедленное развитие вико-овса отмечено в 1974 году и в 1976 году, когда вегетационные периоды были довольно прохладными. В годы с жарким и сухим летом (1970, 1972, 1975 гг.) развитие этой культуры ускоряется. В то же время, самая короткая продолжительность вегетации вико-овса (на 7 дней меньше средней за 7 лет) наблюдалась в 1973 году, когда температура воздуха была умеренно-теплой, а осадков выпало в избытке.

Урожайность вико-овса (как зеленой массы, так и сена) также во многом зависела от погодных условий. Наиболее благоприятным в этом отношении был 1974 год, когда в первую половину вегетации выпало довольно большое количество осадков. Благоприятными были также 1973 и 1976 годы. В то же время в 1970, 1971, 1972 и 1975 гг. урожайность вико-овса была значительно ниже, чем в указанные выше годы (таблицы 24 и 25).

На урожайность этой культуры заметное влияние оказало и удобрение предшествующей культуры (картофеля), которое вносились по ряду вариантов периодически. Так, в первом севообороте в среднем за 7 лет урожайность зеленой массы практически одинакова в первом и 3 варианте, хотя в третьем варианте вико-овес в год выра-

щивания не удобрялся и только использовал удобрение предшественника. А по выходу сена здесь отмечается даже некоторое преимущество (на 3,3 ц/га или на 6,8% по сравнению с первым вариантом). Это связано с более высоким содержанием сухих веществ в зеленой массе вико-овса на неудобренном варианте. А самый большой урожай вико-овса в первом севообороте получен от применения второй системы удобрения, где вносились высокие дозы органики и минеральных туков.

Во втором севообороте урожайность зеленой массы в третьем варианте на 2,1%, а сена — на 8,2% больше, чем в первом варианте. Здесь так же, как и в указанном выше случае вико-овес использовал удобрение предшественника. Во втором варианте отмечено незначительное снижение урожайности этой культуры, по-видимому, за счет меньшей, чем в третьем варианте, дозы удобрения предшественника.

Сбор кормовых единиц с гектара по вариантам опыта находится в такой же зависимости, что и урожайность вико-овса (таблица 26).

Содержание сырого протеина в сене практически одинаково в вариантах с ежегодным и периодическим внесением удобрений, а сбор его с единицы площади пропорционален урожайности вико-овса (таблица 27).

Вынос элементов минерального питания в годы проведения исследований существенно различался и зависел в основном от величины урожая и содержания P , P_2O_5 и K_2O в органах растений вико-овса.

Максимальное количество азота было вынесено по всем вариантам в первом севообороте — в 1972 и 1973 гг., во втором севообороте — в 1976 г, фосфора — в 1974 году (по обоим севооборотам), калия — в первом севообороте — в 1973 году, во втором — в 1976 г.

Минимальный вынос элементов питания по всем вариантам и севооборотам отмечено в 1970 году (таблица 28).

Урожайность вико-овса (зеленая масса), ц/га

Варианты опыта	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	Средняя	Прибавки	% к контролю
1-й севооборот, предшественник - картофель										
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	145,3	152,5	164,2	252,0	341,0	140,3	265,0	208,6	-	100,0
2. N ₄₀ P ₇₀ K ₄₀	155,9	160,9	191,7	298,5	432,0	151,6	290,1	240,1	31,5	115,1
3. Без удобрений	130,0	139,0	177,4	257,0	362,0	147,2	257,4	210,0	1,4	100,6
2-й севооборот, предшественник - картофель										
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	149,1	133,9	163,2	260,5	392,0	145,0	344,3	226,9	-	100,0
2. Без удобрений	128,1	126,7	156,5	250,0	384,0	136,2	329,0	215,8	-11,1	95,1
3. Без удобрений	129,1	137,8	179,6	276,3	412,0	151,6	335,0	231,6	4,7	102,1

Влияние удобрений на урожайность вико-овса (сено)

Варианты опыта	Урожайность сена, ц/га										Средний	Прибавки ц/га	% к контролю				
	1970		1971		1972		1973		1974					1975		1976	
	сено		сено		сено		сено		сено		сено		сено		сено		
1-й севооборот																	
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	32,5		45,9		45,9		52,4		76,5		37,1		49,7		48,3		100,0
2. N ₄₀ P ₇₀ K ₄₀	32,8		47,5		56,8		62,6		89,1		39,9		53,5		54,6		113,0
3. Без удобрений	29,4		44,6		52,7		57,3		83,3		39,5		54,5		51,6		106,8
ЗЕ, ц/га =	5,3		1,91		0,61		1,7		12,2		3,51		3,9				
P, % =	5,95		1,85		0,51		1,02		4,89		3,0		2,5				
2-й севооборот																	
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	28,5		44,1		44,4		54,9		30,3		40,0		66,3		51,2		100,0
2. Без удобрений	26,8		40,9		45,7		53,2		78,6		37,4		69,0		50,2		98,0
3. Без удобрений	27,7		41,9		52,2		58,6		93,5		45,2		68,6		55,4		108,2
ЗЕ, ц/га =	1,95		2,28		0,95		1,49		4,26		4,30		3,7				
P, % =	2,36		2,5		0,86		0,92		1,69		3,5		1,82				

Таблица 26.

Сбор кормовых единиц на посевах вико-овса (сено), ц/га

Варианты опыта	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	средний	Отклонения от контроля	% к контро- лю
1-й севооборот										
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	16,6	23,4	23,4	26,8	39,0	18,9	24,5	24,7	-	100,0
2. N ₄₀ P ₇₀ K ₄₀	16,7	24,2	29,0	32,0	45,4	20,3	27,3	27,9	3,2	112,9
3. Без удобрений	15,0	22,7	26,9	29,3	42,5	20,1	26,3	26,3	1,6	106,3
2-й севооборот										
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	14,6	22,5	22,6	28,0	40,9	20,4	26,1	26,1	-	100,0
2. Без удобрений	13,7	20,9	23,3	27,2	40,1	19,1	25,7	25,7	-0,4	98,3
3. Без удобрений	14,1	21,4	26,6	29,9	47,6	23,1	28,3	28,3	2,2	108,3

46

Таблица 27.

Содержание и сбор сырого протеина на посевах вико-овса (сено)

Варианты опыта	Содержание сырого протеина в сене, %							Сбор сырого про- теина (среднее за 1970-1976 гг.) ц/га	% к контро- лю
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976		
1-й севооборот									
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	10,9	10,3	10,7	9,3	6,2	11,6	8,8	9,7	100,0
2. N ₄₀ P ₇₀ K ₄₀	11,4	10,7	11,8	10,3	6,3	11,9	9,0	10,2	119,0
3. Без удобрений	10,7	11,7	10,7	9,1	5,8	11,3	8,7	9,7	106,3
2-й севооборот									
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	10,8	10,9	10,8	8,8	5,8	12,5	8,8	9,8	100,0
2. Без удобрений	10,4	9,8	10,0	8,1	6,0	12,3	8,8	9,4	94,1
3. Без удобрений	10,6	12,3	11,5	8,8	6,0	11,9	8,7	10,0	110,0

47

Таблица 28.

Вынос азота, фосфора и калия урожаем вико-овса (на сено)

Варианты опыта	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	Средний
I-й севооборот (N)								
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	62,2	83,1	85,6	85,0	81,8	75,1	73,8	78,1
2. N ₄₀ P ₇₀ K ₄₀	65,7	88,7	116,5	112,5	97,4	82,6	84,6	92,6
3. Без удобрений	55,4	89,5	98,5	90,6	85,0	77,6	82,6	82,7
II-й севооборот								
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	54,4	84,2	83,5	83,6	81,9	87,4	103,0	82,5
2. Без удобрений	49,1	66,9	80,0	75,2	80,8	80,3	106,3	77,0
3. Без удобрений	51,4	90,5	104,9	90,2	95,3	94,5	104,9	90,3
I-й севооборот (P ₂ O ₅)								
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	14,8	21,0	24,4	32,7	46,2	21,9	27,4	26,9
2. N ₄₀ P ₇₀ K ₄₀	14,4	22,1	35,4	41,0	65,0	29,0	32,5	34,2
3. Без удобрений	12,4	20,7	29,8	33,7	49,8	22,7	30,3	28,5
II-й севооборот								
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	12,6	20,1	23,6	33,7	59,3	22,9	40,2	30,3
2. Без удобрений	10,2	16,7	20,8	29,5	52,1	19,6	40,6	27,1
3. Без удобрений	10,1	19,5	25,6	35,5	64,2	25,6	38,8	31,3
I-й севооборот (K ₂ O)								
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	46,1	67,8	72,6	121,0	108,4	57,5	91,7	80,8
2. N ₄₀ P ₇₀ K ₄₀	45,6	80,7	107,9	164,0	138,0	65,3	107,0	101,2
3. Без удобрений	39,3	62,4	82,7	126,3	114,1	60,2	103,2	84,0
II-й севооборот								
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	40,1	65,1	76,9	129,0	118,0	58,1	131,0	88,2
2. Без удобрений	36,0	56,3	72,0	116,3	105,6	52,5	133,3	81,8
3. Без удобрений	36,6	61,9	84,4	133,5	136,4	64,2	131,9	92,6

Таблица 29.

Вынос элементов питания с 1 т сена и соотношение их в урожае вико-овса

Варианты опыта	Вынос с 1 т сена, кг/т			Соотношение		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
I-й севооборот						
N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	16,2	5,6	16,8	1	0,35	1,04
N ₄₀ P ₇₀ K ₄₀	16,9	6,3	18,5	1	0,37	1,10
Без удобрений	16,0	5,5	16,3	1	0,34	1,02
2-й севооборот						
N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	16,1	5,9	17,2	1	0,37	1,07
Без удобрений	15,3	5,4	16,3	1	0,35	1,07
Без удобрений	16,3	5,7	16,7	1	0,35	1,03

В 1973, 1974 и 1976 гг. урожаем вико-овса вынесено более всего калия, в остальные годы — азота. А в среднем за 7 лет на каждую вынесенную единицу азота приходится 0,34-0,37 единицы фосфора и 1,02-1,10 единицы калия.

Вынос с одной тонны сена составляет в среднем 15,3-16,9 кг азота, 5,4-6,3 кг фосфора и 16,3-18,5 кг калия. Большая величина выноса того или другого элемента с единицей урожая наблюдается в тех вариантах, где эти элементы использованы в повышенных дозах с удобрениями как в год их внесения, так и при внесении в «запас» (таблица 29).

Д) Озимые культуры

В 1970 и 1971 годах озимые культуры в опытах были представлены озимой пшеницей Мироновская-808. Однако из-за неблагоприятных погодных условий (частые осенние засухи, малоснежные зимы, сильные морозы и так далее) посевы ее после перезимовки зачастую оказывались изреженными и в сильной степени поражались сорняками, что, в конечном итоге приводило к снижению урожая.

Поэтому в последние годы в опытах озимые поля стали занимать более устойчивой к неблагоприятным воздействиям погоды культурой — рожью сорта Харьковская-55. Но и озимая рожь в условиях осенней засухи 1974 года не раскустилась и зимой вымерзла. В связи с этим весной 1975 года вместо озимой ржи была посеяна яровая пшеница сорта Харьковская-46. Таким образом, озимые поля за 7 лет исследований были заняты: 2 года — озимой пшеницей, 4 года — озимой рожью и 1 год — яровой пшеницей.

Таблица 30.

Результаты фенологических наблюдений на посевах озимой ржи

Годы	Фазы развития						
	начало весенней вегетации	колошение	цвете- ние	молоч- ная спе- лость	полная спе- лость	продол- житель- ность вегетации, дни	откло- нения от средней
1970	18. IV	8. IV	11. VI	2. VII	21. VII	96	-9
1971	10. IV	5. IV	10. VI	10. VII	26. VII	108	+3
1972	12. IV	17. V	30. V	24. VI	8. VII	88	-17
1973	5. IV	20. V	1. IV	19. VI	25. VII	112	+7
1974	20. IV	1. IV	14. VI	5. VII	2. VIII	105	0
1975	20. IV	11. IV	1. VI	26. VI	31. VII	103	-2
1976	14. IV	30. V	11. VI	9. VII	14. VIII	123	+18

Средняя продолжительность вегетации: 105

Примечание: х — дата сева яровой пшеницы вместо погибшей озимой ржи.

О сроках сева озимых культур было сказано ранее. Нормы высева — 250-300 кг/га. Хозяйственная годность семян — 95,5-96,3 %.

Начало весенней вегетации в годы проведения исследований наблюдалось в разные сроки (табл. 30). Самое раннее отрастание озимых было в 1973 году — (5 апреля, самое позднее — в 1974 году — 20 апреля. Все это связано с погодными условиями (см. главу «Условия проведения исследований...»). По этой же причине была различной и продолжительность вегетации озимых. Из-за прохладного лета 1976 года она затянулась на 123 дня, тогда как в жарком и засушливом 1972 году длилась всего 88 дней.

Во все годы проведения исследований озимая рожь отличалась хорошим развитием (особенно в вариантах с повышенными дозами удобрений), высота стеблей не редко превышала 2 метра.

Урожайность этой культуры также оказалась довольно высокой: в 1974 году (менее урожайным) — 25,2-29,5 ц/га, в 1976 году (наиболее урожайным) — 33,9-40,0 ц/га (таблица 31).

В 1970 году с положительной стороны проявила себя озимая пшеница — ее урожайность составила 34,0-42,2 ц/га.

Урожайность яровой пшеницы в 1975 году не превысила 23,9-27,0 ц/га. Следует отметить, что в условиях проведения опытов озимые являются одними из ведущих культур, (наравне с картофелем), под которые удобрения вносятся как ежегодно, так и в «запас» (третьи варианты в обоих севооборотах).

В среднем за 7 лет прибавки от запасного применения удобрений на посевах озимых составили: в первом севообороте — 3,1 ц/га (на 10,8% больше, чем при ежегодном внесении удобрений), во втором севообороте — также 3,1 ц/га или на 11 % больше, чем на контроле.

Прибавки от применения $N_{65}P_{70}K_{60}$ (в первом севообороте составили 2,2 ц/га, от применения $N_{60}P_{90}K_{50}$ (во втором севообороте) — 1,3 ц/га.

Выход соломы по мере увеличения доз удобрений повышался на 10,7-19,6% в сравнении с контролем (таблица 32).

Сбор кормовых единиц находится в прямой зависимости от урожайности озимых культур (таблица 33).

Таблица 31.

Влияние удобрений на урожайность озимой ржи

Варианты опыта	Урожайность сена, ц/га							Средний	Прибавки ц/га	% к контролю
	1970*	1971*	1972	1973	1974	1975*	1976			
1-й севооборот, предшественник - вико-овес (сено)										
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	34,3	19,3	30,4	31,9	25,6	23,9	33,9	28,6	-	100,0
2. N ₆₅ P ₇₀ K ₆₀	37,9	20,5	32,0	35,6	26,4	27,0	35,3	30,7	2,2	107,8
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	42,2	21,3	31,0	34,2	29,5	25,2	37,7	31,6	3,1	110,8
ЗЕ, ц/га = Р, % =	8,4 7,2	1,8 2,9	0,57 0,61	0,54 0,53	1,05 1,3	0,47 0,63	1,09 1,01			
2-й севооборот										
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	34,0	22,3	29,1	30,3	25,2	24,7	36,0	28,8	-	100,0
2. N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀	37,8	22,9	29,3	32,3	26,3	24,5	37,9	30,1	1,3	104,5
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	39,1	24,0	31,9	34,2	27,5	26,4	40,0	31,9	31,1	111,0
ЗЕ, ц/га = Р, % =	3,0 2,7	0,96 1,39	0,11 0,12	1,14 1,19	1,53 1,96	2,28 3,04	1,09 0,9			

Примечание: в 1970 и 1971 г.г. выращивалась озимая пшеница, в 1975 году — яровая пшеница.

Выход соломы озимой ржи в зависимости от удобрений

Варианты опыта	Сбор кормовых единиц, ц/га						Средний	Отклонения от контроля ц/га	% к контролю
	1970 ^x	1971 ^x	1972	1973	1974	1975 ^x			
1-й севооборот									
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	52,3	37,8	61,0	88,5	87,7	42,9	64,8	-	100,0
2. N ₆₅ P ₇₀ K ₆₀	51,1	42,9	61,8	102,7	115,9	50,8	72,7	8,9	114,0
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	59,2	41,6	63,1	90,7	112,5	49,3	72,1	7,3	111,2
2-й севооборот									
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	46,8	34,9	57,0	84,4	105,5	48,6	66,8	-	100,0
2. N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀	51,3	37,3	58,1	106,7	117,9	48,1	73,8	7,0	110,7
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	49,8	40,6	60,2	112,9	127,2	56,1	79,9	13,1	119,6

Примечание: 1970, 1971 гг. — озимая пшеница, 1975 — яровая пшеница.

Сбор кормовых единиц на посевах озимой ржи

Варианты опыта	Сбор кормовых единиц, ц/га						Средний	Отклонения от контроля ц/га	% к контролю
	1970*	1971*	1972	1973	1974	1975*			
1-й севооборот									
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	52,5	31,1	49,7	57,6	50,0	38,1	48,3	-	100,
2. N ₆₅ P ₇₀ K ₆₀	56,8	33,7	51,8	65,2	57,2	43,5	52,9	4,6	109,3
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	64,0	34,5	50,9	60,8	60,2	41,0	53,7	5,4	11,2
2-й севооборот									
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	52,5	34,4	47,3	54,8	53,5	40,4	49,3	-	100,0
2. N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀	58,1	35,1	47,7	58,1	57,5	40,6	52,0	2,7	105,3
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	59,6	37,6	51,3	62,2	61,1	44,0	55,5	6,2	112,4

Содержание и сбор сырого протеина на посевах озимой ржи

Варианты опыта	Содержание сырого протеина в зерне, %									% к контролю	Отклонение от	% к контролю
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	среднее				
1-й севооборот												
1. N ₄₅ P ₄₀ K ₄₀	11,9	9,4	10,0	8,1	8,4	11,8	7,8	9,6	100,0	2,7	-	100,0
2. N ₆₅ P ₇₀ K ₄₀	12,2	9,8	11,4	8,9	8,5	13,2	8,0	10,3	107,2	3,2	0,5	118,4
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	10,9	12,9	10,7	8,6	8,6	11,5	8,3	10,2	106,2	3,2	0,5	118,4
2-й севооборот												
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	12,0	12,5	9,5	8,1	8,8	11,3	7,9	10,0	100,0	2,9	-	100,0
2. N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀	12,2	11,4	9,5	8,2	8,8	11,3	8,0	9,9	99,0	3,0	0,1	103,4
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	12,4	12,6	11,3	8,8	8,9	11,9	8,4	10,6	106,0	3,4	0,5	117,2

Таблица 35.

Вынос N, P₂O₅ и K₂O урожаем зерна озимой ржи, кг/га

Варианты опыта	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	Средний
I-й севооборот (N)								
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	70,9	31,7	53,0	45,2	37,8	49,4	46,2	47,8
2. N ₆₅ P ₇₀ K ₆₀	81,0	35,2	64,0	55,2	38,6	62,5	49,4	55,1
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	92,3	48,2	37,9	51,9	44,5	51,0	54,9	57,2
II-й севооборот								
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	72,3	49,0	48,5	42,7	38,7	49,2	49,9	50,0
2. N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀	80,1	45,9	48,6	46,6	40,8	48,3	53,1	52,0
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	84,6	53,1	63,9	52,8	43,4	54,9	58,7	58,7
I-й севооборот (P ₂ O ₅)								
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	29,6	11,5	18,5	20,8	19,1	17,4	20,7	19,6
2. N ₆₀ P ₇₀ K ₆₀	35,5	13,6	20,6	25,6	19,9	20,9	24,0	22,9
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	40,6	14,1	22,2	24,7	20,5	16,9	26,3	23,6
II-й севооборот								
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	28,9	14,8	21,0	19,1	19,6	23,2	22,7	21,4
2. N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀	34,6	15,4	22,6	21,4	21,3	17,1	25,5	22,6
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	38,0	16,3	33,2	25,9	22,7	23,2	28,5	26,8
I-й севооборот (K ₂ O)								
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	32,8	14,1	23,0	22,7	15,2	14,2	22,1	20,4
2. N ₆₅ P ₇₀ K ₆₀	37,4	15,7	25,3	27,8	16,7	16,9	24,5	23,5
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	43,1	15,9	25,1	25,4	16,2	15,8	25,7	23,9
II-й севооборот								
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	31,5	15,7	20,5	20,1	15,3	14,5	24,2	20,3
2. N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀	36,2	15,6	20,8	21,1	15,0	15,2	27,1	21,6
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	38,6	17,5	34,4	25,4	17,3	16,6	29,3	25,5

Таблица 36.

Вынос N, P₂O₅ и K₂O урожаем соломы озимой ржи, кг/га

Варианты опыта	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	Средний
I-й севооборот (N)								
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	36,0	23,6	37,5	69,7	49,4	20,2	60,5	42,4
2. N ₆₅ P ₇₀ K ₆₀	36,6	26,7	51,9	91,7	71,2	31,6	67,4	53,9
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	43,6	34,5	48,1	77,5	64,7	26,1	71,6	52,3
II-й севооборот								
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	31,1	25,4	37,8	65,1	64,6	23,0	65,4	44,6
2. N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀	35,7	20,5	39,0	70,5	76,4	20,7	75,6	48,4
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	36,0	25,3	52,4	87,4	75,8	26,8	92,5	56,6
I-й севооборот (P ₂ O ₅)								
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	15,3	7,2	13,2	20,6	28,4	6,0	18,5	15,6
2. N ₆₀ P ₇₀ K ₆₀	16,8	8,2	13,3	27,2	39,4	8,0	23,0	19,4
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	21,3	7,9	14,1	24,8	34,7	6,1	22,0	18,7
II-й севооборот								
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	13,0	6,6	10,0	20,3	40,1	8,9	21,6	17,2
2. N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀	16,3	4,7	11,6	22,8	48,0	7,2	25,8	19,5
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	17,2	10,4	15,0	27,3	55,9	9,3	29,0	23,4
I-й севооборот (K ₂ O)								
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	63,3	42,1	65,4	70,5	98,8	28,0	60,4	61,5
2. N ₆₅ P ₇₀ K ₆₀	66,6	47,7	68,7	87,4	135,9	33,7	71,1	73,0
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	78,8	45,5	73,6	75,2	124,5	34,0	71,1	71,9
II-й севооборот								
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	59,5	39,0	61,5	70,1	114,7	30,7	66,9	63,2
2. N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀	67,1	40,6	63,1	74,0	118,6	31,1	79,7	67,6
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	65,6	45,2	69,8	85,0	149,2	37,6	94,4	78,1

Таблица 37.

Общий вынос N, P₂O₅ и K₂O урожаем озимой ржи (зерно + солома), кг/га

Варианты опыта	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	Средний
I-й севооборот (N)								
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	106,9	55,3	90,5	114,9	87,2	69,6	106,7	90,2
2. N ₆₅ P ₇₀ K ₆₀	117,6	61,9	115,9	146,9	109,8	94,1	117,8	109,0
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	135,9	82,7	106,0	129,4	109,2	77,1	126,5	109,5
II-й севооборот								
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	103,4	74,4	86,3	107,8	103,3	72,2	115,3	94,6
2. N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀	115,8	66,4	87,6	117,1	117,2	69,0	128,7	100,4
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	120,6	78,4	116,3	140,2	119,2	81,7	151,2	115,3
I-й севооборот (P ₂ O ₅)								
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	44,9	18,7	31,7	41,4	47,5	23,4	39,2	35,2
2. N ₆₅ P ₇₀ K ₆₀	52,3	21,8	33,9	52,8	59,3	28,9	47,0	42,3
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	61,9	22,0	36,3	49,5	55,2	23,0	48,3	42,3
II-й севооборот								
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	41,9	21,4	31,0	39,4	59,7	32,1	44,3	38,6
2. N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀	50,9	20,1	34,2	44,2	69,3	24,3	51,3	42,1
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	55,2	26,7	48,2	53,2	78,6	32,5	57,5	50,2
I-й севооборот (K ₂ O)								
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	98,1	56,2	88,4	93,2	114,0	42,2	82,5	81,9
2. N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀	104,0	63,4	94,0	115,22	152,6	50,6	95,6	96,5
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	121,9	61,4	98,7	100,6	140,7	49,8	96,8	95,8
II-й севооборот								
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	91,0	54,7	82,0	90,2	130,0	45,2	91,1	83,5
2. N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀	103,3	56,2	83,9	95,1	133,6	46,3	106,8	89,2
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	104,2	62,7	104,2	110,4	166,5	54,2	123,7	103,7

Содержание сырого протеина в зерне заметно изменялось в годы проведения исследований и более высоким оказалось в вариантах с применением повышенных доз удобрений. Сбор сырого протеина с единиц площади зависел не только от его содержания в зерне, но и от урожайности. Величина этого показателя в среднем за 7 лет при периодическом применении удобрений оказалась на 17,2-18,4 % выше, чем при ежегодном (таблица 34).

Таким образом, увеличение доз минеральных удобрений положительно сказалось на качестве урожая озимых культур.

Рожь является одной из культур, которая выносит из почвы довольно значительное количество элементов питания. С урожаем зерна больше всего выносятся азота, соломы — калия (таблица 35 и 36).

По мере увеличения доз удобрений возрастает вынос азота, фосфора и калия как отдельными органами растений, так и в целом урожаем озимых культур (таблица 37).

Вынос элементов питания с единицей урожая также увеличивается при повышении доз удобрений. При этом соотношение азота, фосфора и калия по вариантам опыта практически остается постоянным (в пределах каждого севооборота). Это, по-видимому, связано с тем, что увеличение доз удобрений идет пропорционально по всем трем элементам питания. На каждую единицу азота в зерне озимых культур приходится 0,41-0,46 единицы фосфора и 0,41-0,44 единицы калия, в соломе – 0,36-0,41 единицы фосфора и 1,36-1,45 единицы калия.

С 1 т зерна озимых культур выносятся в среднем 31,7-36,2 кг азота, 12,3-15,7 кг фосфора, 28,7-32,4 кг калия (таблица 38).

Е) Зернобобовые

Для сева зернобобовых использовалась такая же вико-овсяная смесь, что и для получения зеленой массы (смотри раздел «г» настоящей главы).

Рост и развитие культур, составляющих зернобобовые, в годы проведения исследований, проходили по-разному. В годы с прохладным и дождливым летом продолжительность вегетации вико-овса увеличивалась (1973, 1976 гг.), в жаркие засушливые – созревание этой культуры ускорялось (1972, 1975 гг.).

Наиболее короткий период вегетации – 85 дней – был у зернобобовых в 1972 году, наиболее продолжительный – 124 дня – в 1976 году (таблица 39).

Урожайность вико-овса также во многом определялась погодными условиями. Самой низкой она была в 1972 году, самой высокой – в 1973 году.

Удобрение зернобобовых проводилось с учетом удобрения предшествующих культур (озимой ржи – в первом севообороте и картофеля – во втором севообороте), т.е. ежегодно и периодически.

Таблица 38.

Вынос элементов питания с 1 т зерна и соотношение $N P_2O_5$ и K_2O в урожае озимой ржи (среднее за 1970-1976 гг.)

Варианты опыта	Вынос с 1 т зерна, кг/т			Соотношение					
				в зерне			в соломе		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1-й севооборот									
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	31,7	12,3	28,7	1	0,41	0,43	1	0,36	1,45
2. N ₆₅ P ₇₀ K ₆₀	34,8	13,8	31,4	1	0,42	0,43	1	0,36	1,36
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	34,7	13,4	30,3	1	0,41	0,42	1	0,36	1,38
2-й севооборот									
1. N ₄₅ P ₆₀ K ₄₀	32,9	13,4	29,0	1	0,43	0,41	1	0,39	1,41
2. N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀	33,4	14,0	29,6	1	0,43	0,42	1	0,40	1,40
3. N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	36,2	15,7	32,4	1	0,46	0,44	1	0,41	1,39

Таблица 39.

Результаты фенологических наблюдений на посевах
зернобобовых культур

Годы	Фазы развития							Откло- нения от сред- ней, дни
	Сев	Всхо- ды	Колош- ение	Цве- тение	Молоч- ная спелость	Полная спе- лость	Продол- житель- ность вегета- ции, дни	
1970	27.IV	5.V	18.VI	21.VI	9.VII	4.VIII	100	-6
1971	24.IV	11.V	19.VI	25.VI	30.VII	14.VIII	113	+7
1972	3.V	14.V	20.VI	28.VI	14.VII	26.VII	85	-21
1973	28.IV	7.V	20.VI	22.VI	10.VII	17.VIII	112	+6
1974	3.V	12.V	6.VII	8.VII	2.VIII	19.VIII	109	+3
1975	20.IV	29.IV	11.VI	15.VI	23.VI	23.VII	95	-11
1976	27.IV	12.V	6.VII	17.VII	30.VII	28.VIII	124	+18

Средняя продолжительность вегетации – 106 дней

В первом севообороте в отдельные годы имели место хотя и незначительные, но достоверные прибавки урожайности зерна (таблица 40).

В среднем за 1970-1976 гг. при использовании удобрений в запас прибавка составила 0,9 ц/га, т.е. в сравнении с ежегодным способом применения удобрений оказалась на 3,7% выше. При внесении более высоких доз удобрений (второй вариант) урожайность зернобобовых увеличивается на 3,6 ц/га или на 14,8% в сравнении с контролем. Во втором севообороте, как показывают результаты 7-летних исследований, урожайность вико-овса практически не зависит от способа применения удобрений. Отклонения в урожайности в ту или иную сторону от контроля недостоверны.

Выход соломы у зернобобовых при периодическом применении удобрений на 4,0-10,7% выше, чем при ежегодном (таблица 41).

Сбор кормовых единиц находится в прямой зависимости от урожайности вико-овса и предпочтение здесь следует отдать периодическому способу применения удобрений (таблица 42).

Содержание белковых веществ (сырого протеина) в зерне вико-овса заметно колебалось в зависимости от условий погоды. Минимальным оно было в 1974 году (7,7-10,7%), максимальным – в 1971 году (16,8-24,6%). Способы применения удобрений на величину этого показателя качество урожая не оказали заметного влияния (таблица 43).

Таблица 40.

Урожайность вико-овса

Варианты опыта	Сбор кормовых единиц, ц/га							Среднее	Прибавка, ц/га	% к контролю
	1970*	1971*	1972	1973	1974	1975*	1976			
1-й севооборот, предшественник – оз. рожь										
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	25,5	14,6	17,0	35,1	27,8	26,5	23,3	24,3	-	100,0
2. N ₄₀ P ₇₀ K ₄₀	20,6	19,5	18,0	40,9	31,0	30,7	25,9	27,9	3,6	114,8
3. Без удобрений	24,0	16,9	16,7	36,9	28,7	28,2	25,2	25,5	0,9	103,7
3е, ц/га =	3,3	1,5	0,54	1,74	1,59	1,17	0,62			
P, % =	4,2	2,9	1,06	1,57	1,83	1,39	0,83			
2-й севооборот, предшественник - картофель										
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	21,8	21,1	17,3	37,9	27,9	30,2	24,7	25,8	-	100,0
2. Без удобрений	19,9	18,7	17,3	36,3	27,0	30,5	26,0	25,1	-0,7	97,3
3. Без удобрений	19,9	18,7	17,5	36,8	27,0	30,5	28,3	25,1	0,5	101,9
3е, ц/га =	0,93	1,5	0,99	1,59	2,46	1,68	1,73			
P, % =	1,55	1,7	1,84	1,43	2,93	1,81	2,22			

Выход соломы вико-овса

Варианты опыта	Сбор соломы, ц/га						Среднее	Отклонение от контроля, ц/га	% к контролю
	1970	1971	1972	1973	1974	1975			
1-й севооборот									
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	61,4	48,8	40,3	59,4	80,1	39,2	41,2	52,9	100,0
2. N ₄₀ P ₇₀ K ₄₀	73,2	54,1	49,3	65,9	71,5	49,8	48,6	59,1	111,7
3. Без удобрений	67,4	48,7	41,8	57,5	86,2	43,3	43,6	55,5	104,9
2-й севооборот									
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	56,9	45,1	43,0	60,2	76,5	56,2	46,9	55,0	100,0
2. Без удобрений	61,4	43,9	46,6	57,0	75,9	64,2	51,4	57,0	104,0
3. Без удобрений	60,0	42,1	49,7	63,9	92,0	67,0	51,8	60,9	110,7

Сбор кормовых единиц на посевах вико-овса

Варианты опыта	Сбор кормовых единиц, ц/га							Отклонение от контроля, ц/га	% к контролю
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976		
1-й севооборот									
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	46,5	30,7	30,6	56,4	54,6	41,0	33,1	42,6	100,0
2. N ₄₀ P ₇₀ K ₄₀	54,6	37,7	34,6	64,7	55,6	48,7	43,1	48,5	113,9
3. Без удобрений	46,6	38,2	31,0	37,8	37,5	44,0	40,8	44,4	104,1
2-й севооборот									
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	41,1	36,7	31,9	59,6	53,6	50,1	41,3	44,8	100,0
2. Без удобрений	40,3	33,8	33,2	67,1	52,5	52,8	44,0	44,8	100,0
3. Без удобрений	39,0	33,2	34,8	62,1	68,4	57,0	46,6	47,3	105,6

Содержание и сбор сырого протеина на посевах вико-овса

Варианты опыта	Содержание сырого протеина в зерне, %							Сбор сыро- го про- теина (сред- ний за 7 лет ц/га)	От- клоне- ние от кон- троля, ц/га	% к контро- лю	
							% к кон- тро- лю				
	1970	1971	1972	1973	1974	1975					1976
1-й севооборот											
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	16,7	20,7	18,7	13,8	8,7	11,6	12,5	14,7	100,0	3,6	100,0
2. N ₄₀ P ₇₀ K ₄₀	17,2	24,6	18,7	14,8	8,8	11,9	12,6	15,5	105,3	4,3	119,3
3. Без удобрений	16,2	20,6	17,4	13,5	8,8	11,4	12,3	14,3	97,2	3,6	100,0
2-й севооборот											
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	16,9	20,7	19,1	14,4	9,2	15,3	12,9	15,5	100,0	4,0	100,0
2. Без удобрений	16,1	20,7	19,4	14,7	7,7	16,2	13,1	15,4	99,4	8,9	97,6
3. Без удобрений	16,0	16,8	19,4	14,9	10,7	15,2	12,8	13,1	97,8	4,0	100,0

Таблица 44.

Вынос азота, фосфора и калия урожаем зерна вико-овса, кг/га

Варианты опыта	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	Средний
1-й севооборот (N)								
N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	74,6	53,4	54,4	84,7	42,6	54,0	51,5	59,3
N ₄₀ P ₇₀ K ₄₀	83,5	84,5	58,5	103,0	48,1	63,9	57,5	72,1
Без удобрений	68,5	61,0	50,3	87,4	44,3	56,5	54,2	60,3
2-й севооборот								
N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	63,2	80,5	58,1	95,7	44,7	61,6	65,1	66,0
Без удобрений	56,6	68,1	58,5	93,9	36,2	63,4	59,7	62,3
Без удобрений	64,1	63,2	62,6	101,9	52,5	67,1	63,5	67,1
1-й севооборот (P ₂ O ₅)								
N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	24,6	10,3	16,8	26,0	26,8	20,3	19,7	20,7
N ₄₀ P ₇₀ K ₄₀	29,8	18,8	18,9	31,7	35,1	24,0	20,7	25,6
Без удобрений	20,9	12,2	16,6	25,7	26,8	20,3	20,5	20,5
2-й севооборот								
N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	21,9	25,7	15,2	29,0	25,0	25,5	21,5	23,4
Без удобрений	17,5	21,6	16,2	28,4	27,1	23,3	21,9	22,3
Без удобрений	16,4	21,6	16,3	31,8	28,4	30,3	23,3	24,0
1-й севооборот (K ₂ O)								
N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	25,9	13,9	17,9	32,3	20,6	16,7	19,7	21,0
N ₄₀ P ₇₀ K ₄₀	30,9	20,8	19,7	38,0	22,8	25,9	21,5	25,7
Без удобрений	23,2	15,2	16,9	32,3	20,6	17,2	20,1	20,8
2-й севооборот								
N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	22,4	23,7	18,8	35,2	21,4	18,0	21,3	23,0
Без удобрений	18,6	30,1	19,2	34,6	19,9	18,6	22,1	23,3
Без удобрений	17,6	21,1	20,9	38,9	19,4	21,0	23,1	23,1

Таблица 45.

Вынос азота, фосфора и калия урожаем соломы вико-овса, кг/га

Варианты опыта	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	Средний
1-й севооборот (N)								
N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	73,5	50,6	52,7	67,9	53,2	37,9	47,6	54,8
N ₄₀ P ₇₀ K ₄₀	94,2	78,6	66,6	77,6	55,4	46,0	57,2	68,0
Без удобрений	75,5	50,9	53,6	64,4	50,7	36,1	49,2	54,4
2-й севооборот								
N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	69,6	84,2	56,0	75,3	51,3	51,7	56,0	65,0
Без удобрений	69,6	61,9	74,6	77,1	49,1	70,4	63,4	66,6
Без удобрений	68,6	58,6	87,2	97,5	64,9	59,6	62,1	69,8
1-й севооборот (P ₂ O ₅)								
N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	17,5	15,8	12,4	14,8	33,9	6,7	9,9	15,9
N ₄₀ P ₇₀ K ₄₀	23,9	31,0	19,2	17,6	38,7	9,1	12,5	21,7
Без удобрений	16,4	18,6	13,1	15,1	34,3	6,9	11,6	16,6
2-й севооборот								
N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	17,6	30,7	14,6	16,0	33,0	10,8	13,6	19,5
Без удобрений	15,5	26,6	19,3	17,0	39,0	10,6	13,2	20,2
Без удобрений	14,1	33,5	19,4	21,7	48,9	11,7	16,3	23,6
1-й севооборот (K ₂ O)								
N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	77,6	74,1	52,7	63,0	97,8	39,9	34,6	62,8
N ₄₀ P ₇₀ K ₄₀	96,8	32,2	67,8	71,5	96,6	55,9	43,1	73,4
Без удобрений	82,8	71,9	52,2	58,6	106,4	44,0	35,9	64,6
2-й севооборот								
N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	72,9	78,5	66,0	63,9	110,3	64,4	45,9	71,6
Без удобрений	74,7	72,8	71,6	63,3	105,2	75,0	47,6	72,8
Без удобрений	74,2	72,6	77,6	72,6	127,6	31,5	46,1	78,9

Лишь в первом севообороте при использовании повышенных доз удобрений (второй вариант) отмечено некоторое увеличение содержания сырого протеина — с 14,7 до 15,5%. Здесь же наблюдается и самый высокий сбор сырого протеина с гектара в среднем за 7 лет. В остальных вариантах сбор сырого протеина практически одинаков по каждому севообороту и составляет в среднем 3,6-4,0 ц/га.

Величина выноса элементов питания определялась в основном высотой урожая и содержанием азота, фосфора и калия в органах растений.

С урожаем зерна вико-овса больше всего выносятся азота, с урожаем соломы — калия (таблица 44, 45).

В целом же урожаев зернобобовых отчуждается из почвы больше всего калия, затем — азота и фосфора (таблица 46).

Таблица 46.

Общий вынос азота, фосфора и калия урожаем вико-овса (зерно+солома), кг/га

Варианты опыта	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	Средний
1-й севооборот (N)								
N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	148,1	103,9	107,1	152,6	96,8	91,9	99,1	114,1
N ₄₀ P ₇₀ K ₄₀	135,7	163,1	125,1	180,6	103,5	109,9	114,7	140,1
Без удобрений	144,0	111,9	103,9	151,8	95,0	92,6	103,4	114,7
2-й севооборот								
N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	134,8	164,7	124,1	171,0	96,0	113,3	112,9	131,0
Без удобрений	126,2	130,0	133,1	171,0	85,3	133,8	123,1	128,9
Без удобрений	122,7	126,8	149,8	189,4	117,4	126,7	125,6	136,9
1-й севооборот (P ₂ O ₅)								
N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	42,1	26,1	29,2	40,8	60,7	27,0	29,6	36,6
N ₄₀ P ₇₀ K ₄₀	53,7	49,8	38,1	49,3	73,8	33,1	33,2	47,3
Без удобрений	37,3	30,8	29,7	40,8	61,1	27,2	32,1	37,1
2-й севооборот								
N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	39,5	56,4	29,8	45,0	58,0	36,3	35,1	42,9
Без удобрений	33,0	48,2	35,5	45,4	66,1	33,9	35,1	42,5
Без удобрений	30,5	55,1	35,7	53,5	77,3	42,0	39,6	47,6
1-й севооборот (K ₂ O)								
N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	103,6	88,0	70,6	95,3	118,4	56,6	54,3	83,8
N ₄₀ P ₇₀ K ₄₀	127,7	103,0	87,5	109,5	119,3	81,4	64,6	99,1
Без удобрений	106,0	87,1	69,1	90,9	127,0	61,2	56,0	85,4
2-й севооборот								
N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	95,4	102,2	84,8	99,1	131,7	92,4	67,2	94,6
Без удобрений	93,5	92,9	90,8	97,9	125,1	93,6	69,7	96,1
Без удобрений	93,0	93,7	98,5	111,5	147,0	192,5	69,2	102,0

Величина выноса элементов питания с 1 т зерна вико-овса в первом севообороте несколько меньше при периодическом удобрении в сравнении с ежегодным. Во втором севообороте вынос азота, фосфора и калия с 1 т зерна увеличивается при внесении удобрений в запас. По-видимому, это явление связано с тем, что во втором севообороте периодически вносятся более высокая доза удобрений.

В среднем за 1970-1976 гг. с 1 т зерна вико-овса выносятся 46,9-52,0 кг азота, 14,3-18,1 кг фосфора, 33,9-38,8 кг калия (таблица 47).

Соотношение элементов питания в органах растений зернобобовых неодинаково. Так, в зерне на 1 азота приходится 0,34-0,37 единицы фосфора и калия, тогда как в соломе 0,29-0,34 единицы фосфора и 1,08-1,19 единицы калия. Способы внесения удобрений не оказали существенного влияния на эти показатели.

Вынос с 1 т зерна и соотношение $N P_2O_5$ и K_2O в урожае вико-овса
(средние за 1970-1976 гг.)

Варианты опыта	Вынос с 1 т зерна, кг/т			Соотношение					
				в зерне			в соломе		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1-й севооборот									
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	46,9	15,1	34,5	1	0,35	0,35	1	0,29	1,15
2. N ₄₀ P ₇₀ K ₄₀	50,2	16,9	35,5	1	0,36	0,36	1	0,32	1,08
3. Без удобрений	45,5	14,3	33,9	1	0,34	0,35	1	0,31	1,19
2-й севооборот									
1. N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	50,7	16,6	36,7	1	0,36	0,35	1	0,30	1,10
2. Без удобрений	51,3	16,9	38,3	1	0,36	0,37	1	0,30	1,09
3. Без удобрений	52,0	18,1	38,8	1	0,36	0,35	1	0,34	1,13

2. Урожай и качество картофеля в зависимости от условий выращивания

А) Динамика накопления урожая картофеля

Агротехника картофеля в опытах подробно описана в главе «Методика и условия...».

Метеорологические условия в годы проведения исследований по разному влияли на рост и накопление урожая картофеля в зависимости от сорта, доз удобрений и т.д.

Продолжительность вегетации картофеля сорта Приекульский ранний колебалась в пределах от 91 до 104 дней.

Отмирание ботвы у сорта Лорх не всегда было естественным, в 1970, 1971 и 1972 г.г. полное отмирание наступало или в следствии жаркой и засушливой погоды в августе – сентябре, или в результате наступления ранних заморозков.

Продолжительность вегетации у сорта Лорх была в пределах от 110 до 136 (таблица 48).

Повышение дозы удобрений удлиняли продолжительность периода вегетации у обоих сортов на 1-3 дня в сравнении с обычной нормой удобрения. Столь незначительное увеличение вегетационного периода следует объяснить «нивелирующим» действием навоза, который в одинаковых дозах вносили в большей части вариантов.

Удобрения, внесенные в запас, оказали положительное влияние на рост и развитие картофеля обоих сортов.

В среднем за 1970-1974 г.г. в течение всего периода вегетации у сорта Приекульский ранний в вариантах, где внесены повышенные дозы удобрения, нарастание веса ботвы и клубней проходило интенсивнее, чем при внесении $N_{60} P_{90} K_{60}$ (на общем фоне навоза 20 т/га). Максимальной величины надземная масса по всем вариантам и предшественникам достигала в фазу полного цветения.

Накопление урожая клубней находилось в прямой зависимости от веса ботвы (таблица 49).

Таблица 48.

**Результаты фенологических наблюдений
на посевах картофеля**

Годы	Дата посева	Фазы развития					Продолжительность вегетации, дни	Отклонения от средней, дни
		всходы	начало бутонизации	полное цветение	начало отмирания	полное отмирание		
1970	7 V	30, V 1, VI	18, VI 21, VI	— 10, VII	16, VII 26, VII	12, VII 17, IX	977 133	0 +6
1971	12 V	4, VI 6, VI	27, VI 30, VI	16, VII 22, VII	27, VII 18, VIII	14, VIII 4, IX	94 115	-3 -12
1972	11 V	29, V 29, V	20, VI 23, VI	9, VII 12, VII	23, VII 15, VIII	23, VIII 15, IX	104 127	+7 0
1973	7 V	30, V 31, V	21, VI 22, VI	7, VII 8, VII	20, VII 25, VIII	13, VIII 20, IX	98 136	+1 +9
1974	7 V	3, VI 4, VI	22, VI 27, VI	13, VII 16, VII	17, VII 2, VIII	6, VIII 31, VIII	91 116	-6 -11
1975	29, I V	22 V	12, VI	30, VI	27, VII	11, I IX	135	+8
1976	21, V	14, VI	7, VII	26, VII	24, VIII	24, I IX	126	-1

Средняя продолжительность вегетации:

97
127

Примечание:

1. В 1975 и 1976 гг. Приекульский ранний не выращивался.
2. В числителе — данные для Приекульского раннего, в знаменателе — для Лорха.
3. Даты наступления фаз развития приведены для контрольного варианта.

Таблица 49.

**Динамика нарастания веса ботвы и клубней в опыте (средняя за 1970-74 гг.)
Сорт Приекульский ранний**

Варианты опыта	Ботва, ц/га		Клубни, ц/га		
	Число дней от всходов до учета				
	49-53	62-70	81-85	49-53	81-85
1-й севооборот, предшественник – клевер 2 г.п.					
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	77,8	110,6	69,4	36,5	110,5
N ₇₀ P ₁₀₀ K ₇₀ + навоз 40 т/га	95,9	136,4	87,5	42,2	130,6
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	89,7	124,5	88,6	42,7	123,0
2-й севооборот, предшественник – озимые культуры					
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	76,2	108,9	67,1	25,9	102,5
N ₇₀ P ₁₅₀ K ₇₀ + навоз 20 т/га	86,2	120,2	79,3	28,7	124,0
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	95,5	131,5	83,1	23,7	124,0
2-й севооборот, предшественник – клевер 1 г.п.					
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	76,1	114,2	70,0	28,6	106,8
N ₇₀ P ₁₂₀ K ₇₀ + навоз 20 т/га	83,9	120,3	79,4	41,1	127,5
N ₁₁₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	101,1	137,7	94,7	40,8	137,5
					140,1
					165,4
					167,0

Аналогичная картина наблюдается и по сорту Лорх, только здесь надземная масса достигает своего максимума в фазу полное цветение — начало отмирания ботвы (таблица 50). В первом севообороте обращает на себя внимание второй вариант, где помимо удобрений минеральных внесена двойная доза навоза — 40 т/га. Через 81-85 дней после всходов вес ботвы здесь в среднем за 7 лет составил 276,8 ц/га, тогда как на контроле — 189,5 ц/га.

Во втором севообороте в поле, где предшественником картофеля были озимые, все показатели накопления урожая достигают наибольшей величины в третьем варианте, не смотря на то, что такая же доза удобрений вносится под картофель во втором варианте. Повидимому, здесь сказывается остаточное действие удобрения предшественника: в третьем варианте озимая рожь удобрена лучше, чем во втором.

В поле, где предшественником картофеля был клевер 1 г.п. (а в отдельные годы вико-овес), более интенсивное нарастание ботвы и клубней проходило в третьем (удобренном) варианте.

Как показали наблюдения и учеты, проведенные в периоды вегетации, в вариантах с повышенными дозами удобрений стебли были более мощные, количество их кусте было больше, чем при внесении обычной нормы удобрений, листовая поверхность была развита сильнее у обоих сортов (таблица 51).

Погодные условия также оказали заметное влияние на рост и развитие картофеля, при этом действии этого фактора на сорта было не одинаково. Так, у Приекульского раннего слабое накопление урожая клубней было в 1972 и 1974 гг., а у Лорха — в 1972 и 1975 г. Самыми благоприятными для роста и развития картофеля сорта Приекульский ранний были погодные условия 1971 года (с умеренно теплой и дождливой первой половиной лета), сорта Лорх — годные условия 1973 года (с обильным выпадением осадков во второй половине лета).

Таблица 50.

Динамика нарастания веса ботвы и клубней в опыте (средняя за 1970-76 гг.)
Сорт Лорх

Варианты опыта	Ботва, ц/га		Клубни, ц/га				
	Число дней от всходов до учета						
	49-53	62-70	81-85	95-111	49-53	62-70	81-85
1-й севооборот, предшественник — клевер 2 г.п.							
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	104,9	169,9	189,5	124,9	17,3	65,6	129,6
N ₇₀ P ₁₀₀ K ₇₀ + навоз 40 т/га	137,1	229,3	276,8	167,9	21,1	88,9	152,8
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	123,0	199,5	221,6	148,1	25,3	79,6	143,7
2-й севооборот, предшественник — озимые культуры							
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	99,8	169,4	196,6	129,3	15,7	69,6	123,0
N ₇₀ P ₁₅₀ K ₇₀ + навоз 20 т/га	115,3	199,5	233,9	163,3	19,5	81,1	141,0
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	125,2	227,7	259,9	170,5	21,4	92,5	156,3
2-й севооборот, предшественник — клевер 1 г.п.							
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	103,3	168,0	192,1	119,3	15,6	52,6	115,1
N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀ + навоз 20 т/га	116,7	187,0	214,0	144,5	19,0	74,3	133,2
N ₁₁₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	132,1	242,3	274,8	178,5	20,0	88,3	147,8
							210,5

Влияние удобрений на развитие ассимиляционной поверхности, м² куст
(среднее за 1970-1976 гг.)

Варианты опыта	Прикульский ранний						Лорх			
	Число дней от всходов до учета									
	49-53	62-70	81-85	49-53	62-70	81-85	62-70	81-85	95-111	
1-й севооборот, предшественник – клевер 2 г.п.										
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	0,52	0,73	0,40	0,56	0,94	0,90	0,94	0,90	0,53	
N ₇₀ P ₁₀₀ K ₇₀ + навоз 40 т/га	0,62	0,88	0,49	0,74	1,16	1,20	1,16	1,20	0,75	
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	0,58	0,82	0,54	0,66	1,07	1,09	1,07	1,09	0,66	
2-й севооборот, предшественник – озимые культуры										
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	0,48	0,69	0,39	0,53	0,90	0,98	0,90	0,98	0,42	
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	0,52	0,79	0,47	0,62	1,02	1,04	1,02	1,04	0,66	
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	0,58	0,86	0,49	0,64	1,07	1,20	1,07	1,20	0,74	
2-й севооборот, предшественник – клевер 1 г.п.										
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	0,47	0,68	0,43	0,56	0,86	0,89	0,86	0,89	0,52	
N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀ + навоз 20 т/га	0,53	0,73	0,46	0,64	0,95	0,99	0,95	0,99	0,62	
N ₁₁₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	0,64	0,86	0,54	0,73	1,13	1,23	1,13	1,23	0,71	

Б) Влияние условий выращивания на некоторые физиологические показатели растений картофеля

Главной задачей земледелия является создание условий по наилучшему использованию солнечной радиации для синтеза органических веществ.

Существенное значение фотосинтетической деятельности растений принадлежит хлорофиллу (К.А. Тимирязев, 1949 г.).

Нашими исследованиями установлено, что содержание хлорофилла в листьях повышается с увеличением доз как минеральных, так и органических удобрений (таблица 52).

Максимальное содержание хлорофилла в листьях изучаемых сортов картофеля по всем вариантам приходилось обычно на фазу цветения и составило у Прикульского раннего в среднем от 443,7 мг до 495 мг, у сорта Лорх – 363 мг до 416,3 мг на 100 г сырой массы.

Растения картофеля на хорошо удобренных делянках несколько позже вступают в фазу отмирания ботвы, в связи с чем и имеют более позднее разрушение хлорофилла. В данном случае эффект высоких доз удобрений выражается в более продолжительной работе хлорофилла и, как следствие, - в более высокой продуктивности растения картофеля.

За вегетационный период картофель потребляет большое количество воды, но только незначительная ее часть (менее 0,5%) от общего количества используется для построения органической массы растения, большая же часть испаряется.

Следует иметь в виду, что значительное количество влаги испаряется с картофельного поля почвой и это уменьшает влагообеспеченность растений. По данным В.Ф. Пушкарева (1961) в среднем за вегетационный период растения испаряли 41% воды, а почва – 59%.

С испарением воды растениями или с так называемой транспирацией, связывается представление о поступлении воды и минеральных солей в растение.

Как показали наши исследования, расход воды растениями картофеля во многом зависит от уровня минерального питания, а именно: чем выше доза удобрения и, следовательно, больше масса ботвы, тем больше расходуется воды в расчете на одно растение.

Например, во втором севообороте (предшественник – озимые) в варианте N₆₀ P₉₀ K₆₀ на фоне 20 т/га навоза из поверхности листьев одного куста картофеля сорта Прикульский ранний испаряется в час 7,74 г воды, а в варианте N₉₀ P₁₅₀ K₁₀₀ (на таком же фоне навоза) – 9,06 г, у сорта Лорх – соответственно – 12,3 и 14,2 г.

Однако на единицу веса (в нашем случае – на 100 г сырого вещества) расход воды растениями в вариантах с повышенными дозами удобрений значительно меньше, чем при внесении обычной дозы.

Испарение воды с единицы поверхности листьев также уменьшается с повышением уровня питания. Так, с квадратного метра ассимиляционной поверхности Приекульского раннего в первом варианте испаряется в час 13,9 г воды, тогда как в варианте, удобренном в запас — 11,4 г, а в варианте с внесением двойной дозы навоза — 10,8 г. По сорту Лорх эти показатели составили соответственно: 15,1, 13,0 и 12,2 г (первый севооборот).

Все это, по-видимому, связано с меньшим количеством устьиц, приходящихся на единицу поверхности листьев картофеля, выращиваемого на более высоких фонах питания (таблица 53).

Таким образом, картофель в севооборотах при внесении удобрений в запас отличается не только высокой продуктивностью, но и более экономно расходует воду на создание урожая. Интенсивность фотосинтеза (в нашем случае — поглощение растениями картофеля углекислого газа в единицу времени) также в значительной мере зависит от уровня питания.

При этом в вариантах с внесением удобрений в запас, т.е. в больших дозах, как на 100 г сырого веса, так и на 1 м² поверхности листьев поглощается СО₂ в час меньше, чем при обычном удобрении картофеля. Это явление, также как и в случае с транспирацией, следует объяснить меньшим количеством устьиц, приходящихся на единицу поверхности листьев в этих вариантах, что приводит к замедлению газообмена.

Однако за счет большей надземной массы и большей ассимиляционной поверхности — поглощается больше СО₂, чем на обычно удобренных вариантах. Так, в обоих севооборотах листьями одного куста картофеля сорта Приекульский ранний поглощается в час 1,26-1,33 г СО₂ при обычном удобрении, а при внесении повышенных доз — 1,30-1 г 60. По сорту Лорх — соответственно 0,89-0,97 г и 0,94-1,12 г СО₂ (табл. 54).

Таблица 52.

Влияние удобрений на содержание хлорофилла в листьях картофеля, мг/100 г листьев

Варианты опыта	Приекульский ранний (среднее за 1971-1972 г.г.)			Лорх (среднее за 1971-1972, 1975-1976 г.г.)		
	букетизация	цветение	отмирание	букетизация	цветение	отмирание
1-й севооборот						
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	398,4	443,7	326,3	276,7	365,0	306,5
N ₇₀ P ₁₀₀ K ₇₀ + навоз 40 т/га	418,4	483,2	351,7	302,0	407,5	341,6
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	416,0	467,2	347,2	294,1	396,3	328,0
2-й севооборот, предшественник — озимые						
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	393,9	448,7	335,6	264,8	372,0	306,2
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + " "	429,9	491,0	357,7	281,7	389,0	317,7
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + " "	435,0	495,0	365,0	302,0	406,5	350,0
2-й севооборот, предшественник — клевер 1 г.л.						
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	401,6	450,5	325,0	262,5	369,0	310,5
N ₇₃ P ₁₂₀ K ₈₀ + " "	427,0	475,5	345,7	282,8	389,0	331,5
N ₁₁₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + " "	442,5	491,2	363,8	300,0	416,3	346,8

Интенсивность транспирации и количество устьиц в зависимости от условий выращивания

Варианты опыта	Прикульский ранний				Лорд		
	Кол-во устьиц в поле зрения микроскопа (ср. за 1971-72 гг., 8x40)	Интенсивность транспирации, г в час, средняя за 1971-72 гг.		Кол-во устьиц в поле зрения микроскопа (ср. за 1971-72 г. 8x40)	Интенсивность транспирации, г/час, средняя за 1971-72 и 1975-76 гг.		
		на 100 г сырого веса	на 1 м ² листьев		на 100 г сырого веса	на 1 м ² листьев	
							на 1 куст
1-й севооборот							
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	18,7	4,83	13,9	8,93	15,9	4,13	
N ₇₀ P ₁₀₀ K ₇₀ + навоз 40 т/га	16,7	4,09	9,57	13,5	13,5	3,34	
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	17,5	4,22	11,4	9,68	14,7	3,74	
2-й севооборот, предшественник — озимые							
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	18,8	4,23	12,3	7,74	16,7	4,02	
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз	17,4	4,14	11,8	8,42	15,0	3,68	
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + " -	16,3	3,90	11,1	9,06	13,9	3,32	
2-й севооборот, предшественник — клевер 1 г.п.							
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	19,7	4,89	14,0	8,56	16,5	4,69	
N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀ + " -	18,2	4,25	12,4	8,85	15,2	4,35	
N ₁₁₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + " -	16,7	4,06	11,4	10,04	14,4	4,00	
						13,1	
						16,7	
						14,1	
						15,9	
						16,3	

Влияние удобрений на интенсивность фотосинтеза (средняя за 1971-72 гг.)

Варианты опыта	Прикульский ранний				Лорх	
	CO ₂ , г в час				на 1 м ² листьев	на 1 куст
	на 100 г листьев	на 1 м ² листьев	на 1 куст	на 100 г листьев		
1-й севооборот, предшественник – клевер 2 г.п.						
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	0,682	1,96	1,27	0,385	1,10	0,97
N ₇₀ P ₁₀₀ K ₇₀ + навоз 40 т/га	0,675	1,78	1,60	0,304	0,94	1,12
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	0,627	1,68	1,56	0,334	1,01	1,02
2-й севооборот, предшественник – озимые культуры						
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	0,705	2,09	1,33	0,355	1,02	0,91
N ₇₀ P ₁₅₀ K ₇₀ + навоз 20 т/га	0,624	1,88	1,35	0,331	0,99	0,98
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	0,607	1,88	1,50	0,300	0,90	1,04
2-й севооборот, предшественник – клевер 1 г.п.						
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	0,721	2,00	1,26	0,365	1,06	0,89
N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀ + навоз 20 т/га	0,646	1,78	1,30	0,353	0,98	0,94
N ₁₁₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	0,638	1,71	1,51	0,304	0,91	1,05

В) Урожай картофеля

Эффективность действия различных норм удобрений на урожайность картофеля во многом зависела от агрометеорологических условий.

В годы с влажным и теплым летом отдача урожаем клубней при использовании повышенных доз удобрений была более высокой.

Наиболее благоприятными в этом отношении для картофеля обоих сортов были погодные условия 1973 года, когда при внесении удобрений в запас получены самые большие прибавки урожая в сравнении с ежедневным применением удобрений.

А самые неблагоприятные условия были в 1972 году, особенно для картофеля сорта Лорх, когда урожайность этой культуры не превысила 90 ц/га по всем вариантам. В условиях этого же года урожайность сорта Приекульский ранний оказалась почти в два раза выше, чем сорта Лорх.

В среднем за годы исследований прибавки урожая в первом севообороте у сорта Приекульский ранний составили: при внесении $N_{90}P_{150}K_{100}$ (на фоне 20 т/га навоза) – 16,9 ц/га (на 10% выше контроля), при внесении $N_{70}P_{200}K_{70}$ (на фоне 40 т/га навоза) – 24,3 ц/га (на 14,4% выше контроля). У сорта Лорх по сравнению с ежегодным способом внесения удобрений прибавки урожая по этим вариантам составили соответственно 23,0 и 41,5 ц/га – на 10,6-19,1% больше, чем на контроле (таблицы 55-56).

Во втором севообороте по озимым предшественникам прибавки урожая клубней от внесения удобрений в запас (второй и третий варианты) составили: по сорту Приекульский ранний – 15,5 ц/га или 9% и 25,7 ц/га или 14,9%, по сорту Лорх – соответственно 28,4 ц/га или 12,4% и 37,9 ц/га или 16,6%. Следует отметить, что оба варианта здесь удобрялись одинаково ($N_{90}P_{150}K_{100}$ на фоне 20 т/га навоза), однако в третьем варианте под предшественник вносили более высокую дозу удобрений, чем во втором, что, очевидно и сказалось на величине конечного урожая картофеля обоих сортов.

Прибавки урожая картофеля в этом же севообороте, но идущего после клевера 1 г., составили по сорту: Приекульский ранний от дозы $N_{75}P_{120}K_{80}$ – 14,2 ц/га или 8,5%, от дозы $N_{110}P_{150}K_{100}$ – 27,6 ц/га или 16,7%, по сорту Лорх – соответственно 20,4 ц/га или 9,5% и 42 ц/га или 19,6% (во всех случаях дозы минеральных удобрений применяются на одинаковом фоне навоза – 20 т/га).

Таким образом, многолетние исследования показали, что за счет периодического удобрения с/х культур в первый год внесение удобрений можно увеличить урожайность картофеля сорта Приекульский ранний со 165, 2 – 172,0 ц/га до 179,4 – 197,7 ц/га, а сорта Лорх с 214,2 – 228,0 ц/га до 234,6 – 265,9 ц/га, т.е. на 8,5 – 19,6 % в сравнении с обычным (ежегодным удобрением).

Таблица 55.

Урожайность картофеля, ц/га сорт Приекульский ранний

Варианты опыта	1970	1971	1972	1973	1974	Среднее за 5 лет	Прибавки ц/га	% к контролю
1-й севооборот								
$N_{60}P_{90}K_{60}$ + навоз 20 т/га	156,0	201,3	114,3	195,5	174,2	168,3	-	100,0
$N_{70}P_{100}K_{70}$ + навоз 40 т/га	165,5	217,2	131,8	237,6	210,9	192,6	24,3	114,4
$N_{90}P_{150}K_{100}$ + навоз 20 т/га	167,5	218,0	127,6	219,1	193,6	185,2	16,9	110,0
ЗЕ, ц/га = Р, % =	9,3 1,94	15,9 2,5	6,6 1,76	5,3 0,81	17,2 2,97			
2-й севооборот, предшественник – озимые								
$N_{60}P_{90}K_{60}$ + навоз 20 т/га	135,5	194,6	131,3	214,0	184,5	172,0	-	100,0
$N_{70}P_{150}K_{70}$ + то же	143,7	210,5	141,3	229,8	212,3	187,5	15,5	109,0
$N_{90}P_{150}K_{100}$ + то же	147,3	220,9	148,6	254,0	217,7	197,7	25,7	114,9
ЗЕ, ц/га = Р, % =	9,0 2,14	9,6 1,5	6,9 1,64	2,91 0,42	14,7 2,39			
2-й севооборот, предшественник – клевер 1 г.п.								
$N_{60}P_{90}K_{60}$ + навоз 20 т/га	152,7	198,1	125,7	187,6	168,0	165,2	-	100,0
$N_{75}P_{120}K_{80}$ + то же	164,2	206,5	132,6	202,3	179,4	179,4	14,2	103,5
$N_{110}P_{150}K_{100}$ + то же	171,6	217,3	159,8	222,7	192,8	192,8	27,6	116,7
ЗЕ, ц/га = Р, % =	5,61 1,17	12,2 1,09	5,4 1,36	3,3 0,54	19,1 3,34			

Урожайность картофеля, ц/га сорт Лорх

Варианты опыта	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	Среднее за 7 лет	Прибавки, ц/га	% к контролю
1-й севооборот										
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	249,3	185,5	73,0	336,6	187,8	161,7	324,4	216,9	-	100,0
N ₇₀ P ₁₀₀ K ₇₀ + навоз 40 т/га	287,2	205,3	79,2	433,7	226,0	208,6	369,0	258,4	41,5	119,1
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	280,6	200,3	74,9	371,9	209,3	193,1	349,5	239,9	23,0	110,6
ЗЕ, ц/га = Р, % =	14,4 1,85	18,3 3,09	1,82 0,8	25,14 2,4	17,2 2,77	7,05 1,25	8,5 0,81			
2-й севооборот, предшественник - озимые										
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	245,3	183,7	71,1	369,1	199,3	170,4	357,1	228,0	-	100,0
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	277,8	193,6	78,2	428,7	230,0	205,5	381,0	256,4	28,4	112,4
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	280,5	202,4	84,0	453,8	234,4	212,1	393,9	265,9	37,9	116,6
ЗЕ, ц/га = Р, % =	15,12 1,87	10,4 1,8	5,22 2,23	14,7 1,2	19,8 2,99	12,72 2,16	6,3 0,56			
2-й севооборот, предшественник - клевер 1 г.л.										
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	251,6	170,9	74,5	336,5	181,6	166,8	317,2	214,2	-	100,0
N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀ + то же	284,6	186,3	79,5	355,8	206,0	194,4	335,8	234,6	20,4	109,5
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	302,1	202,5	83,9	412,0	229,5	205,1	358,2	256,2	42,0	119,6
ЗЕ, ц/га = Р, % =	10,2 1,21	19,2 3,4	4,89 2,06	10,32 0,93	16,02 2,61	12,9 4,32	12,9 1,28			

Г) Влияние удобрений на структуру урожая и качество клубней картофеля

Внесение повышенных норм удобрений оказало положительное влияние на структуру урожая картофеля обоих сортов. В сравнении с контролем в вариантах с внесением удобрений в запас наблюдается увеличение как общего числа клубней, так и товарных (по всем предшественникам).

В этих же вариантах отмечается и больший вес товарных клубней в кусте, и более высокий средний вес одного товарного клубня. Товарность клубней от применения повышенных доз удобрений в сравнении с контролем увеличивается по сорту Приекульский ранний на 1,9-2,6%, по сорту Лорх – на 1,6-3,3% (в зависимости от предшественников).

Содержание сухих веществ в клубнях с увеличением норм удобрений несколько уменьшается как у сорта Приекульский ранний, так и у сорта Лорх на 0,1-1,3%.

Количество белковых веществ (сырого протеина) в клубнях повышается при внесении удобрений в запас.

На содержание аскорбиновой кислоты (витамина С) в клубнях повышенные дозы удобрений отрицательного влияния не оказали (таблица 57 и 58).

Крахмалистость клубней в годы проведения исследований изменялась в зависимости от доз удобрений и погодных условий. Предшественники на этот показатель качества урожая не оказали заметного влияния.

Самое высокое содержание крахмала в клубнях картофеля сорта Приекульский ранний отмечено в засушливом 1972 году – 16,7-17,4 %, самое низкое – в 1973 году – 12,4-12,9%.

У сорта Лорх этот показатель имел максимальную величину в 1971 году – 20,6 и 22,3%, минимальную – в 1970 году – 14,6-16,1%.

В среднем за 5 лет (1970-1974 гг.) содержание крахмала в клубнях картофеля сорта Приекульский ранний остается практически одинаковым по всем вариантам опыта и предшественникам, снижение этого по мере увеличения доз удобрений столь незначительно, что это можно объяснить скорее всего ошибкой опыта. Причину этого по-видимому, следует искать в том, что уборка урожая этого сорта проводилась обычно значительно позже полного отмирания ботвы, т.е. при полной биологической зрелости клубней.

Содержание крахмала в клубнях картофеля сорта Лорх в среднем за 7 лет (1970-1976 гг.) имело тенденцию к некоторому снижению по мере увеличения доз удобрений. Особенно это заметно в вариантах N₇₀P₁₀₀K₇₀ (на фоне 40 т/га навоза, первый севооборот) и N₁₁₀P₁₅₀K₁₃₀ (на фоне 20 т/га навоза, второй севооборот, предшественник – клевер

1 г.п.), где содержание крахмала в сравнении с контролем уменьшается на 0,6-0,8 %. Это явление можно объяснить более продолжительной вегетацией картофеля сорта Лорх в вариантах с повышенными нормами удобрений и меньшей биологической зрелостью клубней в этих вариантах на день уборки.

Сбор крахмала с гектара в большей степени зависит от урожайности картофеля, чем от его содержания в клубнях. Поэтому в вариантах с внесением удобрений в запас этот показатель значительно выше, чем в вариантах с ежегодным применением удобрений.

Так, по сорту Приекульский ранний сбор крахмала в вариантах с периодическим применением удобрений возрастает на 1,4-3,6 ц/га или на 6,9-16,2% в сравнении с ежегодным способом внесения удобрений, по сорту Лорх – соответственно на 2,0-5,9 ц/га или на 5,1-16,3% (таблица 59-60).

Таблица 57.

Влияние удобрений на структуру урожая и качество клубней (среднее за 1970 -1974 гг.)
Сорт Приекульский ранний

Варианты опыта	Количество клубней с одного куста, шт.		Вес клубней с одного куста, г		Средний вес одного товарного клубня, г	Товарность клубней, %	Содержание сухих веществ, %	Сырой протеин, %	Витамин С, мг/%
	общее	в т.ч. товарных	общий	в т.ч. товарных					
1-й севооборот									
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	8,9	5,2	383	326	62,7	85	23,2	2,16	19,9
N ₇₀ P ₁₀₀ K ₇₀ + навоз 40 т/га	10,4	5,8	439	385	66,4	87,6	22,7	2,22	20,1
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	10,0	5,7	421	365	64,0	86,9	23,1	2,22	20,0
2-й севооборот, предшественник – озимые									
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	9,1	5,4	391	329	61,0	84,1	23,0	2,16	20,2
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	10,1	5,6	426	368	65,7	86,5	22,4	2,18	20,7
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	10,4	5,7	449	389	68,2	86,6	22,2	2,22	20,4
2-й севооборот, предшественник – клевер 1 г.п.									
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	9,1	5,0	367	305	61,0	83,1	23,2	2,13	19,2
N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀ + то же	9,6	5,7	399	340	59,6	85,2	22,6	2,15	20,6
N ₁₁₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	12,0	6,3	429	367	58,3	85,5	22,3	2,27	20,7

Влияние удобрений на структуру урожая и качество клубней (среднее за 1970-1974 гг.)
Сорт Лорх

Варианты опыта	Количество клубней с одного куста, шт.		Вес клубней с одного куста, г		Средний вес одного клубня, г	Товарность клубней, %	Содержание сухих веществ, %	Сырой протеин, %	Витамин С, мг/%
	общее	в т.ч. товарных	общий	в т.ч. товарных					
1-й севооборот									
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	13,3	7,5	480	391	52,1	81,4	24,6	2,34	20,8
N ₇₀ P ₁₀₀ K ₇₀ + навоз 40 т/га	15,2	8,8	571	479	54,5	84,0	23,7	2,48	20,9
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	14,4	8,1	530	441	54,4	83,2	23,8	2,41	20,9
2-й севооборот, предшественник – озимые									
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	12,5	7,4	496	408	55,1	82,3	24,3	2,46	20,7
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	14,1	8,1	557	469	57,9	84,0	23,9	2,51	20,9
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	14,8	8,5	577	494	58,1	85,5	23,8	2,57	21,5
2-й севооборот, предшественник – клевер 1 г.п.									
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	12,3	7,4	467	375	50,6	80,3	23,8	2,40	20,5
N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀ + то же	13,7	7,9	513	420	53,2	81,9	23,1	2,43	21,5
N ₁₁₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	14,7	8,4	560	468	55,7	83,6	22,5	2,53	22,7

Содержание и выход крахмала.
Прикульский ранний

Варианты опыта	1970		1971		1972		1973		1974		Среднее		Прибавки, ц/га	% к контролю
	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га		
1-й севооборот														
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	14,0	21,8	16,2	32,8	17,4	19,9	12,6	24,6	13,1	22,8	14,6	24,4	-	100,0
N ₇₀ P ₁₀₀ K ₇₀ + навоз 40 т/га	14,1	23,4	15,5	33,6	17,3	22,8	12,4	29,5	13,1	27,6	14,5	27,4	3,0	112,3
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	14,0	23,4	14,7	32,1	17,4	22,2	12,9	28,2	13,4	25,9	14,5	26,4	2,0	108,2
2-й севооборот, предшественник - озимые														
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	14,1	19,1	15,8	30,3	16,8	22,1	12,7	27,2	13,4	24,7	14,6	24,7	-	100,0
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	14,5	20,8	14,6	30,4	16,8	23,8	12,7	29,2	13,0	27,6	14,4	26,4	1,7	106,9
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	14,2	21,6	14,8	32,4	16,9	25,1	12,5	31,8	13,0	28,3	14,3	27,9	3,2	113,0
2-й севооборот, предшественник - клевер 1 г.п.														
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	14,8	22,6	14,4	27,8	17,0	21,4	12,8	24,0	13,3	22,3	14,4	23,6	-	100,0
N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀ + то же	14,9	24,5	15,1	31,1	16,7	22,2	12,7	25,7	13,5	25,8	14,5	25,9	2,3	109,9
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	14,7	25,2	14,6	31,4	16,8	22,8	12,7	28,3	13,2	28,1	14,3	27,2	3,6	115,2

**Содержание и выход крахмала
Лорх**

88

Варианты опыта	1970		1971		1972		1973		1974		1975		1976		среднее		при- бавки ц/га	% к кон- тролю
	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га		
1-й севооборот																		
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + на- воз 20 т/га	15,9	39,6	22,1	41,0	19,9	14,5	16,2	54,5	17,3	32,5	16,5	26,7	17,8	57,6	17,9	38,6	-	100,0
N ₇₀ P ₁₀₀ K ₇₀ + навоз 40 т/га	15,6	44,7	20,6	42,3	19,8	15,7	16,1	69,7	16,9	38,2	14,9	31,1	16,2	59,7	17,1	43,0	4,4	111,3
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	14,7	41,3	21,2	42,5	19,9	14,9	16,3	60,6	17,0	35,6	15,9	30,7	16,7	58,7	17,5	40,6	2,0	105,1
2-й севооборот, предшественник — озимые																		
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + на- воз 20 т/га	16,1	39,4	21,3	39,2	19,4	13,8	16,2	59,7	17,4	34,7	16,4	27,9	18,0	64,3	17,3	39,8	-	100,0
N ₇₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	14,8	41,1	21,6	41,8	19,5	15,2	16,3	70,0	17,2	39,5	15,6	32,1	17,4	66,2	17,5	43,6	3,3	109,4
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	14,7	41,2	21,4	43,4	19,4	16,3	16,4	74,4	17,3	40,6	15,3	32,5	18,0	70,9	17,5	45,6	5,8	114,8
2-й севооборот, предшественник — клевер 1 г.п.																		
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + на- воз 20 т/га	15,2	38,2	22,3	38,1	19,6	14,6	16,1	54,1	17,2	31,2	16,1	26,8	16,8	53,3	17,6	36,6	-	100,0
N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀ + то же	14,6	41,6	22,2	41,4	19,4	15,4	16,0	56,9	16,9	34,8	15,8	30,7	16,0	53,6	17,3	39,2	2,6	107,2
N ₁₁₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	14,7	44,4	22,0	44,6	18,8	15,8	15,9	65,5	16,8	38,5	15,3	31,4	15,7	57,2	17,0	42,5	5,9	116,3

89

Д) Вынос азота, фосфора и калия урожаем картофеля

Проведенными исследованиями установлено, что картофель независимо от метеорологических условий и уровня питания потребляет меньше всего фосфора, больше — азота и особенно калия (таблица 61).

Потребление питательных веществ повышалось с увеличением применяемых доз удобрений и роста урожаев картофеля. Оно зависело и от содержания того или иного элемента питания в органах растения, что также было связано с уровнем минерального питания.

Наибольшее потребление питательных веществ растениями наблюдалось в период максимально развития надземной массы, и по мере дальнейшего прохождения вегетации оно уменьшалось. В результате всего конечный вынос N, P₂O₅ и K₂O значительно уступал максимальному биологическому выносу.

В обоих севооборотах по всем предшественникам урожаем картофеля изучаемых сортов было вынесено больше элементов питания в вариантах с внесением удобрений в запас. Так, биологический вынос урожая Прикульского раннего в первом севообороте при ежегодном удобрении (первый вариант) составили: азота — 93,8 кг, фосфора — 25,5 кг, калия — 110,4 кг с га, тогда как при периодическом удобрении соответственно: 110,8; 31,4; 136,3 кг/га. По сорту Лорх эти показатели имели соответственно следующие значения: 129,1; 33,2; 154,7 и 155,0; 38,5; 182,6 кг/га.

Хозяйственный вынос элементов питания урожая картофеля обоих сортов находился в такой же закономерности.

Нашими исследованиями установлено, что на 100 ц клубней возрастает как биологический, так и хозяйственный вынос азота, фосфора и калия с увеличением их доз в удобрении.

В среднем за ротацию на 100 ц урожая картофеля сорта Лорх биологический вынос составил азота — 58,6-71,8 кг, фосфора — 14,3-17,1 кг, калия — 58,3-80,8 кг. По сорту Прикульский ранний эти показатели соответственно равны: 53,0-66,0; 14,7-19,4; 64,5-75,9 кг (таблица 62).

Соотношение элементов питания в урожае картофеля при биологическом и хозяйственном выносах заметно различается. Так, при биологическом выносе у сорта Лорх на каждую единицу азота приходится 0,24-0,26 единицы фосфора и 0,97-1,22 единицы калия, у сорта Прикульский ранний это соотношение равно: 1 : 0,27-0,31 : 1,13-1,23. При хозяйственном выносе у сорта Лорх на каждую единицу азота приходится 0,33 — 0,36 единицы фосфора и 1,14-1,32 единицы калия, у сорта Прикульский ранний — 0,34-0,39 единицы фосфора и 1,21-1,38 единиц калия (таблица 63).

Таким образом, почти во всех случаях при хозяйственном выносе увеличивается количество фосфора и калия, приходящегося на единицу азота, в сравнении с биологическим выносом.

Вынос азота, фосфора и калия урожаем картофеля, кг/га

Варианты опыта	Сорт Лорх (среднее за 7 лет)						Сорт Прикульский ранний (среднее за 5 лет)					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	Биологический			Хозяйственный			Биологический			Хозяйственный		
1-й севооборот												
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	129,1	33,2	154,7	77,2	27,6	102,6	93,8	25,5	110,4	56,6	19,0	68,4
N ₇₀ P ₁₀₀ K ₇₀ + навоз 40 т/га	180,5	48,4	204,0	101,5	34,4	123,1	118,6	33,2	138,1	62,9	23,7	87,1
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	155,0	38,5	182,6	91,9	31,8	115,1	110,8	31,4	136,3	63,3	22,8	81,6
2-й севооборот, предшественник – озимые												
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	137,3	34,4	132,9	87,1	31,0	114,0	93,5	23,3	112,1	56,8	21,4	73,0
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	161,7	42,1	186,8	102,8	37,3	131,0	112,9	33,4	129,1	63,0	24,3	80,6
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	175,0	45,2	207,0	122,4	39,8	140,0	125,3	38,4	145,6	67,8	26,1	91,1
2-й севооборот, предшественник – клевер 1 г.п.												
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	125,8	30,6	153,0	78,4	26,6	98,5	87,5	24,3	106,5	54,4	19,0	66,0
N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀ + то же	148,0	35,6	168,0	86,5	29,9	107,0	108,0	29,3	121,9	60,7	21,5	75,0
N ₁₁₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	184,0	43,9	207,0	99,7	33,1	120,2	127,1	34,2	146,4	68,5	23,8	84,2

Вынос элементов питания урожаем картофеля на 100 ц клубней, кг

Варианты опыта	Сорт Лорх (среднее за 7 лет)						Сорт Прикульский ранний (среднее за 5 лет)					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	Биологический			Хозяйственный			Биологический			Хозяйственный		
1-й севооборот												
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	59,4	15,3	71,3	35,6	12,8	47,2	55,8	15,2	65,6	33,3	11,3	40,6
N ₇₀ P ₁₀₀ K ₇₀ + навоз 40 т/га	69,9	16,8	78,9	39,3	13,3	47,6	61,6	17,2	71,7	32,7	12,3	45,2
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	64,7	16,1	76,2	38,4	13,3	48,0	59,7	17,0	73,7	34,4	12,3	44,1
2-й севооборот, предшественник – озимые												
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	60,2	15,1	58,3	38,1	19,6	50,0	54,4	16,5	66,2	33,0	12,4	42,4
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	63,0	16,4	72,8	40,1	14,5	51,1	60,3	17,8	68,9	33,6	13,0	43,0
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	65,8	17,0	78,1	46,1	15,0	52,8	63,4	19,4	73,6	34,4	13,2	46,1
2-й севооборот, предшественник – клевер 1 г.п.												
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	58,6	14,3	75,1	36,6	12,4	46,1	53,0	14,7	64,5	32,9	11,5	40,0
N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀ + то же	63,1	15,2	71,8	36,9	12,7	45,8	57,6	16,4	68,0	33,9	12,0	41,8
N ₁₁₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	71,8	17,1	80,8	38,8	12,9	46,9	66,0	17,7	75,9	35,6	12,3	43,6

Соотношение N, P_2O_5, K_2O в урожае картофеля

92

Варианты опыта	Сорт Лорх (среднее за 7 лет)						Сорт Прикульский ранний (среднее за 5 лет)					
	Биологический			Хозяйственный			Биологический			Хозяйственный		
	1-й севооборот			2-й севооборот, предшественник - озимые			1-й севооборот			2-й севооборот, предшественник - клевер 1 г.л.		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
$N_{60}P_{90}K_{60}$ + навоз 20 т/га	1	0,26	1,20	1	0,36	1,32	1	0,26	1,18	1	0,34	1,21
$N_{70}P_{100}K_{70}$ + навоз 40 т/га	1	0,24	1,13	1	0,34	1,21	1	0,28	1,16	1	0,38	1,38
$N_{90}P_{150}K_{100}$ + навоз 20 т/га	1	0,25	1,18	1	0,35	1,25	1	0,28	1,23	1	0,36	1,29
$N_{60}P_{90}K_{60}$ + навоз 20 т/га	1	0,25	0,97	1	0,36	1,31	1	0,30	1,20	1	0,38	1,28
$N_{90}P_{150}K_{100}$ + то же	1	0,26	1,15	1	0,36	1,27	1	0,30	1,15	1	0,39	1,28
$N_{90}P_{150}K_{100}$ + то же	1	0,26	1,18	1	0,33	1,14	1	0,31	1,16	1	0,39	1,34
$N_{60}P_{90}K_{60}$ + навоз 20 т/га	1	0,24	1,22	1	0,34	1,26	1	0,28	1,22	1	0,35	1,21
$N_{75}P_{120}K_{80}$ + то же	1	0,24	1,13	1	0,35	1,24	1	0,28	1,18	1	0,35	1,23
$N_{110}P_{150}K_{100}$ + то же	1	0,24	1,13	1	0,33	1,20	1	0,27	1,15	1	0,35	1,23

93

3. Влияние ежегодного и периодического способов внесения удобрений в севооборотах с различной насыщенностью картофеля на плодородие и некоторые физико-химические показатели почвы

А) Биологическая активность почвы

Биологическая активность является одним из важных показателей плодородия почвы, поскольку с деятельностью микрофлоры тесно связана мобилизация питательных веществ и превращение потенциального плодородия в эффективное.

Биологическая активность возрастает с повышением степени окультуренности почвы. Ее можно повысить правильной обработкой, применением органических и минеральных удобрений.

В условиях проведения опытов биологическую активность почвы определяли методом закладки стандартных льняных полотен на глубину пахотного слоя (0-30 см) по всем вариантам на картофельных полях экспериментальных севооборотов.

Таблица 64.

Биологическая активность почвы (горизонт 0-30 см),
% к контролю

Варианты опыта	1972	1975	Средняя
1-й севооборот			
$N_{60}P_{90}K_{60}$ + навоз 20 т/га	100,0	100,0	100,0
$N_{70}P_{100}K_{70}$ + навоз 40 т/га	104,3	115,7	110,0
$N_{90}P_{150}K_{100}$ + навоз 20 т/га	102,4	107,8	105,1
2-й севооборот, предшественник - озимые			
$N_{60}P_{90}K_{60}$ + навоз 20 т/га	100,0	100,0	100,0
$N_{90}P_{150}K_{100}$ + то же	109,1	112,0	110,6
$N_{90}P_{150}K_{100}$ + то же	106,3	111,0	108,7
2-й севооборот, предшественник - клевер 1 г.			
$N_{60}P_{90}K_{60}$ + навоз 20 т/га	100,0	100,0	100,0
$N_{75}P_{120}K_{80}$ + то же	105,3	107,6	106,5
$N_{110}P_{150}K_{100}$ + то же	108,4	111,2	109,8

В таблице 64 приведены результаты определения биологической активности почвы. В 1972 и 1975 гг. в относительных показателях.

Биологическая активность почвы в варианте с ежегодным внесением удобрений по каждому предшественнику принята за 100%.

Полученные данные свидетельствуют о повышении биологической активности почвы по мере увеличения доз удобрений. Так, в первом севообороте при запасном внесении удобрений (третий вариант), она повышалась на 5,1%, а при внесении 40 т/га навоза (второй вариант) — на 10% по сравнению с контролем (в среднем за два года).

Во втором севообороте по всем предшественникам также наблюдается более высокая биологическая активность почвы в вариантах с повышенными дозами удобрений.

Заметное влияние на этот показатель оказали погодные условия вегетационных периодов. Засушливое лето 1972 года существенно снизило биологическую активность почвы по всем вариантам и предшественникам по сравнению с более благоприятным вегетационным периодом 1975 года.

Все это, в итоге отразилось на конечном урожае клубней.

Б) Влияние способов удобрения на плодородие почвы

Поскольку ведущей культурой в экспериментальных севооборотах является картофель, то в течение ротации все внимание было сосредоточено на определении содержания основных элементов питания в почве именно под этой культурой.

В таблицах 65 и 66 приведены результаты этих анализов за 1972 и 1973 гг. в динамике.

В 1972 году наиболее благоприятные условия для накопления минерального азота были в начале вегетации (фаза бутонизации). Затем, содержание его (особенно нитратного) начинает резко уменьшаться, что по-видимому, связано не только с использованием его растениями картофеля, но и с ухудшением условий для нитрификации и аммонификации вследствие наступившей жары и засухи.

В 1973 году, несмотря на интенсивный рост всех органов картофеля, количество нитратного аммиачного азота в пахотном горизонте почвы остается практически постоянным в течение всего вегетационного периода, лишь несколько уменьшаясь к его концу (таблица 65). Причина этого по всей вероятности кроется в благоприятных условиях лета 1973 года для нитрификации и аммонификации, за счет чего запасы минерального азота, несмотря на его интенсивное использование растениями, постоянно пополнялись.

В вариантах с повышенными дозами удобрений (внесение в запас) по всем предшественникам картофеля и во все фазы развития сохранилось минерального азота в почве больше, чем при ежегодном применении удобрений.

Под культурами, идущими после картофеля (вико-овес на сено и на зерно), содержание минерального азота на делянках с периодическим внесением удобрений не ниже, чем на делянках с ежегодным их

применением (хотя в текущем году делянки, идущие после картофеля, удобренного в запас, не удобрялись).

Максимальное содержание подвижного фосфора в пахотном горизонте в 1972 году приходилось на фазу цветения, в 1973 году — на фазу бутонизации, что также следует объяснить различиями в погодных условиях вегетационных периодов, указанных выше, лет.

По мере отмирания растений содержание P_2O_5 в почве уменьшается по всем вариантам. Величина P_2O_5 в вариантах с периодическим внесением удобрений несколько больше, чем в вариантах с обычным удобрением.

Более высоким содержанием подвижного фосфора в почве отличаются делянки, где предшественником картофеля были озимые. По-видимому, это связано с большим количеством фосфорных удобрений, внесенных под озимые, нежели под другие предшественники.

Содержание обменного калия в пахотном горизонте уменьшается по мере использования его растениями, при этом так как в предыдущих случаях, величина его больше тем, где применялись повышенные нормы удобрений (таблица 66).

Содержание подвижного фосфора и обменного калия в почве под культурами, идущими после картофеля, в вариантах с периодическим внесением удобрений не ниже, чем при ежегодном внесении (таблица 67).

Нами был подсчитан примерный баланс питательных веществ за ротацию севооборотов (таблица 68).

При составлении баланса учитывали всю продукцию, отчуждаемую с поля.

Как следует из таблицы, в опыте имеет место дефицит азота и калия по всем вариантам, в то же время установлен положительный баланс для фосфора.

Применение повышенных доз удобрений уменьшает дефицит азота и калия (сравните вариант 1 и 3 с вариантом вторым в первом севообороте). Периодическое внесение удобрений увеличивает дефицит этих элементов питания в сравнении с ежегодным способом внесения по-видимому, за счет большого урожая и, соответственно, большего выноса азота и калия теми культурами, под которые вносят повышенные нормы удобрений и прежде всего картофеля.

Несмотря на то, что второй севооборот более насыщен картофелем, здесь ощущается меньший дефицит азота и калия в сравнении с первым севооборотом. Так, в первом севообороте дефицит азота составляет в год 39,1 кг/га, дефицит калия — 20,5 кг/га, в то же время как во втором севообороте соответственно 27,7 и 13,3 кг/га. По-видимому, это связано с более высоким уровнем питания с/х культур во втором севообороте.

Динамика минерального азота в горизонте почвы 0-30 см в зависимости от удобрения
и предшественников картофеля

Варианты опыта	N - NO ₃ , мг на 1 кг почвы			N - NH ₄ , мг на 1 кг почвы		
	букетизация	цветение	отмирание	букетизация	цветение	отмирание
1-й севооборот						
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	33,6/28,5	22,0/29,6	9,6/28,7	32,7/25,6	29,1/24,0	14,4/24,2
N ₇₀ P ₁₀₀ K ₇₀ + навоз 40 т/га	37,6/30,0	23,6/33,9	10,6/31,9	35,9/32,7	32,3/26,0	15,9/25,4
N ₉₀ P ₁₃₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	38,5/28,6	23,2/29,9	10,8/29,3	36,8/29,5	32,4/25,1	15,8/25,1
2-й севооборот, предшественник - озимые						
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	34,2/29,7	22,8/30,2	10,0/29,2	41,3/24,7	32,1/23,5	16,7/22,5
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	38,9/30,3	23,5/36,9	11,5/33,1	42,5/26,6	34,2/23,6	17,1/23,8
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	39,4/33,2	24,3/37,8	11,9/33,8	42,7/29,6	35,5/24,2	17,6/24,4
2-й севооборот, предшественник - клевер 1 г.п.						
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	31,6/29,5	20,2/31,2	9,1/24,1	35,7/24,9	31,0/24,2	14,9/21,6
N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀ + то же	33,1/30,9	20,8/36,4	9,5/27,7	41,2/26,8	32,9/25,5	15,0/23,1
N ₁₁₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	38,2/35,2	23,4/37,6	10,4/31,2	41,5/27,4	33,5/26,2	16,0/24,5

Примечание: в числителе — данные 1972 года, в знаменателе — 1973 года.

Таблица 66.

Динамика подвижного фосфора и обменного калия в горизонте почвы 0-30 см в зависимости от
удобрения и предшественников картофеля

Варианты опыта	P ₂ O ₅ , мг на 100 г почвы			K ₂ O, мг на 100 г почвы		
	букетизация	цветение	отмирание	букетизация	цветение	отмирание
1-й севооборот						
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	16,7/17,7	17,0/16,7	16,5/15,3	19,9/18,9	18,9/17,6	17,3/16,9
N ₇₀ P ₁₀₀ K ₇₀ + навоз 40 т/га	17,3/20,0	17,5/18,2	17,1/16,2	23,0/21,3	21,4/18,2	19,0/17,6
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + навоз 20 т/га	17,9/18,9	18,1/17,4	17,6/15,8	21,3/19,6	19,8/17,3	17,5/16,7
2-й севооборот, предшественник - озимые						
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	18,2/18,6	19,5/17,9	17,7/17,1	19,6/19,7	18,3/18,8	17,5/17,9
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	19,4/19,1	20,3/18,5	18,6/17,7	21,0/20,8	19,7/19,7	17,7/18,5
N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	19,8/22,0	20,7/19,9	19,5/18,4	21,4/22,1	20,4/20,3	18,2/19,2
2-й севооборот, предшественник - клевер 1 г.п.						
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ + навоз 20 т/га	16,4/16,8	17,7/16,1	17,2/15,5	18,7/18,1	18,2/17,2	16,8/16,5
N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀ + то же	19,3/17,5	20,2/17,1	18,7/16,6	19,5/19,2	18,8/18,4	17,8/17,5
N ₁₁₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + то же	19,0/19,1	20,1/18,5	18,6/17,0	19,8/20,6	19,1/18,9	17,8/18,1

Примечание: в числителе — данные 1972 года, в знаменателе — 1973 года.

Влияние ежегодного и периодического способов удобрения на содержание элементов питания (0-30 см) под культурами, идущими после картофеля (1972 год)

Культура	Варианты опыта	N - NO ₃ , мг на 1 кг почвы		N - NH ₄ , мг на 1 кг почвы		P ₂ O ₅ , мг на 100 г почвы		K ₂ O, мг на 100 г почвы	
		6. V	25. VII	6. V	25. VII	6. V	25. VII	6. V	25. VII
1-й севооборот, предшественник — картофель после клевера 2 г.									
Вико-овес на сено	N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	21,3	10,4	28,7	27,4	17,0	17,1	18,6	17,9
	N ₄₀ P ₇₀ K ₄₀	24,0	11,6	29,4	28,2	18,1	18,3	19,5	18,8
	Без удобрений	20,9	10,0	28,4	26,2	17,9	17,7	18,2	17,6
2-й севооборот, предшественник — картофель после озимых.									
Вико-овес на сено	N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	26,8	12,1	31,8	29,2	17,2	17,5	20,3	18,3
	Без удобрений	28,4	12,8	32,0	29,4	18,1	18,2	20,5	18,5
	Без удобрений	28,7	13,2	32,4	30,6	18,3	18,9	22,1	18,9
2-й севооборот, предшественник — картофель после клевера 1 г.л.									
Вико-овес на сено	N ₃₀ P ₆₀ K ₄₀	21,4	10,3	28,8	27,2	16,7	17,0	19,4	18,2
	Без удобрений	20,8	10,0	28,5	26,7	16,4	17,9	18,8	18,5
	Без удобрений	22,1	10,5	29,2	27,3	17,6	17,9	18,9	18,4

Баланс питательных веществ за ротацию экспериментальных севооборотов (1970-1976 гг.)

Системы удобрения	Внесено с органическими и минеральными удобрениями, кг/га			Вынесено с урожаем, кг/га			Разница между внесенным количеством и выносом п.в., кг/га		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1-й севооборот (содержание картофеля 14,3 %)									
1	309	436	382	588,4	196,8	534,6	-279,4	239,2	-152,6
2	463	552	524	692,0	235,0	614,0	-229,0	317,0	-90,0
3	309	436	382	624,0	214,0	568,5	-315,0	222,0	-186,5
В среднем по севообороту:	360,3	474,7	429,3	634,8	215,3	572,4	-274,5	259,4	-143,1
за ротацию за год	51,5	67,8	61,3	90,6	30,7	81,8	-39,1	37,1	-20,5
2-й севооборот (содержание картофеля 28,6 %)									
1	463	552	524	641,2	224,6	594,9	-178,2	327,4	-70,9
2	463	552	524	652,0	226,3	614,7	-189,0	325,7	-90,7
3	463	552	524	674,1	237,0	639,1	-211,1	315,0	-115,1
В среднем по севообороту:	463	552	524	655,8	229,3	616,2	-192,8	322,7	-92,2
за ротацию за год	66,1	79,0	74,8	93,8	32,8	88,1	-27,7	46,2	-13,3

Следует отметить, что при составлении баланса не учтены биологический азот, фиксированный клубеньковыми бактериями многолетних трав (клевером) и зернобобовых культур, а также азотфиксация свободно живущими микроорганизмами и поступление азота с атмосферными осадками.

Поэтому, фактически в условиях проведения опыта дефицит азота гораздо меньше, чем указано в таблице 68. Тем не менее, все это подтверждает положительную роль азотных удобрений в зоне Черноземья.

Положительный баланс для фосфора вовсе не говорит о необходимости уменьшения норм внесения фосфорных удобрений. Несмотря на то, что ежегодно в почве севооборотов накопление фосфора составляло от 37,1 до 46,22 кг/га, значительная часть его переходила в недоступное для растений состояние. Поэтому дополнительное внесение фосфора в почву, бедную этим элементом желательно для доведения его содержания до оптимального уровня, учитывая его значение для общего окультуривания почвы.

Что же касается дефицита калия в севооборотах (от 13,3 до 20,5 кг/га в год), то количество его возмещается за счет вполне достаточного содержания этого элемента в почве.

Длительное систематическое применение удобрений заметно сказывается на пищевом режиме и агрохимических свойствах почвы.

Для установления этого влияния с каждой делянки в горизонте 0-30 см брали почвенные пробы в 1969 году (при закладке опыта) и в 1976 году (после первой ротации), в которых лабораторным путем определяли основные агрохимические показатели (таблица 69). Данные таблицы свидетельствуют, что при длительном применении удобрений наблюдается тенденция к слабому подкислению пахотного слоя почвы, в то же время сумма поглощенных оснований остается практически неизменной как в первом, так и во втором севообороте.

Количество гумуса за 7 лет увеличилось в первом севообороте на 0,06%, во втором — на 0,05%, по-видимому в первую очередь за счет применения органических удобрений.

Заметно повысилось содержание подвижных фосфатов в пахотном горизонте, особенно во втором севообороте, более насыщенном картофелем, и где внесено больше фосфорных удобрений.

То же самое можно сказать об обменном калии. Несмотря на дефицит содержания его в пахотном слое в конце ротации повысилось по всем вариантам опыта, что следует объяснить большими потенциальными возможностями почвы, при этом внесение повышенных доз калийных удобрений положительно сказывается на балансе питательных веществ в изучаемых севооборотах.

Таблица 69.

Изменение некоторых свойств пахотного слоя почвы (0-20 см) в севооборотах в зависимости от системы удобрения за период 1970-1976 гг.

Системы удобрения	Гумус, %		РН		Обменная кислотность		Гидролитическая кислотность		Сумма поглощенных оснований		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	в начале ротации	в конце ротации	в начале ротации	в конце ротации	в начале ротации	в конце ротации	в начале ротации	в конце ротации	в начале ротации	в конце ротации	в начале ротации	в конце ротации	в начале ротации	в конце ротации
1-й севооборот (содержание картофеля — 14,3%)														
1	5,73	5,78	5,8	5,9	-	-	-	-	36,1	37,3	15,4	18,2	16,4	20,5
2	5,59	5,68	6,0	6,1	-	-	-	-	37,1	36,9	16,2	18,5	16,4	21,1
3	5,94	5,98	6,0	5,8	-	-	-	-	37,4	37,7	15,9	17,4	17,22	20,3
В среднем по севообороту:	5,75	5,81	5,95	5,93	0,17	0,21	3,25	3,41	36,8	37,3	15,8	18,0	16,7	20,6
2-й севооборот (содержание картофеля — 28,6%)														
1	6,07	6,12	6,0	5,8	-	-	-	-	37,7	38,2	15,3	20,2	16,6	22,4
2	6,12	6,15	5,8	5,9	-	-	-	-	38,7	37,9	16,5	20,6	16,7	22,1
3	5,82	5,86	5,9	5,9	-	-	-	-	36,1	37,3	15,5	19,5	16,4	21,7
В среднем по севообороту:	6,00	6,04	5,9	5,86	0,18	0,23	3,48	3,62	37,7	37,8	15,7	20,1	16,6	22,1

В) Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы под культурами севооборотов с различным насыщением картофеля

Как уже упоминалось ранее, весной (перед севом) и осенью (после наступления устойчивых заморозков) в метровом слое почвы под всеми культурами определяли запасы продуктивной влаги.

Результаты этих определений приведены в таблице 70.

Полученные данные показывают, что запасы усвояемой растениями воды в метровом слое почвы были неодинаковы в годы проведения исследований и во многом зависали как от атмосферных осадков, так и от роста и развития растений.

Хорошие запасы влаги были весной 1971, 1973, 1974 гг. и осенью 1972 и 1973 гг.

В то же время целый ряд лет отмечался неудовлетворительными запасами продуктивной влаги. Особенно низкими они были в осенние периоды 1974 и 1975 гг., когда осадков за вегетацию выпало мало, а урожайность всех культур в севооборотах была относительно высокой.

Весной самые низкие запасы усвояемой воды были 1976 году (221,5-61,6 мм), - после засушливой осени 1975 г. и малоснежной зимы 1975-1976 гг.

Заметного влияния предшественников картофеля на содержание продуктивной влаги под этой культурой не наблюдается.

Величина весенних запасов влаги во многом зависела от сроков уборки и высоты урожая предшествующих культур, осенних запасов - от сроков уборки и высоты урожая возделываемой в данном году культуры.

4. Экономическая оценка севооборотов за ротацию (в ценах 1976 г.)

Интенсификация сельскохозяйственного производства на базе его специализации по иному ставит вопрос о месте картофеля в севообороте, насыщенном картофелем, о лучшем составе звеньев подобных специализированных севооборотов. К тому же само по себе насыщение севооборота картофелем неотделимо от систематического применения удобрений.

В условиях Елецкой опытной станции проводимыми стационарными опытами ставилась цель дать агроэкономическую оценку различных систем удобрения культур (внесение ежегодно и в запас), звеньев севооборота с картофелем (предшественник - картофель - культура, следующая) и севооборотов с различным насыщением картофеля (14,3 % и 28,6 %).

Метод длительного опыта дает возможность изучения того или иного фактора не только в действии, но и в последствии и, что особенно важно, во взаимодействии (например, в системе почва - растение - удобрение и т.д.).

При анализе данных (табл. 71) выявлено, что лучшим в условиях проведения опытов оказалось звено: озимые - картофель - вико-овес (зерно), где получены самые высокие урожаи клубней, самый большой сбор кормовых единиц с гектара и самая высокая стоимость продукции. А в самом звене наиболее эффективным оказалось внесение $N_{165} P_{270} K_{180}$. Стоимость продукции здесь на 181,9 руб./га больше, чем при внесении $N_{135} P_{210} K_{140}$ (в обоих случаях - на фоне 20 т/га навоза).

В первом севообороте в звене: клевер 2 г.г. - картофель - вико-овес (сено) самое большое количество продукции получено в варианте $N_{110} P_{210} K_{150}$ + навоз 40 т/га.

В звене: клевер 1 г.п. - картофель - вико-овес на сено (2-ой севооборот) наибольший эффект получен от внесения $N_{110} P_{150} K_{100}$ + навоз 20 т/га.

Следует отметить, что величина стоимости продукции в севооборотных звеньях определялась в основном, высотой урожайности картофеля, а последняя, в свою очередь зависит от нормы удобрений, внесенных под эту культуру.

Поэтому, в некоторых звеньях по ряду вариантов стоимость валовой продукции не пропорционально сумме удобрений, внесенных в звено (например, 1 и 3 варианты в звене: клевер 2 г.п. - картофель - вико-овес на сено).

Опытами установлено, что продуктивность севооборотов (по сбору кормовых единиц) возрастает по мере насыщения их картофелем.

Севооборот с содержанием картофеля 28,6% обеспечил и наиболее высокий условно чистый доход (табл. 72).

В первом севообороте затраты на 1 га при запасном внесении удобрений оказались больше лишь на 0,8 руб., чем при ежегодном внесении (здесь имеет место экономия затрат на внесении удобрений, но зато возрастают затраты на уборку дополнительной продукции).

В то же время за счет большей стоимости продукции чистый доход от периодического внесения удобрений на 55,6 руб./га больше, чем при обычном внесении.

Во втором севообороте эти показатели еще более высокие. Так, при ежегодном внесении удобрений чистый доход составил 615,8 руб./га, при внесении удобрений 4 раза за ротацию (второй вариант) он был больше на 85,4 руб./га или на 13,8 %, при внесении 3 раза за ротацию - больше на 144,8 руб./га или на 23,6 %.

Большая часть затрат как в первом, так и во втором севообороте приходится на возделывание картофеля. Но и чистый доход в основном получается от реализации этой культуры. Например, в первом севообороте доля в общем чистом доходе от продажи картофеля составляет 67,2-68,7%, во втором севообороте – 79,6-82,6%.

О более высокой эффективности севооборота с насыщением картофеля 28,6% говорит еще и такой факт: второй вариант первого севооборота и первый вариант второго севооборота сравнимы (в обоих случаях вносится одна и та же сумма удобрений одинаковым способом).

Однако за счет большой насыщенности картофеля во втором севообороте условно чистый доход здесь на 167,8 руб./га или на 37,5% выше, чем в первом севообороте, несмотря на более высокие затраты (затраты на 1 га в первом севообороте составили 271,9 руб., во втором – 435,5 руб.).

Вышеизложенное позволяет с полной определенностью утверждать о возможности насыщения специализированных севооборотов картофелем, в результате чего не только возрастает общая продуктивность пашни, но и снижаются расходы на перевозку малотранспортабельной продукции (семена и урожай), а также грузоемких органических удобрений.

Таблица 70.

Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы под культурами севооборотов с различным насыщением картофеля, мм

Чередование культур	весна						осень					
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1971	1972	1973	1974	1975	1976
1-й севооборот												
ячмень + клевер	141,7	87,8	105,7	148,2	88,3	34,0	70,0	150,5	230,9	41,7	15,0	53,6
клевер 1 г.п.	120,7	112,8	122,7	127,4	91,9	48,0	68,9	143,8	256,7	35,7	16,3	71,1
клевер 2 г.п.	98,5	85,3	81,2	98,5	116,0	54,8	74,3	162,1	251,2	87,7	21,1	64,2
картофель	100,2	88,3	136,8	133,8	123,0	57,4	87,9	151,2	241,3	60,0	30,1	84,4
вико-овес (сено)	139,5	103,4	110,6	127,1	99,1	58,3	81,9	145,9	261,6	70,7	22,7	80,8
озимые	130,8	113,6	133,1	113,5	78,1	48,9	77,2	160,5	237,0	83,4	20,9	62,7
вико-овес (зерно)	139,0	115,2	127,3	155,1	83,1	21,5	71,2	131,0	228,9	44,5	11,4	87,7
2-й севооборот												
ячмень + клевер	125,7	99,9	116,7	104,9	97,9	37,9	69,6	125,5	234,5	41,9	11,4	50,0
клевер 1 г.п.	115,7	84,4	120,3	126,8	88,4	54,2	65,5	135,4	251,1	29,3	19,9	75,5
картофель	92,0	88,3	130,5	110,1	92,1	51,9	85,2	140,1	228,2	46,9	14,4	80,6
вико-овес (сено)	110,1	100,4	141,6	108,7	78,1	43,4	80,1	129,1	266,8	78,5	10,1	50,2
озимые	107,1	87,8	101,0	123,6	81,5	61,6	68,7	135,5	240,2	88,9	11,9	83,2
картофель	111,0	88,3	119,3	135,0	107,7	45,2	85,5	143,7	231,1	37,7	15,4	77,1
вико-овес (зерно)	125,5	105,9	115,1	133,0	90,2	28,5	72,2	121,7	225,3	46,0	8,8	41,9

Экономическая оценка звеньев севооборотов (среднее 1970-1976 гг.)*

Сумма удобрений, внесенных под культуру в звено	Урожай составляющих культур звена, ц/га			Стоимость урожая ведущей культуры звена, руб/га	Сумма кормовых единиц ц/га	Стоимость продукции звена руб/га
	1	2	3			
1-й севооборот, звено: вико-овес (сено) + озимые + вико-овес (зерно)						
N ₁₀₅ P ₁₈₀ K ₁₂₀	48,3	28,5	24,3	362,8	39,6	283,3
N ₁₄₅ P ₂₁₀ K ₁₃₀	54,6	30,7	27,9	394,7	43,2	316,2
N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	51,6	31,6	25,2	402,1	41,6	304,4
1-й севооборот, звено: клевер 2 г.п. - картофель - вико-овес (сено)						
навоз 20 т/га + N ₉₀ P ₁₉₀ K ₁₄₀	42,5	192,6	48,3	2955,8	36,9	1083,2
навоз 40 т/га + N ₁₁₀ P ₂₁₀ K ₁₅₀	42,2	225,5	54,6	3461,5	39,8	1256,8
навоз 20 т/га + N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀	38,5	212,6	51,6	3268,6	37,4	1186,1
2-й севооборот, звено: озимые - картофель - вико-овес (зерно)						
навоз 20 т/га + N ₁₃₅ P ₂₁₀ K ₁₄₀	28,8	200,0	25,8	3066,8	52,0	1265,3
навоз 20 т/га + N ₁₅₀ P ₂₄₀ K ₁₆₀	30,1	222,0	25,1	3407,9	55,2	1384,1
навоз 20 т/га + N ₁₆₅ P ₂₇₀ K ₁₈₀	31,9	231,8	26,3	3558,9	58,5	1447,2
2-й севооборот, звено: клевер 1 г.п. - картофель - вико-овес (сено)						
навоз 20 т/га + N ₉₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀	48,6	189,7	51,2	2908,8	36,7	1096,2
навоз 20 т/га + N ₇₅ P ₁₂₀ K ₈₀	47,5	207,0	50,2	3177,7	38,2	1184,5
навоз 20 т/га + N ₁₁₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀	42,5	224,5	55,4	3449,9	40,0	1271,6

Примечание: ведущая культура в первом звене – рожь, в основных звеньях – картофель.

* - в ценах 1976 года.

Таблица 72.

Сравнительная оценка систем удобрений в севооборотах за период ротации (1970-1976 гг.)*

Показатели (на 1 га севооборотной площади)	Севообороты с содержанием картофеля в % и системы удобрения					
	I (14,3 %)			II (28,6 %)		
	1	2	3	1	2	3
1. Урожайность с/х культур (ц/га)						
а) картофеля	192,6	225,5	212,6	194,9	214,5	228,3
б) зерновых	26,4	29,0	28,3	28,1	28,2	28,1
в) кормовых (сена)	45,5	48,4	46,3	49,9	48,9	49,0
2. Валовой сбор продукции в ц:						
а) картофеля	27,5	32,2	30,5	55,6	61,4	65,3
б) зерновых	11,8	12,5	12,2	12,0	12,1	12,0
в) кормовых	19,6	20,8	19,9	14,3	14,0	14,0
3. Сбор кормовых единиц (ц)	38,6	42,6	41,1	45,8	47,7	48,9
4. Сбор сырого протеина (ц)	3,87	4,56	4,13	4,24	4,29	4,40
5. Стоимость продукции (руб.)	628,2	719,9	684,6	1050,1	1136,6	1198,3
6. Затраты на 1 га (руб.)	263,7	271,9	264,5	434,3	435,5	437,7
7. Условно чистый доход (руб.)	364,5	448,0	420,1	615,8	701,1	760,6
в т.ч. от реализации картофеля (руб.)	246,5	307,9	282,7	490,8	573,8	629,9

* - в ценах 1976 года.

ВЫВОДЫ

1. Применение удобрений в запас по сравнению с ежегодным внесением увеличивает урожайность сельскохозяйственных культур в год внесения: озимой ржи — на 3,1 ц/га или на 10,8%, картофеля сорта Приекульский ранний — на 15,5-25,7 ц/га или на 9,0-14,9%, сорта Лорх — на 23,0-37,9 ц/га или на 10,6-16,6%.

2. Урожай следующих за озимыми и картофелем культур (вики-овес на сено (на 2,0-2,7%) или увеличивается на 1,9-8,2% в сравнении с обычным удобрением. (снижение происходит в основном во втором варианте второго севооборота по всем предшественникам).

3. Самым продуктивным из картофельных звеньев за ротацию оказалось звено: озимые — картофель — вики-овес (зерно) — за счет высоких доз удобрений, вносимых не только под картофель, но и под предшественник. Звенья: клевер 2 г.п. — картофель — вики-овес (сено) и клевер 1 г.п. — картофель — вики-овес (сено) были менее продуктивными, по-видимому, за счет слабого удобрения предшественников (многолетних трав).

4. Крахмалистость клубней (процентное содержание) у сорта Приекульский ранний не изменяется, а у сорта Лорх незначительно снижается при периодическом удобрении, однако валовой сбор крахмала с гектара возрастает на 1,7-3,2 ц (у Приекульского раннего) и на 2,0-5,8 ц (у сорта Лорх).

5. При внесении удобрений в запас по сравнению с ежегодным их применением увеличивается количество и вес клубней в кусте, возрастает товарность урожая, увеличивается содержание белковых веществ.

В то же время несколько снижается содержание сухих веществ в клубнях, а количество аскорбиновой кислоты практически не зависит от способа удобрения.

6. Сбор кормовых единиц от периодического применения удобрений возрастает в первом севообороте на 6,5%, сбор сырого протеина — на 6,7%, во втором севообороте — соответственно на 4,2-6,9% и на 1,2-4,0%.

7. Внесение удобрений в запас оказывает положительное влияние на некоторые физиологические показатели растений картофеля. В частности, увеличивается интенсивность фотосинтеза (CO_2 г в час на одно растение), повышается содержание хлорофилла в листьях, возрастает ассимиляционная поверхность листьев и в то же время уменьшается интенсивность транспирации на единицу веса, т.е. растения картофеля на повышенном фоне удобрений экономнее расходуют почвенную влагу.

8. С увеличением доз удобрений возрастает вынос из почвы элементов питания всеми культурами севооборотов. В условиях проведения опыта в среднем за ротацию в зависимости от дозы, способов удобрения вынос в расчете на 10 ц основной продукции составил: для картофеля сорта Приекульский ранний — N — 5,3-6,6 кг, P_2O_5 — 1,47-1,94 кг, K_2O — 6,45-7,59 кг, сорта Лорх — соответственно: 5,86-7,18 кг; 1,43-1,71 кг; 5,83-8,08 кг; для клевера 1 г.п. — 16,2-18,0 кг; 4,4-4,9 кг; 13,9-15,2 кг; для клевера 2 г.п. — 16,2-16,8 кг; 4,6-5,4 кг; 13,8-14,9 кг; для вики-овес (сено) 15,3-16,9 кг; 5,4-6,3 кг; 16,3-18,5 кг; для вики-овес (зерно) — 45,5-52,0 кг; 14,3-18,1 кг; 33,9-38,8 кг для ячменя — 32,1-37,8 кг; 12,2-13,6 кг; 24,6-27,8 кг; для озимой ржи — 31,7-36,2 кг; 12,3-15,7 кг; 28,7-32,4 кг.

9. В целом за ротацию в пахотном горизонте почвы изучаемых севооборотов повысилось содержание подвижных фосфатов и обменного калия, несколько увеличилось содержание гумуса.

В то же время произошло некоторое подкисление почвы по сравнению с исходными данными.

Периодическое применение удобрений не оказало отрицательного влияния на плодородие почвы, несмотря на то, что вынос элементов питания здесь был в целом больше, чем при ежегодном удобрении.

10. В первом севообороте при внесении удобрений в запас за ротацию валовой сбор картофеля увеличивается на 11,1%, зерновых — на 3,2%, кормовых культур — на 1,6% по сравнению с ежегодным внесением.

Во втором севообороте эти показатели соответственно равны: 11,0-11,7%, 0,8 и — 2,0%, т.е. валовой сбор кормовых культур при внесении удобрений в запас несколько уменьшается.

11. Несмотря на некоторое увеличение затрат от внесения удобрений в запас условно-чистый доход (в ценах 1976 г.) от этого мероприятия увеличивается в первом севообороте на 55,6 руб/га, во втором севообороте — на 35,3-144,8 руб/га по сравнению с обычным удобрением.

12. Насыщение севооборотов картофелем (до 28,6%) повышает продуктивность пашни на 7,3-11,5% и увеличивает условно-чистый доход на 44,1-69,8% (для сравнения взят второй вариант первого севооборота, где за ротацию внесено столько же удобрений, сколько и во втором севообороте).

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. В специализированных картофелеводческих севооборотах в Центрально-Черноземном регионе желательно увеличивать насыщенность картофеля до 28,6%. Это способствует повышению общей продуктивности пашни и сокращению затрат на организационно-транспортные работы.

2. Периодическое применение удобрений (1 раз в 2-3 года) под ведущие культуры (озимые, картофель) в специализированных севооборотах снижает затраты труда и времени на внесение удобрений по сравнению ежегодным применением, способствует повышению урожайности с/х культур в год внесения и не снижает урожайности в последующие годы, значительно увеличивают условно-чистый доход с гектара севооборотной площади.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Артюхов И.К., Медведь В.А. Влияние навоза и минеральных удобрений при их длительном применении на агрономические свойства обыкновенного чернозема и урожай озимой пшеницы по предшественникам // *Агрохимия*. – 1971. – № 5. – С. 46-48.

2. Базегский Э.П. К вопросу о «запасном» внесении фосфорных удобрений // *Агрохимия*. – 1974. – № 8. – С. 46-47.

3. Балан А.Г. Действие удобрений в севообороте на дерново-карбонатной почве Украинского Полесья // *Агрохимия*. – 1974. – № 6. – С. 24-25.

4. Бацанов Н.С., Сариев Г.М. Эффективность возделывания картофеля в севообороте и бессменное при систематическом применении удобрений. Технология производства картофеля // *Научные труды НИИКХ*. – 1974. – Вып. 19, II. – С. 3-8.

5. Безуглая Ю.М., Валеева Н.П. Эффективность запасного внесения фосфорных удобрений в многолетнем опыте // *Агрохимия*. – 1973. – № 12. – С. 89-92.

6. Болтов А.Н. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество картофеля на серых лесных почвах Томской области. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 1976. – 19 с.

7. Бутов А.В. Воспроизводство плодородия почвы и повышение урожайности картофеля в специализированных полевых севооборотах ЦЧР. Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Воронеж, 1997. – 39 с.

8. Бутов А.В. Картофель в Центрально-Черноземном регионе. – Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2004. – 336 с.

9. Бутов А.В. Зависимость урожая и качества картофеля от различных доз и соотношений удобрений // *Роль экологического пространства в обеспечении функционирования живых систем: Материалы I международной науч.-практич. конференции*. – Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2005. – С. 59-63.

10. Власенко Н.Е. Удобрение картофеля. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 181-205.

11. Горшков П.А. Влияние длительного применения удобрений в севообороте на содержание и формы калия в почве // *Агрохимия*. – 1972. – № 12. – С. 75-76.

12. Гулякин И.В., Дерюгин И.П. О периодическом внесении фосфорных удобрений на дерново-подзолистых супесчаных почвах разной степени окультуренности // *Агрохимия*. – 1974. – № 4. – С. 96-97.

13. Гуревич С.М., Скороход В.И. Влияние длительного применения минеральных удобрений на агрохимические свойства и плодородие

дые мощного чернозема. Сообщение 1 // *Агрохимия*. — 1975. — № 9. — С. 51-52.

14. Дудинцев Ф.Н., Тимохович Н.С., Дудей Л.А. Эффективность запасного внесения фосфорных и калийных удобрений на торфяных почвах // *Агрохимия*. — 1975. — № 12. — С. 21-22.

15. Дука В.И., Дука Л.В. К вопросу рационального использования удобрений в интенсивном земледелии западной лесостепи УССР // *Агрохимия*. — 1975. — № 7. — С. 14-15.

16. Жукова Г.С., Писарев Б.А., Кузнецов А.И. Агротехника картофеля в основных зонах РСФСР. Россельхозиздат. — М., 1964. — 187 с.

17. Захаревский В.И., Мухтаров М.Л. Влияние удобрений в зерно-паропропашном севообороте на водный режим светло-каштановой почвы // *Агрохимия*. — 1975. — № 6. — С. 33-35.

18. Зубенко В.Ф., Гулковский В.В. Баланс азота, фосфора и калия в севооборотах с зерновыми и кукурузой // *Агрохимия*. — 1975. — № 3. — С. 75-76.

19. Иванова Т.И. Действие возрастающих доз азота, фосфора и калия на урожай и качество клубней картофеля // *Агрохимия*. — 1973. — № 3. — С. 9-12.

20. Кардиналавская Р.И., Лебединская В.Н. Потребление питательных веществ культурами севооборота в зависимости от уровня применения минеральных удобрений // *Агрохимия*. — 1970. — № 10. — С. 15-17.

21. Касицкий О.И. О фосфорно-калийных удобрениях в запас на ряд лет // *Вестник с/х науки*. — 1967. — № 7. — С. 76-77.

22. Коршунов А.В., Сариев Г.М. К оценке звеньев севооборота, специализированного по картофелю. Технология производства картофеля // *Научные труды НИИКХ*. — Вып. 15. — М., 1973. — С. 41-49.

23. Костров К.А., Малова А.В. Эффективность удобрений в севообороте на выщелоченном черноземе Мордовской АССР // *Агрохимия*. — 1972. — № 3. — С. 60-62.

24. Кудзин О.К. Величина и динамика урожаев культур севооборота при длительном применении удобрений // *Агрохимия*. — 1975. — № 3. — С. 17-18.

25. Морозов В.С. Поступление и вынос основных элементов минерального питания в зависимости от удобрений и качества посадочного материала картофеля. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. — М., 1972. — 21 с.

26. Никитин В.В. Влияние удобрений на урожай, качество и вынос питательных веществ растениями картофеля в Центрально-Черноземной полосе // *Агрохимия*. — 1973. — № 3. — С. 56-57.

27. Писарев В.А. Эффективность удобрений в зависимости от предшественников картофеля в севообороте // *Агрохимия*. — 1970. — № 10. — С. 73-75.

28. Писарев В.А. Предшественники и место картофеля в севообороте. Научные основы агротехники культуры картофеля в нечерноземной зоне // *Научные труды НИИКХ*. — Вып. XVI, 1. — М., 1973. — С. 3-17.

29. Писарев Б.А., Лубенцов В.М. Об агроприемах, обеспечивающих высокий урожай раннего картофеля // *Вестник с/х науки*. — 1974. — № 6.

30. Писарев Б.А., Дмитриева З.А. Справочник картофелевода. — М., 1987. — С. 296 с.

31. Попович И. Удобрение в полевом севообороте // *Земледелие*. — 1975. — № 3. — С. 26.

32. Постников А.В. Применение минеральных удобрений в Австрии // *Агрохимия*. — 1975. — № 5. — С. 14-17.

33. Прокошев В.В. К вопросу об эффективности калийных удобрений внесенных в запас на ряд лет // *Агрохимия*. — 1971. — № 1. — С. 27-28.

34. Пчелкин В.У. Продуктивность полевого севооборота при длительном применении калийных удобрений на дерновоподзолистой почве // *Агрохимия*. — 1972. — № 2. — С. 81-83.

35. Рыбак В.К., Хиленко А.Г. Влияние систематического применения удобрений на продуктивность культур севооборота // *Агрохимия*. — 1974. — № 6. — С. 52-55.

36. Шаланова Э.В. Влияние минеральных удобрений при разной густоте посадки на урожай и качество раннего картофеля на связных песчаных дерново-подзолистых почвах // Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. — 1974. — 20 с.

37. Шпаар Д., Шуман П. Выращивание картофеля. — М., 1997. — 244 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
Глава I. Обзор литературы.....	7
Глава II. Условия и методика проведения исследований.....	12
Глава III. Экспериментальная часть.....	18
1. Агротехника и урожайность зерновых культур, однолетних и многолетних трав в севооборотах.....	18
2. Урожай и качество картофеля в зависимости от условий выращивания.....	69
3. Влияние ежегодного и периодического способов внесения удобрений в севооборотах с различной насыщенностью картофеля на плодородие и некоторые физико-химические показатели почвы.....	93
4. Экономическая оценка севооборотов за ротацию.....	102
Выводы.....	108
Предложения производству.....	110
Библиографический список.....	111

Научное издание

Алексей Владимирович Бутов

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ
И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ
СЕВОБОРОТОВ
В ИНТЕНСИВНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ**

Монография

*Технический редактор — Н.П. Безногих
Техническое исполнение — В.Н. Бутов*

Лицензия на издательскую деятельность
ИД № 06146. Дата выдачи 26.10.01.

Формат 60 x 84 /16. Гарнитура Times. Печать трафаретная.
Усл.-печ.л. 7.2 Уч.-изд.л. 7,4
Тираж 500 экз. (1-й завод 1-100 экз.). Заказ 7

Отпечатано с готового оригинал-макета на участке оперативной полиграфии
Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина.

Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина.
399770, г. Елец, ул. Коммунаров, 28.