

А.А.АБЗАЛОВ



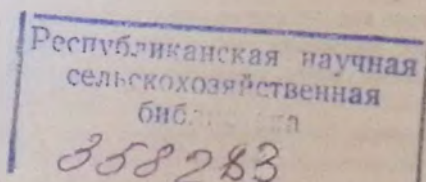
**АЗОТНОЕ ПИТАНИЕ
ХЛОПЧАТНИКА И ПУТИ ЕГО
УЛУЧШЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ
ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

631.8
А-149

Посвящается памяти моего
учителя, Заслуженного деятеля наук
Республики Узбекистан, профессора
ТЕШАБАЯ ПИРАХУНОВИЧА
ПИРАХУНОВА

АБЗАЛОВ АКМАЛ

АЗОТНОЕ ПИТАНИЕ ХЛОПЧАТНИКА И ПУТИ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЯХ



Ташкент-2008

УДК 631.841.7+633.51

Абзалов А.А. Азотное питание хлопчатника и пути его улучшения в различных почвенных условиях

В монографии приведены сведения о природе превращения и использования хлопчатником азота удобрений, меченных ^{15}N , в различных почвенных условиях. Изложены данные о поглощении и потреблении хлопчатником азота из медленнодействующих карбамидоформальдегидных удобрений. Показаны использование и превращение различных форм азотных удобрений в зависимости от обеспеченности почвы подвижным фосфором. Изучено значение серы, молибдена, цинка, кобальта и меди в повышении эффективности азотных и фосфорных удобрений.

Для агрохимиков, почвоведов, агрономов и для студентов сельскохозяйственных высших учебных заведений

Ил. 21. Табл. 36. Библиогр. 391.

Рецензенты:

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор И.Т.Турапов

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор А.И.Эргашев

ВВЕДЕНИЕ

Важным фактором повышения производства хлопка-сырца парадоксально с внедрением прогрессивных методов технологии возделывания хлопчатника, использованием новых высокоурожайных сортов является рациональное и эффективное применение минеральных и органических удобрений.

Первостепенная роль в получении высоких урожаев принадлежит азотным удобрениям. Обеспеченность растений азотом, состояние азотного баланса в земледелии в значительной степени определяет величину урожая сельскохозяйственных культур и его валовое производство. Академик Д.Н. Прянишников (1945) на основе анализа истории развития земледелия в Западной Европе убедительно доказал, «что главным условием, определяющим среднюю высоту урожая в разные эпохи, была степень обеспеченности сельскохозяйственных растений азотом».

Хлопчатник как техническая культура занимает одно из важнейших мест в производстве товаров народного потребления. Потребность в нем ежегодно возрастает.

Результаты многочисленных исследований по корневому питанию подтверждают прямую связь высокого урожая с внесением больших количеств минеральных удобрений. Поэтому проблема дальнейшего роста производства хлопкового волокна будет неразрывно связана с уровнем химизации и применением высоких норм минеральных удобрений. Однако результаты анализа современной практики использования удобрений свидетельствуют, что за последние годы, несмотря на увеличение поектарных норм минеральных (особенно азотно-фосфорных) удобрений, урожайность хлопчатника не растет, а в некоторых случаях наблюдается тенденция к ее снижению.

Применение изотопной метки азота (^{15}N) для изучения превращения и использования растением азота удобрений позволило выявить истинные коэффициенты потребления этого элемента растениями и преобразования его в почве.

Установлено, что в зависимости от почвенно-климатических условий, формы и дозы удобрений сельскохозяйственные культуры потребляют 40–50% внесенного количества азота. Значительная часть удобрений (20–40%) закрепляется в почве в органической форме, другая (30–40%) тергается в газообразной форме и в результате вымывания из почвенной толщи (Смирнов, 1969, 1979; Сапожников и др., 1968; Гамзиков, 1976, 1981, 1988; Кореньков, 1976; Гамзиков и др., 1979, 1981,

1986; Брво, 1988; Витриховский и др., 1988; Исаев, Махмудов, 1990; и др.).

В результате исследований, проведенных С.Н. Рыжовым и др. (1979, 1980), Т. Ходжиевым (1974), А. Баировым (1984) и др., с применением ^{15}N установлено, что из вносимых удобрений (200–300 кг/га) хлопчатник использует порядка 40–42% азота, закрепляется в почве 18–20%. Основная причина низкого потребления хлопчатником азота удобрений – газообразные потери, которые составляют 40–45%.

Проблема эффективного использования азотных удобрений в зоне хлопководства Средней Азии требует поиска путей и средств воздействия на хлопчатник, улучшающих потребление им азота из вносимых удобрений.

По данным Е.Х. Ремпе и др. (1987), В.Г. Минеева (1988), S. Tang (1987), увеличение доз азотных удобрений способствует нарушению баланса и круговорота питательных элементов, загрязнению окружающей среды нитратами, ухудшению биологических свойств почв и возделываемых культур. Сочетание же минеральных удобрений с навозом не только повышает их биологическую активность, но и устраняет негативные свойства.

В длительно орошаемых темно-каштановых почвах Украины при бессменном выращивании озимой пшеницы изменяется структура микробного ценоза, уменьшается соотношение численности микроорганизмов, использующих органических и минеральный азот, возрастает содержание олиготрофов. Одновременно с этим происходят изменения в качественном составе гумуса: увеличивается его подвижность, возрастает фульватность (Андрейчук и др., 1988).

Отрицательное воздействие длительного применения одних минеральных удобрений на биологическую активность почв было отмечено в работах С.П. Голобородько, Г.А. Иутинской (1978), Г.С. Саникиндзе (1982), Г.М. Ширской и др. (1982), G. Stefanic et al. (1984), Г.Е. Пивоварова и др. (1985), Д. Звягинцева и др. (1987). В связи с возрастающим уровнем химизации решение этой задачи уже выходит за рамки сугубо земледельческой проблемы и приобретает экологический смысл. При обосновании эффективного применения азотных удобрений под хлопчатник обязательные условия – сохранение и повышение плодородия почвы, охрана почвы и природных вод от загрязнения остатками туков.

Накопленный экспериментальный материал с использованием стабильного изотопа ^{15}N и других нетрадиционных методов позволяет утверждать, что систематическое применение азотных удобрений в

составе НРК ведет не к обогащению, а к обеднению азотного фонда почвы. Следствие этого – падение потенциального плодородия почвы.

По данным Н.А. Туева (1988), за 20 лет интенсивного использования в некоторых почвах (дерново-подзолистых, супесчаных, черноземах и т.д.) отмечено снижение гумуса на 25–30%.

Л.Б. Каутская (1982), О.В. Еикина (1983), В.И. Каневец и др. (1985), Л.М. Миронова (1988) установили, что систематическое внесение высоких норм минеральных удобрений способствовало разложению гумуса на 20% и снижению биологической активности почвы.

В связи со сказанным возрастает значение сопряженных исследований закономерностей минерального питания растений, круговорота и баланса азота в системе почва–растение–удобрение и эффективности азотных удобрений при систематическом их внесении под хлопчатник в зависимости от уровня плодородия почвы, источника азотного питания, использования органических удобрений и др.

В этом направлении представляют большой научный и практический интерес многолетние исследования, проведенные под руководством академика С.Н. Рыжова (1980) с применением стабильного изотопа ^{15}N . В результате установлены основные закономерности превращения азота удобрений в типичных сероземах и его использование хлопчатником, а также состав и величина непродуцированных потерь азота удобрений из почвы. Показано, что внесение азотных удобрений сопряжено с мобилизацией азота из почвенных ресурсов, определена доля азота почвы и удобрений в общем его выносе. Установлено значение навоза в превращении в почве азота и использование его хлопчатником.

Исследования круговорота и баланса азота удобрений в различных по плодородию орошаемых сероземах (луговые и типичные сероземы) в зависимости от сроков внесения удобрений проводились недостаточно. Имеющиеся по этой проблеме сведения не позволяют научно обосновать азотное питание хлопчатника и дифференцировать сроки внесения азотных удобрений с учетом почвенных условий.

Применение стандартных азотных удобрений (мочевина, аммиачной селитры и др.) вызывает ряд негативных последствий. Действие этих удобрений в основном ограничено одним годом. Это связано с тем, что почвы хлопковых районов характеризуются не только малым содержанием гумуса, но и высокой биологической активностью. Внесенные амидные или аммиачные формы азота удобрений быстро нитрифицируются, образуя нитраты и нитриты. Эти формы азота в почве – субстрат для анаэробных микроорганизмов – денитрификаторов, в

результате жизнедеятельности которых происходят газообразные потери азота в форме нитратов и нитритов, что загрязняет окружающую среду. Кроме того, нитратная форма азота не поглощается почвой, хорошо передвигается по профилю почвы под воздействием поливной воды и атмосферных осадков. В условиях близкого залегания грунтовых вод нитраты выщелачиваются, т.е. вымываются в грунтовый поток, что приводит к увеличению концентрации их в водосточниках (Смирнов и др., 1967; Смирнов, 1970; Кореньков, 1976; и др.). В связи с этим необходимо изучать медленнодействующие удобрения, так как длительность их действия на хлопчатник составляет 2-3 года. К таким удобрениям можно отнести сложные полимерные, карбамидоформальдегидные удобрения и др. (Беспалов и др., 1985; Аширов, 1986; Ким, 1988; и др.).

А.В. Соколов (1950) подчеркивает, что азот и фосфор внутри растений часто находятся в составе одних и тех же соединений, а условия их поступления в растение и использование внутри его настолько тесно связаны, что нельзя говорить о факторах, определяющих потребность в азотных удобрениях, не упоминая об условиях фосфорного питания растения и, наоборот, говорить о фосфатах для растений, забывая о снабжении растений азотом. Такая взаимосвязь азотного и фосфорного питания растений в значительной мере определяется источником азотного питания и обеспеченностью почвы доступным для растений фосфором.

С учетом сказанного изучение превращения в почве и использование хлопчатником разных форм азотных удобрений и их влияние на метаболизм азота, фосфора в тканях растений, рост и продуктивность хлопкового растения представляет определенный научный и практический интерес.

Проблема развития хлопководства в условиях орошаемого земледелия Средней Азии требует значительного расширения и углубления фундаментальных исследований физиологии и агрохимии минерального питания и на этой основе усовершенствования системы применения удобрений для рационального и высокоэффективного использования возрастающих норм минеральных удобрений. При этом в системе интенсивного земледелия разработка вопросов питания и применения минеральных удобрений под хлопчатник для получения высокого и при этом сохраняющего урожай с хорошим качеством волокна должна включать помимо и сбалансированное обеспечение потребностей этой культуры не только в основных элементах питания (N^+K^+), но и в микроэлементах (Mg , Zn , Cu , Co и др.).

В последние годы в агрохимии питания растений микроэлементами и практике их применения в сельском хозяйстве большое внимание уделяется внутрикомплексным соединениям микроэлементов под названием комплексоны, или хелаты (Исаев, 1979; Кадыров, 1983). Целесообразность использования комплексных соединений микроэлементов под сельскохозяйственные культуры определяется тем, что они характеризуются прочностью связи металла с хелатообразователем и трудностью замены его другим металлом; способностью противостоять микробиологическому воздействию; устойчивостью гидролиза и растворимостью, отсутствием способности к осаждению, хорошей усвояемостью растением. Остаются мало изученными научные и практические стороны применения микроэлементов в виде координационных соединений.

Комплексные исследования перечисленных выше проблем открывают важный резерв в формировании высокого урожая хлопка-сырца, улучшения его качества и охраны окружающей среды. Исследования в указанных направлениях способствуют разработке научных основ эффективного использования азотных удобрений под хлопчатник с учетом почвенных условий, обеспеченности их фосфором и доступными для растений формами микроэлементов.

Глава 1. ОБЪЕКТЫ, МЕТОДЫ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Почвенно-климатические условия

Исследования (1978–1990 гг.) проводили на типичном сероземе и луговой почве Ташкентской и засоленном светлом сероземе Сырдарьинской областей.

Типичные сероземы распространены в основном на наклонных аллювиальных, подгорных равнинах, низких предгорьях (адырах), на склонах низких хребтов. Эти почвы по сравнению со светлыми и темными сероземами более благоприятны для орошения и возделывания хлопчатника. Содержание Гумуса в них меньше, чем в темных сероземах. В горизонте 0–10 см оно колеблется от 1.5 до 2%. В составе поглощенных оснований преобладает кальций с невысоким содержанием магния, калия и натрия. Все сероземные почвы сформированы на лессовидных породах и лессовых отложениях. Характерная особенность механического состава типичных сероземов – высокое содержание фракции крупной пыли (40–60%) и некоторое обогащение илстой фракцией верхней и, особенно, средней частей их профиля, что обусловлено развитием оглинения. Оглинение, неотъемлемая черта процесса сероземообразования, происходит в результате внутрипочвенного выветривания (Розанов, 1951; Сучков, 1957; Горбунов, 1965, 1972).

Характерно, что содержащиеся в лессах илстые частицы находятся в агрегированном состоянии. Общее количество их составляет от 25 до 30% массы породы. В почвенных горизонтах наблюдается частичная дезагрегация: количество макроагрегатов уменьшается до 8–15%. Параллельно с разрушением макроагрегатов в сероземах образуются микроагрегаты, обуславливающие комковатое строение почвы, которое обеспечивает благоприятный для развития растений водный и пищевой режимы (Алиев, 1989; Горбунов, 1965).

Удельная карбонатность сероземов очень высокая. Расщепляемость подпочвенного горизонта подпочвенно-земельными основаниями предопределяет их плодородность и плодородному почве, что обеспечивает плодородность равнин почвенного растения. Водный и солевой режимы сероземов являются в слабозасоленном интервале. Высокая биологическая активность типичных сероземов и благоприятные условия гидротермического режима весной способствуют локальному интенсивному разрушению минеральных

вещества почвы и более заметному проявлению оглинения по сравнению со светлыми сероземами.

В верхних горизонтах окультуренных типичных сероземов карбонатов несколько меньше. Из-за увлажнения и более глубокого промачивания горизонтов карбонатные выделения залегают глубже, поэтому гипсовые горизонты также находятся в более глубоких слоях (Розанов, 1949, 1951; Горбунов, 1965; Панков, 1970; Расулов, 1976; и др.).

Малогумусность сероземов объясняется исключительно высокой биогенностью почвообразовательного процесса, особенно в мезотермическую фазу вегетационного периода. Сущность этой особенности сероземообразования состоит в активно протекающей под влиянием микроорганизмов минерализации органических веществ как при разложении растительных остатков с новообразованием гумусовых соединений, так и при окислительном распаде гумуса до простейших окислов (Розанов, 1951; Кононова, 1963).

В типичных сероземах из-за низкой гумусности содержание валового азота также невелико – около 0.1%. При этом валовое содержание азота, характеризующая почву, не дает представления об обеспеченности азотом растений, так как азот находится в почве преимущественно в виде недоступных растениям органических соединений. Перевод азота из органических соединений в доступные растениям минеральные формы осуществляется несколькими группами микроорганизмов, каждая из которых выполняет определенную стадию разложения. Наряду с микроорганизмами, переводящими органический азот в минеральный (аммонификаторы, нитрификаторы и др.), в почве широко представлены денитрификаторы, восстанавливающие азот до свободного состояния и тем самым обедняющие почву его доступными для растений формами.

Энергия нитрификационного процесса в типичных сероземах весьма высока, но нитраты накапливаются здесь в относительно небольшом количестве, что связано с недостатком органического вещества в почве (Кононова, 1930, 1963; Мачигин, 1948, 1957; Жориков, 1950; Розанов, 1951; Чуманов, 1953; Зиямухамедов, Рыжов, 1975; и др.).

Содержание гидролизующего азота в сероземах колеблется от 70 до 100 мг на 100 г почвы пахотного слоя. Необходимо отметить высокое содержание азота в гумусе сероземов. Отношение C:N здесь равно 7–9, т.е. сравнительно узкое. Гумус сероземов богат плазматическим азотом. В нижней части почвенного профиля отношение C:N еще более сужается (Горбунов, 1965).

В результате орошения сначала уменьшается количество гумуса и зольных элементов питания растений, затем азота (Сучков, 1957). Запасы усвояемого азота в сероземных почвах не удовлетворяют потребности сельскохозяйственных растений, в частности хлопчатника. Для накопления гумуса в сероземах и улучшения их плодородия необходимо в первую очередь ввести хлопково-люцерновые севообороты и правильную агротехнику.

Сероземы богаты фосфором. Валовое содержание фосфора в типичных сероземах в пределах 0.12–0.25%, т.е. высокое. В верхних горизонтах отмечается хорошо выраженное накопление фосфора за счет биологической аккумуляции. В глубоких горизонтах лесса содержание его дает довольно устойчивую величину – около 0.1% P_2O_5 . Но при высокой насыщенности почвенного поглощающего комплекса типичных сероземов катионами Са и Mg на фоне высокой карбонатности почв фосфаты находятся в форме труднодоступных для растений соединений (Кудрин, 1936; Мачигин, 1948; Горбунов, 1965; Пирахунов, 1977; и др.). К фосфорорганическим соединениям, содержащимся в сероземных почвах, относятся нуклеиновые кислоты, фосфатиды, фитин, сахарофосфаты, соединения фитина с железом и др. Минеральный фосфор представлен апатитами, карбонат-апатитами и другими фосфорно-кальциевыми (магниевыми) соединениями.

Из ежегодно вносимых фосфорных удобрений с урожаем хлопчатника из почвы отчуждается не более 20% фосфора, остальная часть поглощается почвой и переходит в труднодоступные для растений соединения (Кудрин, 1948; Мачигин, 1957; Саакянц, 1966; Пирахунов, 1977; и др.).

Третий из основных элементов питания растений – калий, в орошаемых сероземах содержится в количестве 2.8–3.5% и более. Основная масса калия, входящего в состав силикатов, шлаков и других почвенных минералов, недоступна для растений. Только после выщелачивания минералов освобожденный калий закрепляется в почве (преимущественно в обменной форме, которая и является непосредственным источником растворимых соединений калия в почвенном растворе). Обменный калий доступен для растений во всех корнеобитаемых горизонтах и полностью обеспечивает высокие урожаи растений, с чем связана слабая отзывчивость орошаемых типичных сероземов на калийные удобрения. Однако в последнее время отмечается тенденция к обеднению почв доступным для растений калием в результате одностороннего применения азотных и фосфорных удобрений в высоких дозах. В связи с этим калийные удобрения оказывают положительное влияние на урожай хлопка-сырца и его

качество (Мадраимов, 1972).

Луговые почвы. В пределах сероземного пояса при неглубоком залегании (1.2–1.5 м) грунтовых вод развиваются гидроморфные луговые почвы, испытывающие повышенное увлажнение. Для орошаемых луговых почв характерно постоянное и периодически повторяющееся увлажнение восходящими капиллярными токами влаги от зеркала грунтовых вод. Указанные особенности увлажнения привели к глубоким различиям в генезисе луговой почвы.

По данным Б.В. Горбунова (1975), сущность развития почвообразования луговых почв определяется развитием луговой растительности, образующей плотное задернение и обеспечивающей поступление в почву больших количеств органического вещества в виде растительных и корневых остатков, которые в анаэробных условиях часто минерализуются. Большая часть их в результате полураспада образует перегнойные вещества. Условия, складывающиеся в луговых почвах, способствуют большей гумификации растительных остатков, чем в типичном сероземе.

Аллювиальные луговые почвы сероземного пояса, развитые на речных террасах и подверженные систематическому увлажнению, характеризуются более сформированным профилем с хорошо выраженным гумусовым горизонтом, темноокрашенным и оструктуренным. Содержание гумуса составляет 2–3%, в нижних слоях оно снижается. Соотношение C:N в условиях луговой почвы более широкое (10–12:1), чем на типичном сероземе. Наблюдается новообразование окислов железа, алюминия и марганца.

Аллювиальный генезис почвообразующей породы подтверждается слоистостью толщ, включением окатанной гальки (Кимберг, Кочубей, Шувалов, 1964; Горбунов, 1965).

Аллювиальные луговые почвы расположены в верхних и средних частях речных долин, где уклоны еще достаточно велики и грунтовые воды, залегающие в песчано-галечниковой толще, имеют хороший отток. В связи с этим грунтовые воды здесь пресные и засоление обычно не проявляется. Б.В. Горбунов (1965) считает, что аллювиальные луговые почвы обладают наилучшими среди орошаемых почв Узбекистана агрохимическими свойствами. По содержанию органических веществ, гумуса, азота они богаче сероземных. При освоении этих почв органическое вещество в пахотном слое постепенно угричивается. Содержание валового азота на луговых почвах составляет 0.12–0.16%. Они богаты доступными для растений минеральными формами азота и азотом легкогидролизуемых соединений. Содержание последнего в

пределах 80–150 мг/кг почвы (Рахимова, 1970). Богатство луговых почв легкогидролизуемым азотом обусловлено их высокой биологической активностью и благоприятными водно-физическими свойствами. В зависимости от давности орошения и применяемых доз фосфорных удобрений содержание валового фосфора колеблется в широких пределах – 0.12–0.20%.

По данным Н.Л. Зглинской (1974), в групповом составе фосфора, определенном по методу Чирикова, как и в сероземно-оазисных почвах, преобладает II группа фосфатов, связанных с карбонатами кальция и магния. Отмечается повышенное содержание фосфатов III группы, связанных с полуторными окислами. Процесс закрепления фосфора окислами железа и алюминия особенно проявляется в нижних горизонтах луговых почв, непосредственно над уровнем грунтовых вод. В условиях этих почв из-за повышенного содержания гумуса количество органических фосфатов составляет 10% и больше. Нерастворимых минеральных соединений фосфора здесь больше, а растворимых в углекислом аммонии меньше, чем в типичном сероземе. Однако, как показывают результаты исследований, систематическое применение фосфорных удобрений, особенно в высоких дозах, способствует увеличению подвижного фосфора в почве.

Валовое содержание калия достигает 2.0–2.5%, а количество обменного и воднорастворимого калия – 300 мг/кг почвы. Беднее доступным для растений калием сильнодренированные луговые почвы с мелкоземистым слоем на песчано-галечниковых наносах, на которых благодаря применению калийных удобрений получают высокие прибавки урожая хлопка-сырца.

Среди поглощенных катионов преобладает кальций. Алюминия, железа и магния содержится больше, чем в типичных сероземах.

Верхние горизонты лугово-оазисных почв сероземного пояса имеют преимущественно тяжелосуглинистый состав с колебаниями от легких суглинков до легких глин (Горбунов и др., 1972). Преобладающая фракция луговых почв, как и в сероземах, – крупная пыль (40%). Для этих почв характерно повышенное содержание ила и более значительное количество песка, чем в сероземах. Преобладающая часть илистой фракции (65–80%) агрегирована. Средняя и мелкая пыль тоже в некоторой степени агрегирована. Общее количество микроагрегатов составляет 20–30% массы почвы. Размеры их преимущественно от 0.25 до 0.01 мм, т.е. наилучшие для создания благоприятных водно-физических свойств почвы (Качинский, 1965).

Светлые сероземы. Большая часть территории Голодной степи занята этими почвами, до орошения солончаковатыми в различной степени. Типичные сероземы занимают небольшие площади в южной части Голодной степи, на подгорной лессовой покатости и верхних частях конусов выноса Сандора и Заминсу. Депрессии равнины заняты солончаками, нижняя речная терраса и депрессия второй террасы – гидроморфными и болотными почвами, засоленными в различной степени.

Верхние горизонты светлых сероземов Голодной степи характеризуются несколько более тяжелым механическим составом, в них больше коллоидно-иловых фракций, чем в грунте. Содержание иловых фракций в почвенных горизонтах колеблется от 12 до 14%, в подпочве оно падает до 9%. Наибольшее содержание ила отмечается в средней части профиля, на глубине 20–60 см.

Вещественный состав почвообразующих пород Голодной степи представлен следующим образом. На долю легких фракций приходится 95–96% минералов (кварц – 28–47, вторичные глинистые минералы и гидрослоды – 33–40, полевые шпаты – 15–30). Содержание минералов в тяжелых фракциях составляет 4–5% (рудные минералы – 0.6–1.8, роговая обманка – до 1.8, эпидот – 0.2–1.5, слюда – до 1.5).

В сероземах Голодной степи гумуса мало. Наиболее бедны им светлые сероземы. Содержание гумуса на целине составляет 1.4–1.5%, в староорошаемой почве – около 0.9. Количество азота сверху в пределах 0.08–0.12%, в подпахотном горизонте оно уменьшается до 0.06. Фосфора в сероземах много – 0.1–0.2%. Валовое содержание его колеблется в зависимости от состава пород. Содержание калия в голодно-степных сероземах высокое – 2–2.5%. Почвы более тяжелого механического состава, как правило, богаче калием, чем легкие почвы.

Важная особенность сероземов – высокая карбонатность. Содержание CO_2 карбонатов в верхних горизонтах светлых сероземов Голодной степи колеблется от 6 до 7%. Книзу оно возрастает до 10–11%. Гипсовый горизонт залегает на глубине 40–60 см и содержание гипса находится в пределах 1–2% (Камилов и др., 1975).

Накоплены достаточно достоверные данные как о положительном, так и об отрицательном влиянии на хлопчатник легкорастворимых солей. По данным Б.И. Строгонова (1958, 1970), П.А. Генкеля (1970), С.Н. Рыжова, Н.И. Зиминой (1971), избыточное содержание ионов Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} в почвенном растворе вызывает некрозы тканей, угнетение ростовых процессов, а иногда гибель растений.

Согласно М. Исакову (1981), в начале вегетации хлопчатника в условиях староорошаемых засоленных земель Голодной степи соли в водной вытяжке пахотного горизонта слабозасоленных почв характеризовались следующим составом: хлор-ион — 0,011–0,016%, сульфат-ион — 0,129–0,196%, плотный остаток — 0,267–0,311%, в подпахотном соответственно — 0,010–0,023, 0,140–0,306 и 0,268–0,330%. По мере роста и развития растений в верхних горизонтах почвы наблюдался рост содержания воднорастворимых солей.

Н.Ф. Беспалов (1970) указывает, что в условиях почв Голодной степи с неглубоким (1,5–2,5 м) залеганием грунтовых вод, развитых на однородных лессах или лессовидных суглинках, поливы играют опресняющую роль. Содержание солей в почве после каждого полива снижается, одновременно уменьшается и осмотическое давление почвенного раствора.

В.П. Строгонов (1958) указывает, что осмотическое влияние солей на растение проявляется в обезвоживании протоплазмы клеток, тогда как токсическое резко изменяет направление обмена веществ. Токсическое действие солей обусловлено катионами. Катионы по своему токсическому действию располагаются в следующем возрастающем порядке: калий, натрий, рубидий, литий, цезий.

По данным С.Н. Рыжова, Н.И. Зиминной (1971), при повышении концентрации почвенного раствора от 20 до 37 г/л сохраняются лишь единичные кусты, от 33 до 51 г/л — всходы погибают после первого вегетационного полива. В первом случае осмотическое давление почвенного раствора равно 8,2–16,0 атм., во втором — 10,4–18,8.

С.Н. Рыжовым, И. Жиемуратовым (1968) в условиях полевых опытов на слабозасоленных почвах, где осмотическое давление почвенного раствора равнялось около 1,0 атм., были получены дружные всходы. Однако наблюдалось заметное угнетение роста и развития хлопчатника. Было показано, что при концентрации солей 0,4–0,7% величина осмотического давления достигала 5–7 атм. Внесение высоких доз минеральных удобрений приводило к снижению урожая хлопка-сырца в результате повышения осмотического давления почвенного раствора.

По данным А.Н. Розанова (1971), Н.И. Зиминной (1961), светлые сероземы Голодной степи по механическому составу преимущественно среднепустынные, отличительной особенностью которых является высокое содержание пылеватых частиц размером 0,01–0,05 мм. Содержание этой фракции в метровой толще достигает 31–50%. Неравномерность почвогрунтов предопределяет особенности

агрофизических свойств светлых сероземов Голодной степи. Объемная масса в верхней метровой толще в пределах 1,30–1,35 г/см³. Светлые сероземы Голодной степи отличаются высокой водопроницаемостью, хорошей скважностью и аэрацией, в них благоприятно сочетаются водный и воздушный режимы.

По данным М.А. Панкова (1962) и др., содержание перегноя в светлых сероземах в дернине (0–30 см) равно 2,0–2,2%, у типичных сероземов — 3–4%. В слое 0–10 см у светлых сероземов его количество колеблется от 1 до 1,5%, у типичных — от 1,5 до 2,0–2,5%; к низу оно резко уменьшается (на глубине 40–60 см до 0,3%). У типичных сероземов содержание гумуса в поддерновом горизонте значительно выше (до 1% на 30 см), что обусловлено лучшим развитием растительного покрова и более глубоким проникновением корневых систем.

С.А. Кудрин (1936, 1940), суммируя результаты исследований по биохимии сероземов, указывает, что биологическая активность этих почв, особенно орошаемых сероземов, выражена очень резко. При благоприятном сочетании условий биологические процессы протекают настолько бурно, что растительность и другие органические остатки разлагаются почти полностью. При этом образуются соли высших окислов (CO_2 , NO_3 , PO_4 , SO_4 и др.) без значительного накопления перегнойных веществ в почве. Таким образом, перегнойных веществ в светлых сероземах содержится меньше, чем в типичных.

Существенную роль в жизни всех сельскохозяйственных культур играют климатические условия, в частности температура и осадки. Комплекс агротехнических мероприятий в сочетании с температурой может сильно повлиять на длительность периода развития хлопчатника и, следовательно, на созревание коробочек и урожай, а также на качество его волокна и семян.

По климату Ташкентский оазис как часть среднеазиатской почвенно-климатической провинции относится к субтропическому климатическому поясу Северного полушария (Герасимов, 1933; Алисов и др., 1952). Оазис расположен в предгорном геоморфологическом районе с подгорными покатыми равнинами и входит в состав средней климатической области (Горбунов и др., 1972), охватывающей предгорья и прилегающие к ним подгорные равнины с эфемерно-эфемеронидной растительностью.

Годовая амплитуда среднесезонных температур воздуха здесь составляет 26–30°C и заметно отличается от климата других районов Узбекистана резко выраженной континентальностью, что объясняется умеренными температурами летом и относительно высокими в зимний

период. В районе, где проводились исследования, наблюдается обычное для Туранской провинции выпадение осадков в зимне-весенний сезон. Вместе с тем влажность воздуха и облачность здесь несколько выше, а испаряемость ниже, чем в пустынях. Особенностью климата данного района является то, что безморозный период, а следовательно, вегетационный составляет 200 и более дней. Весна кратковременная, заканчивается прекращением выпадения осадков до второй декады мая. Лето характеризуется сухой и жаркой погодой. Самая высокая среднемесячная температура воздуха в июле. Заморозки наступают в конце октября. По многолетним данным, среднегодовая температура воздуха 13.1°C. Среднее количество выпадающих в течение года осадков 300-360 мм. Климатические условия в целом благоприятны для вегетации хлопчатника и других культур.

Голодная степь находится в аридной зоне, для которой характерно жаркое лето и относительно холодная зима. Наиболее жаркое время падает на июнь-август, холодное — на декабрь-январь. Среднегодовая температура воздуха не выше 14.5°C, абсолютный максимум 37°C. Климат Голодной степи отличается большой засушливостью: атмосферных осадков выпадает 200-400 мм в год, испарение же превышает это количество в несколько раз.

Характерной особенностью климата региона является повышенная ветровая деятельность. Весной ветер иссушает почву, в результате чего задерживается появление всходов хлопчатника. Среднегодовая скорость ветра 4 м/с, иногда превышает 7 м/с, в отдельные дни достигает 15 м/с. В летние периоды господствуют горячие ветры, которые угнетающе действуют на рост и развитие растений, особенно в маловодные годы. Сумма эффективных температур по Голодной степи в безморозные периоды (по многолетним данным) в пределах 2200-2550°, что благоприятствует росту и развитию хлопчатника.

Методика закладки и условия проведения опытов

Для изучения поставленных вопросов закладывали вегетационные, лизиметрические и полевые опыты, которые состояли из четырех серий. Первую серию опытов мы проводили в 1986-1989 гг. на луговой почве и типичном сероземе, где изучали превращение в почве и потребление хлопчатником дитя удобрения, меченого ^{15}N : рост, плодonoшение, урожай хлопка-сырца и его качество при совместном и раздельном внесении элемента с навозом на фоне фосфорно-калийных удобрений. Одновременно исследовали баланс азота удобрений, поглощение его растением в зависимости от почвенных условий и сроков внесения

Почву для закладки вегетационных и лизиметрических опытов брали из полевого опыта, заложенного в колхозе «Ленинизм» Янгйюльского района Ташкентской области с учетом генетических горизонтов.

Приводим агрохимическую характеристику пахотного (0-30 см) и подпахотного (30-50 см) горизонтов. В луговой почве содержание гумуса равнялось 2.26 и 1.15%, валового азота, фосфора и калия — соответственно 0.125 и 0.08; 0.16 и 0.10; 2.10 и 1.22% (к массе сухой почвы). Соотношение углерода к азоту в условиях этой почвы 11:1. Подвижные соединения питательных элементов в пахотном и подпахотном горизонтах были представлены нитратами — 21.0 и 10.0 мг/кг почвы, фосфором — 33.7 и 8.1, калием — 200 и 120. В типичном сероземе гумуса содержалось соответственно 1.20 и 0.71%, азота — 0.09 и 0.06, фосфора — 0.16 и 0.08, калия — 2.61 и 1.6, нитратов — 18.0 и 11.0, аммиака — в следовых количествах, подвижного фосфора — 28.0 и 11.1 мг/кг почвы, обменного калия — 260 и 102. Соотношение C:N равнялось 8.8:1.

Исследования проводили в железобетонных лизиметрах размером 0.25 м² (50×50 см) со слоем почвы 60 см. Вмещалось 150 кг почвы. Проводили также лизиметрические опыты по изучению выщелачивания нитратов в грунтовую воду в зимне-весенний период и в период вегетации хлопчатника. Лизиметры приспособлены для сбора грунтовой воды. Площадь лизиметра 1 м², глубина 1.5 м. Уровень грунтовых вод поддерживали на отметке 1.2-1.4 м. В качестве объекта исследования использовали сорт АН-Балут-2.

Полевые опыты закладывали в два яруса с восьмирядковыми полосами. На 4 средних рядках проводили учет роста, развития и урожая хлопка-сырца, а 2 крайних предназначались для защиты. Площадь делянок составляла 280-300 м² с размещением растений 90×8-9×1 с густотой стояния 100-105 тыс/га. Полив на луговой почве и типичном сероземе осуществляли по схемам 1-3-1, 1-4-1, приуроченным к фазам развития хлопчатника.

Во второй серии опытов изучали эффективность применения мочевины и карбамидноформальдепидных удобрений (КФУ) на типичном незасоленном сероземе Ташкентской и светлом средnezасоленном сероземе Сырдарьинской областей.

Проводили вегетационные, лизиметрические и полевые опыты. Повторность вегетационных, лизиметрических и полевых опытов четырехкратная. Площадь делянки на засоленном светлом сероземе составляла 600 м², на типичном незасоленном сероземе — 400. Густота стояния хлопчатника, выращенного на светлом засоленном сероземе, 130-135 тыс/га, на типичном незасоленном — 100-105 тыс/га. Растения

размещали по схемам соответственно 90×8–9×1 и 90×12–13×1.

Содержание гумуса, валового азота, фосфора и калия в пахотном горизонте типичного серозема составляло соответственно 1.0, 0.08, 0.13 и 2.5%, а нитратов, подвижного фосфора и обменного калия – соответственно 23.0, 32.0 и 208 мг/кг почвы. Соотношение C:N равнялось 8.2:1.

На среднесоленном светлом сероземе в пахотном и подпахотном горизонтах хлор- и сульфат-ионов содержалось соответственно 0.021 и 0.09, 0.181 и 0.253%, плотный остаток составлял 0.32 и 0.36%. Осмотическое давление почвенного раствора 7.0–8.2.

В изучаемом светлом сероземе совхоза им. Г. Юнусова Мехнатабадского района Сырдарьинской области (пахотный горизонт) гумуса содержалось 0.9% на сухое вещество, валового азота – 0.08, фосфора – 0.12, калия – 1.8. Соотношение C:N равнялось 7.4:1.

Агротехника в опыте за уходом хлопчатника в период его вегетации была такая же, как в хозяйстве. Поливы осуществляли в фазы бутонизации и цветения хлопчатника. Половину годовой нормы азота вносили перед посевом, остальную часть – в массовую бутонизацию. Испытывали карбамидноформаль-дегидное удобрение (КФУ) с соотношением мочевины к формальдегиду 1:6:1 и 2.5:1. Содержание азота в КФУ составляло 40–42%.

В 1985–1987 гг. изучали превращение в почве и использование хлопчатником азота удобрений при различной обеспеченности почвы подвижным фосфором (третья серия) в условиях вегетационных и полевых опытов. Создание фонов по обеспеченности почвы фосфором (низкая – 24 мг/кг почвы, средняя – 42) осуществляли следующим образом. Выделяли участок площадью 0.7 га с содержанием фосфора 17 мг/кг почвы (показатель, близкий к очень низкообеспеченной этим элементом питания почве). Ежегодно (1983–1984 гг.) осенью после уборки урожая хлопка-сырца вносили фосфорные удобрения порядка 100, 200 и 300 кг/га P_2O_5 . Затем в образцах почвы с внесением разных форм фосфорных удобрений определяли количество подвижного фосфора. В результате взаимодействия разных норм фосфорных удобрений уровень содержания подвижного фосфора повысился с 17 мг/кг (исходное) до соответственно 24, 36 и 42.

Вегетационные и полевые опыты в 1986–1987 гг. были заложены на низко (24 мг/кг) и среднеобеспеченной (42 мг/кг) подвижным фосфором почве. На низкообеспеченной почве фосфорные удобрения в вегетационных и полевых опытах вносили ежегодно соответственно 4 г/сосуд и 140 кг/га P_2O_5 на среднеобеспеченной – 3 г/сосуд и 105 кг/га

P_2O_5 . Повторность вегетационных и полевых опытов четырехкратная. Площадь деланки в полевом опыте составляла 120 м². Растения размещали 60×15–16×1 с густотой 100–110 тыс/га.

Годовая норма азотных и калийных удобрений в вегетационном опыте равнялась соответственно 5.0 и 1.5 г/сосуд, в полевом – 200 и 90 кг/га. Применяли сульфат аммония, мочевины, аммоний азотнокислый и нитрат кальция. Схема размещения растений в полевом опыте 60×7–8×1, что соответствует густоте 110–120 тыс/га. Содержание гумуса и в пахотном и подпахотном горизонтах составляло соответственно 1.01 и 0.71% к сухой почве, валового азота – 0.09 и 0.06, валового фосфора – 0.12 и 0.08, валового калия – 2.10 и 1.71. Нитратов в пахотном горизонте было в пределах 17–18 мг/кг, в подпахотном – 11.0–12.5. Обменный калий в пахотном горизонте находился на уровне 160–165 мг/кг, в подпахотном – 110–105.

Полевые опыты по изучению эффективности координационных соединений микроэлементов (четвертая серия) проводили в учебно-опытном хозяйстве Ташкентского ордена Дружбы народов сельскохозяйственного института. Почва – типичный серозем. Опыты осуществляли в следующей последовательности. В 1979–1980 гг. изучали рост, развитие и урожайность хлопчатника в зависимости от уровня питания и внесения микроэлементов. В 1979–1981 гг. исследовали зависимость урожайности хлопчатника от внесения неорганических и координационных соединений микроэлементов на оптимальном фоне питания. В 1982–1984 гг. разрабатывали приемы повышения продуктивности различных сортов хлопчатника (Ташкент-1, 108-Ф, С-4727) в условиях применения координационных соединений микроэлементов и оптимальных норм минеральных удобрений.

В 1-м и 2-м опытах в пахотном горизонте исходное содержание гумуса, валового азота, фосфора и калия составляло соответственно 1.10, 0.09, 0.11 и 2.3% к массе сухой почвы; в 3-м – соответственно 1.10, 0.12 и 0.2%. В подпахотном горизонте гумуса и элементов питания было меньше. Исходное содержание нитратов равнялось соответственно 20.4 и 21.2 мг/кг почвы. Доступный фосфор, растворимый в углекислом аммонии, в пахотном горизонте составлял 22.3–23.2 мг/кг, в подпахотном – 11.3–11.9; обменный калий – соответственно 197–201 и 134–139 мг/кг почвы. Усвояемые формы микро-элементов представляли кобальтом – в среднем 0.12–0.14 мг/кг почвы, и медью – в среднем 0.30–0.34 мг/кг. Следовательно, почва опытных участков относится к низкообеспеченной этими микроэлементами.

Перед севом семена хлопчатника замачивали в водном растворе неорганических и координационных соединений микроэлементов с последующим внесением (в фазу бутонизации) их в составе аммофоса или суперфосфата на глубину 14-16 см.

В результате двух-трехлетних испытаний из большого количества координационных соединений выбраны действующие наиболее эффективно на рост, развитие и урожайность хлопчатника. Это $\text{Co}(\text{C}_5\text{H}_{10}\text{N}_4\text{S}_2\text{O}_9)$ с содержанием кобальта 11%; $\text{Cu}(\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_4\text{N})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ с содержанием меди 13,2%; $\text{Co}(\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_4\text{N})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ с содержанием кобальта 11,0%, меди – 13%.

Для изучения прироста сухой биомассы растений, потребления ими элементов минерального питания, определения структуры и качества урожая проводили отбор растительного материала. В вегетационных и лизиметрических опытах пробы брали с двух повторностей, в полевых – с двух несмежных повторностей, взвешивали их отдельно и определяли количество сухого вещества. После грубого измельчения, высушивания и размолла на электрической мельнице растительного материала определяли содержание общего азота, фосфора и калия. Мокрое озоление растений проводили смесью серной и хлорной кислот (Гинзбург и др., 1963). Содержание азота определяли колориметрическим феноловым методом (Кудефров, 1965), фосфора – по Дени-же с использованием в качестве восстановителя сернистого гидролиза (Цап, 1959), калия – на пламенном фотометре, микроэлементов – по прописи Е.К. Кругловой (1963). Содержание белкового и небелкового азота устанавливали по Калинин и Ястрембовичу. Все учеты и фенологические наблюдения за ростом, развитием, формированием урожая хлопка-сырца и определение его качества проводили по методике СоюзНИИХ.

Агрохимические свойства, питательный и водный режимы почв изучали в смешанных образцах, взятых из пахотного и подпахотного горизонтов. Смешанные почвенные образцы составляли из двух повторностей и 8 точек. В почвенных образцах содержание гумуса определяли по Тюрину, валового фосфора – по Мещерякову, его фракции – по Чирикову, валового калия – на пламенном фотометре, нитратов – по Гранвальд-Ляжу, аммиака – реактивом Несслера, минерального азота – по методу Андреевой-Щегловой, подвижного фосфора и обменного калия – по Мачигину и Протасову. Анализ химического состава навоза проводили по Калинин, Ястрембовичу.

При выявлении влияния координационных соединений

микроэлементов на поступление изотопа ^{15}N в растение использовали метод Сапожникова и Корнилова (1969) (рис. 1).

Для изучения превращения в почве и использования хлопчатником азота удобрений и почвы содержание азота в растительных и почвенных образцах определяли по методу Кьельдаля-Модельбауэра, а их изотопный состав на масс-спектрометре МХ-1303. Все химические и изотопные анализы образцов осуществляли в трехкратной повторности. Математическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1979).

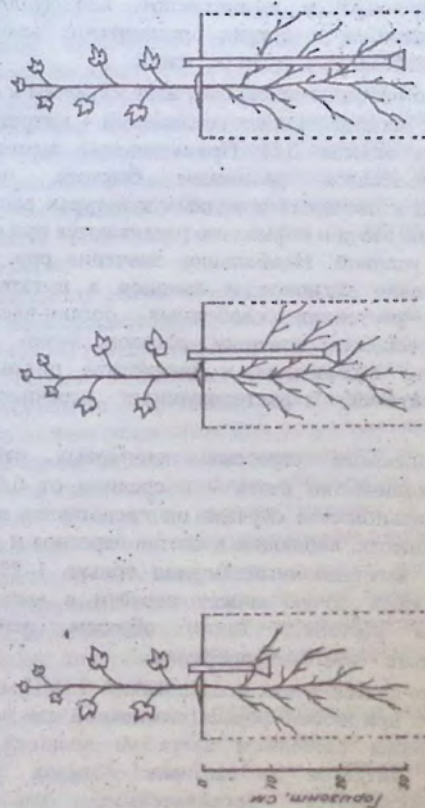


Рис. Схема по изучению поглощательной способности корней с использованием ^{15}N

Глава 2. АЗОТНОЕ ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ И ТРАНСФОРМАЦИЯ АЗОТА УДОБРЕНИЙ В СИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ-УДОБРЕНИЕ

Азот — важнейший элемент питания растений. Он входит в состав всех аминокислот, из которых построена сложная молекула белка. Д.Н. Прянишников (1948, 1952, 1965) так определил значение азота: «Без азота не могут образоваться белковые вещества, без белковых веществ не может быть протоплазмы, а следовательно, и жизни». Азот входит также в состав нуклеиновых и аминокислот, хлорофилла, фосфатидов, глюкозидов, алкалоидов и других органических веществ, играющих важную роль в жизнедеятельности растений.

Известно, что растение поглощает азот из почвы в основном в виде его минеральных легкодоступных соединений — нитратов и аммиака. В физиологических опытах Д.Н. Прянишникова аммиачный азот, как правило, использовался растением быстрее, чем нитратный. Установлено, что в песчаных и водных культурах растения усваивают хорошо обе формы азота и нормально развиваются при оптимальных для каждой формы условий. Наибольшее значение при этом имеют рН среды, соотношение катионов и анионов в питательном растворе, содержание в растениях свободных органических кислот и редуцирующих веществ, главным образом моно- и полисахаров. Естественно, при аммиачном и нитратном питании оптимальное значение показателей, характеризующих перечисленные условия, различно.

Оазисно-орошаемые сероземы хлопковых районов содержат незначительно количество азота — в среднем от 0.07 до 0.015%. В подавляющем большинстве случаев он представлен в виде различных органических веществ, входящих в состав перегноя и других азотистых соединений. За вегетационный период только 1–2% общего запаса органического азота почвы может перейти в минеральную форму, доступную для растений. Таким образом, основной источник минерального азота — азотные удобрения.

В результате классических исследований Д.Н. Прянишникова (1945) установлено, что при любой форме (аммиачной или нитратной) первым этапом поглощения растением азота из внешней среды является восстановление нитратов до аммиака. Аммиак под воздействием ферментов связывается органическими кислотами, образуя последовательно большой набор аминокислот, которые необходимы для

синтеза белков. Основные положения об азотном обмене и значении форм азота в питании растений, выдвинутые Д.Н. Прянишниковым, получили развитие в трудах его учеников (Сабинин, 1937, 1940, 1955; Владимиров, 1948; Колосов, 1954, 1962; Турчин, 1955, 1956, 1960, 1964, 1972; Мосолор, 1960, 1979; Кореньков, 1976; Измайлов, 1986; и др.).

По данным И.В. Мосолова (1941, 1960, 1979), в корневой системе зерновых аммиачный и амидный азот используется для синтеза аминокислот, амидов, белка и хлорофилла более интенсивно, чем его нитратная и аммиачно-нитратная формы.

Ф.М. Куперман, С.С. Андреев (1959), А.Ф. Калинин (1982), В.Л. Кретович (1972), И.В. Мосолов (1979) считают возможным непосредственное включение мочевины в азотный обмен без предварительного расщепления ее уреазой до аммиака и углекислоты. И.В. Мосолов, П.Н. Пыльнева (1963) выявили, что до полного гидролиза в почве она поступает в растение в неизменном виде. Уже в корневой системе часть поступившей в растение мочевины с пасокой, минуя акцепторы, направляется в надземные органы и там быстро включается в цикл азотистых превращений. По данным авторов, мочевина в растении может выполнять роль готового амида и активно включаться в обменные процессы.

Для нормального роста и развития растений азот необходим в течение всего периода вегетации, особенно в самом молодом возрасте. Н.С. Авдонин (1954) предложил выделить в процессе питания растений два периода: период максимальной потребности и критический. В первом среднесуточное потребление питательных элементов достигает максимума. Во втором недостаток или отсутствие какого-либо элемента в питательной среде отрицательно сказывается на росте и развитии растений, причем даже последующее обеспечение их этим элементом малоэффективно. Усиленное азотное питание в начале вегетации положительно влияет на последующее развитие растений.

У максимально обеспеченного азотом хлопчатника хорошо развитый куст, крупные листья синевато-зеленой окраски. При недостатке азота растения развиваются слабо, а острый дефицит его сказывается на развитии листьев: они становятся мелкими, светло-зелеными или даже приобретают желтую окраску.

По данным Г.И. Яровенко (1969), недостаток минерального азота во внешней среде в ранний период развития вызывает необратимые качественные изменения в молодом хлопчатнике, которые не устраняются даже при обильном азотистом питании в последующие фазы развития. Потребность хлопчатника в азоте в раннем возрасте не

удовлетворяется запасами его в почве и семенах, вследствие чего возникает необходимость внесения минеральных удобрений в допосевные и припосевные сроки.

М.А. Белоусов (1964, 1975) установил, что фаза появления первых настоящих листочков — начало очень важного (критического) периода азотного питания. Резкое обеднение питательного раствора азотом до образования на проростках двух настоящих листьев сильно изменяет структуру куста и снижает урожай хлопка-сырца. Наоборот, поддержание в питательной среде с начала образования зеленых фотосинтезирующих листочков повышенной концентрации азота ускоряет темпы роста и развития. При недостатке азота в начале роста значительно уменьшалась масса коробочек, количество их на моноподиях увеличивалось.

По данным Б.П. Мачигина (1957), Н. Усманова (1968), М.А. Белоусова (1975), в начальные фазы развития хлопчатника (вплоть до бутонизации) потребление азота не превышает 7–8%. Тем не менее, азотное питание в этот период имеет большое значение для последующего развития растений. В фазы бутонизации и цветения, когда у хлопчатника наблюдается интенсивный рост и развитие корневой системы, он потребляет максимальное количество азота: в период от бутонизации до цветения — около 46–48% всего потребляемого в конце вегетации азота, от цветения до начала созревания — 44–46%. Из-за недостатка азота во время плодообразования уменьшается масса семян, снижаются содержание белка в них, а также урожай хлопка-сырца, ухудшается его качество.

В исследованиях по вопросу питания растений мы применяли стабильный изотоп ^{15}N . Это позволило углубить и расширить наши представления о путях поступления и ассимиляции экзогенного азота в растительном организме. Специфичность метода меченых атомов дает возможность проследить за движением и превращением азота в растениях в короткие отрезки времени, когда повышение содержания азота обычными методами обнаружить невозможно (Воллейт, Миделец, 1976).

По результатам исследований О.А. Леви, К.С. Чадвик, Дж. Уитер (1983), меченый ^{15}N , вносимый проросткам ячменя в виде хлористого аммония, быстро включался в свободные аминокислоты, где в наибольших количествах накапливался в глутаминовой кислоте и глутамине. Поглощенный корнями ячменя $^{15}\text{NH}_4$ полностью ассимилировался через глутаматсинтетазный путь.

По данным А.Н. Павлова, Н.В. Лобановой, Н.В. Колесника (1973),

меченый азот, вводимый растениям ячменя в форме $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в фазу молочной спелости через корни, уже спустя 30 мин обнаруживался во всех органах — листьях, стеблях, колосковых чешуях и зерновках. В зерновках ^{15}N последовательно появлялся сначала в форме аммонийного азота (через 30 мин), затем в амидной форме (через 3.5 ч), значительно позже — в аминокислотах и белках.

Применяя стабильный изотоп азота ^{15}N , Л.П. Воллейт (1979) установила, что азот поздней подкормки накапливается главным образом в зерне. Он поступает обязательно через листья, которые, по-видимому, играют специфическую роль в этом процессе. Кроме того, поступление азота в нижние старые листья и включение его в состав белков листьев связаны с процессом обновления белков как основы жизнедеятельности живого организма.

Л.А. Соколов (1979) изучал формирование белкового комплекса растений при участии азота удобрений. Установлено, что независимо от сложившихся условий азотного питания наибольшее количество ^{15}N накапливалось в глобулинах алейроновых зерен семени. Включение ^{15}N в отдельные белки менялось в зависимости от уровня азотного питания и от способа внесения удобрений. При повышенном уровне азотного питания (N-16, P-8, K-8) наиболее интенсивное включение ^{15}N происходило в глобулинах как в абсолютных, так и в относительных величинах.

Использование в агрохимических исследованиях изотопа ^{15}N позволило также раскрыть ранее неизвестные стороны поведения азота в системе: удобрение—почва—растение. Благодаря широкому использованию меченого азота в агрохимических исследованиях оказалось возможным глубокое проникновение в суть транспорта вносимых азотных удобрений. До этого использование азота растением было принято определять по разнице между выносом азота опытным (с внесением NPK) и контрольным (PK) вариантами. Считалось, что весь азот, дополнительно усвоенный растениями, является азотом удобрений, остальное его количество относили к закрепленному почвой, главным образом в результате биологической иммобилизации (Воробьев, Мосолов, 1940; Кореньков, 1976; Смирнов, 1977; Гамзиков, 1988).

Результаты первых опытов с применением стабильного изотопа ^{15}N , проведенных Ф.В. Турчиным и др. (1960), показали, что баланс азота складывается по-иному, чем предполагалось ранее. Кроме биологического закрепления в почве, происходит и фиксация азота микроорганизмами, почвенными минералами. Наряду с усвоением внесенного азота удобрений усиливается минерализация и вынос азота

почвы, что существенно сказывается на величине коэффициента использования, определяемого по разности. С помощью изотопа ^{15}N удалось количественно определить потери азота и в последующем классифицировать их по видам (газообразные, водно-миграционные и др.). Каждая статья баланса, определяемая с помощью ^{15}N , может иметь полную количественную характеристику. Кроме того, удается с весьма высокой точностью проследить за превращением соединений азота при взаимодействии с почвой и оценить скорость и глубину включения метки в состав природных азотсодержащих образований.

По данным многочисленных исследований, проведенных в различных почвенно-климатических условиях Н.И. Борисовой, Г.Г. Зерцаловым (1966, 1972), Н.А. Сапожниковым (1973), А.А. Кореньковым (1976), П.М. Смирновым (1977), П.П. Гамзиковым (1981, 1988), установлено, что коэффициент использования азотных удобрений, определенный методом разности, на 10–20% и более превышает истинную величину, так как коэффициенты использования азота удобрений, вычисленные методом разности, имеют завышенные значения. При расчете в этом случае считается, что азот почвы используется растениями одинаково, как в удобренном, так и в неудобренном вариантах. Применение азотных удобрений, меченных ^{15}N , дает возможность определить то количество азота почвы, которое используется растениями при внесении минеральных удобрений.

В результате исследований отечественных и зарубежных ученых, применяющих ^{15}N , установлено, что растения используют азот из вносимых удобрений не на 70–80%, как считалось ранее, а на 50–60% в вегетационных и 30–50% в полевых условиях (Bortolomey, Clark, 1950; Турчин, 1964; Андреева, Щеглова, 1966; Кореньков, 1966, 1976; Замятина и др., 1967; Смирнов и др., 1967; Legg, Allison, 1967; Смирнов, 1968; Paul, Myers, 1971; Westermann et al., 1972; Сапожников, 1973; Olson et al., 1974; Смирнов, 1977; Гамзиков, 1981, 1986, 1988; и др.).

Многочисленными исследованиями установлено, что коэффициент полезного действия азотных удобрений зависит от типа почвы и ее окультуренности. В зависимости от этих показателей величина использования азота удобрений может варьировать от 37 до 55% внесенного количества азота удобрений.

Также было показано, что чем выше уровень плодородия почвы, чем больше ее биологическая активность, тем меньше потребность культурных растений в азотных удобрениях. Предполагается, что чем выше содержание усвояемого азота в почве, тем слабее эффективность азотных удобрений. А так как содержание усвояемого азота в

большинстве случаев коррелирует с общим уровнем плодородия почвы (в пределах одного и того же типа и вида почвы), то естествен вывод: чем выше уровень плодородия почвы, тем слабее эффективность азотных удобрений (Allison, 1957; Шконде и др., 1968; Бурцев, 1969; Кочергин, Орлова, 1970; Петербургский и др., 1970; Смирнов и др., 1981).

По данным микрополевых опытов В.В. Замятиной (1970), установлено, что в условиях дерново-подзолистой, серо-лесной почв, мощного чернозема, предкавказского чернозема растение использует азот из удобрений в количестве соответственно 24.1, 23.2, 32.4, 28.6 кг/га, из почвенных ресурсов – 47.3, 51.5, 56.1, 122.1, т.е. наблюдается закономерность: на высокоплодородных почвах повышается вынос азота растением не только из вносимых удобрений, но и из почвенных источников.

Аналогичная закономерность получена и в исследованиях П.М. Смирнова (1970). По мнению автора, более интенсивное поступление азота из плодородных почв объясняется наибольшим содержанием в них усвояемых форм азота, высокой биологической активностью и быстрыми темпами минерализации органического вещества.

Более обстоятельные исследования потребления растением азотных удобрений и почвенных ресурсов выполнены Е.И. Нестеровой (1973). В результате вегетационных опытов с использованием почв различного плодородия было установлено, что поступление в растения азота из естественных запасов почвы возрастало с повышением уровня плодородия почв, и несмотря на это, сохранялся сравнительно высокий коэффициент использования азота удобрений.

По данным Л.В. Помазкиной (1980), на серо-лесной почве величина использования азота из сульфата аммония и мочевины составляла 33.7–35.3% внесенного количества, на лугово-дерновой на 4.5–6.4% больше. Независимо от формы удобрений закрепившегося ^{15}N в лугово-дерновой почве было на 9.4–13.5% больше, чем в серо-лесной, количество же неучтенных потерь меньше (на 12.9–13.9% от внесенного количества). Использование азота удобрений за два года последствия на лугово-дерновой почве составляло 6.5% внесенного количества удобрений, на серо-лесной – 4.4.

П.М. Смирнов, Н.И. Дегтярева (1972), Н.М. Варюшкина, Л.И. Кирпанова, М.М. Никитина (1974) установили, что в первый год последствия в полевых условиях растения используют азот удобрений, содержащийся в почве в форме органических соединений, незначительно: картофель и лен – 1.0–1.4% внесенной дозы, ячмень и яровая пшеница – 2.9–3.3. Повторное внесение немеченых азотных

удобрений в половинной дозе увеличивало в 1,5 раза использование ячменем азота, закрепившегося в почве в органической форме.

В результате полевых и вегетационных опытов П.М. Смирнова, Н.И. Детгровой (1972), Д.А. Коренькова, Н.А. Лавровой (1973, 1974), Д.А. Коренькова и др. (1976) и др. установлено, что использование азота удобрений определяется биологическими особенностями растений. В зависимости от биологических особенностей возделываемой культуры внесенный азот либо сразу потребляется растениями (яровые зерновые), либо продолжительное время остается в почве неиспользованным (просо, картофель, кукуруза), в результате чего увеличиваются потери и уменьшается коэффициент использования. Так, в вегетационных и лизиметрических опытах, проведенных в нашей стране на дерново-подзолистых почвах, многолетние травы и ячмень использовали около 70% внесенного азота, просо и лен — 56–60.

Одним из важных факторов, способствующих увеличению коэффициента полезного действия азотных удобрений на растения, являются сроки и способы их внесения, соотношение между азотом и другими бездефицитными элементами питания, обеспеченность почвы подвижными формами азотистых минеральных соединений (Лаврова, 1968; Корицкая, 1969; Кореньков, 1976; Смирнов, 1977).

В литературе имеются многочисленные данные о влиянии внесения дробными дозами азота удобрений на использование его растениями.

П.М. Смирнов и др. (1980) в микрополевых опытах на предкавказском черноземе при разделении дозы азота на части и внесении их в разные сроки получил следующие данные. В первом случае, дозу азота разделили на 2 части (из расчета 40 мг на 1 кг почвы) и вносили осенью и весной, во втором — на 3 части и вносили осенью, ранней весной и во внескорневую подкормку. В первом случае потребление азота составляло 40–44%, во втором — 35,8–43,5.

Е.А. Андреева и др. (1966) изучали влияние осенней и весенней азотной подкормки озимых зерновых на отличающихся по плодородию землях — черноземе и дерново-подзолистой почве. Высокий коэффициент использования озимыми зерновыми весенней азотной подкормки (49–66%) и низкий при внесении подкормки осенью были получены на дерново-подзолистой почве. С повышением плодородия почвы коэффициент использования азота повышался на 9–18%. При осенней подкормке наблюдались значительные потери азота удобрения.

При помощи ^{15}N были установлены ранее неизвестные данные о количественном содержании азота удобрений и почвы в общем выносе его растениями.

В результате исследований Ф.В. Турчина и др. (1960), Ф.В. Турчина (1964, 1965), Е.А. Андреевой, Г.М. Щетловой (1964, 1966), П.М. Смирнова, И. Лавровой (1967), Н.А. Сапожникова и др. (1968), П.М. Смирнова (1977), Д.А. Коренькова (1976) и др. установлено, что в вариантах с азотными удобрениями растения используют азота больше, чем в контроле. В.Ф. Турчин (1965) появление азота в почве при внесении азотных удобрений назвал добавочным азотом. Позднее в литературе вместо «добавочный» укоренилось «экстра-азот» (Сирота, 1973).

Научный и практический интерес представляют данные экспериментов, проведенных Л.Б. Сиротой (1973). Применение метода изолированного питания позволило ей установить влияние самого растения, его физиологического состояния при высоком уровне азотного питания на мобилизацию азота почвы. В экспериментах автора отсутствовал контакт меченого ^{15}N удобрения с почвой, тем не менее, в вариантах с таким применением удобрений показано большее усвоение растениями почвенного азота, чем в контроле (без внесения удобрений). В дальнейшем автор установила, что в ризосферной зоне корней усиливается азотфиксация микроорганизмами, возможно, вследствие этого растения больше используют немеченый азот.

П.М. Смирнов (1977), П.М. Смирнов и др. (1980, 1981) и другие исследователи появление экстра-азота связывают с быстрым распадом органического вещества под воздействием азотных удобрений, особенно при внесении высоких доз. Кроме того, при использовании аммиачных форм азотных удобрений мобилизация азота из почвенных ресурсов происходила интенсивнее, чем при нитратных.

По данным Н.А. Сапожникова (1968), Д.А. Коренькова (1976), П.М. Смирнова (1977) и др., из почвенных источников растения используют примерно 65–70% азота, из удобрений — 30–35. Показана сопряженность мобилизации азота из почвенных ресурсов с повышенным дозой вносимых азотных удобрений.

П.М. Смирнов (1980) обобщил данные об использовании растениями азота почвы и удобрений, полученные в 12 вегетационных и 11 микрополевых опытах с зерновыми культурами (овсом, ячменем и пшеницей). Показано, что из общего выноса азота урожаем в вегетационных опытах азот почвы в среднем составлял 48%, азот удобрений — 52; в полевых опытах — соответственно 66 и 34.

По результатам анализа данных, доля азота почвы и удобрения в общем выносе в разных опытах колебалась от 35 до 77% общего выноса, в полевых — от 20 до 70%, а на азот удобрений — соответственно 23–65 и

30–80%. Таким образом, соотношение между азотом почвы и удобрений, их роль в питании растений зависят от дозы азотного удобрения, типа и свойств почвы, степени ее окультуренности и предшествующей удобренности, от исходного содержания в ней усвояемого минерального азота ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) и других факторов внешней среды.

Интерес представляют данные П.М. Смирнова (1982) об изменении величины используемого азота почвы и удобрений (содержание азота почвы и удобрений в общем его выносе растением) в зависимости от уровня плодородия почвы. Показано, что с увеличением дозы азотных удобрений роль азота почвы в питании растений в вегетационных опытах снижается – с 59–55 до 43–38% от общего выноса, в полевых – с 87 до 80–81%, доля же азота удобрений возрастает – соответственно с 41–45 до 57–62% и с 11–13 до 19–20%.

Доля азота черноземной почвы в общем выносе обычно выше (80–90%), чем дерново-подзолистой (40–60%). В почвах, бедных минеральным азотом, доля почвенного азота ниже, а доля азота удобрений выше, чем в почвах с более высоким содержанием доступного для растений азота.

Д.А. Кореньков, Л.И. Романюк, Н.М. Варюшкина, Л.И. Кирпанова (1975) установили, что под влиянием азотных удобрений усиливалась мобилизация почвенного азота. В первый год овес использовал азота почвы в два раза больше (67%), чем азот удобрений (33%). В последующие два года использование растениями азота удобрений и почвы было одинаковым (50%).

О.Г. Ониони, Д.И. Кохадзе (1980) установили, что при внесении меченых азотных удобрений использование растением азота почвы значительно увеличилось по сравнению с контрольным вариантом. На участке без дренажа дополнительное поступление в растение азота почвенного фонда при внесении азотнокислого аммония составляло 77%.

В результате многочисленных исследований с использованием стабильного изотопа ^{15}N установлено, что эффективность азотных удобрений в значительной степени снижается из-за потерь азота в газообразной форме и в процессе водомиграции. Субстратом для газообразных потерь азота являются нитраты и нитриты, образующиеся в процессе нитрификации аммонийного азота почвы и удобрений (Андреева, Щеглова, 1964; Смирнов и др., 1970; Сапожников, 1973; Кореньков, 1976; Смирнов, 1979).

Применение изотопного метода позволяет определить характер и направленность включения вносимых азотных удобрений в различные азотистые компоненты почвы, их трансформацию и участие в

обновлении органического вещества. С помощью изотопа ^{15}N доказано, что сразу после внесения удобрений в почву они включаются в общий биологический круговорот.

По данным многочисленных исследований, 10–60% внесенного азота удобрений закрепляется в почве (Кореньков, 1968; Смирнов, 1970, 1973, 1978; Турчин, 1972; Тарвис, 1973; Андреева, Щеглова, Куренева, 1974; Гамзиков и др., 1985; и др.). В.В. Кидин, П.М. Смирнов, О.Н. Ионова (1980) отмечают, что в лизиметрических опытах с использованием дерново-подзолистой почвы количество закрепленного азота в почве колебалось от 18 до 33% в зависимости от доз и сроков внесения удобрений.

По данным П.М. Смирнова, Н.И. Дегтяревой (1972), в первый год последствия в полевых условиях содержание в почве закрепившегося азота удобрений у картофеля и льна составляло 1.0–1.4% внесенного количества; у ячменя и яровой пшеницы – 2.9–3.3%. Повторное внесение немеченых азотных удобрений в половинной дозе увеличивало в 1.5 раза использование ячменем закрепившегося в почве органического азота. Такие же данные получены Н.М. Варюшкиной, Л.И. Кирпановой, М.М. Никитиной (1974).

Процессы иммобилизации азота удобрений в значительной степени связаны с потреблением микроорганизмами его минеральных форм. Существенная роль в процессе иммобилизации принадлежит гетеротрофной микрофлоре, которой для создания своей массы требуются не только минеральные соединения азота, но и органическое вещество как источник углеродного питания.

М.М. Кононова, И.В. Александрова (1973), Т.В. Тарвис (1973, 1979, 1982) установили, что иммобилизованный азот удобрений включается в состав биомассы микроорганизмов и их метаболитов, а также присутствует в продуктах распада микробного белка. По данным этих авторов, совместное внесение минерального и органического азота создавало условия, способствующие интенсивному усвоению микроорганизмами почвы и минерального и органического азота.

И.П. Мамченкова, Р.М. Ташева (1972) изучали превращение азота сульфата аммония и аммиачной селитры в почве, лишенной органического вещества. Показано, что включение в почвенный субстрат углеродного источника азотного питания способствует большей иммобилизации азота почвы и вносимых удобрений.

Данные исследований, проведенных с использованием изотопа ^{15}N , показали, что в результате распада органического вещества в почве одновременно с образованием минеральных соединений азота идет и

включение неорганического азота удобрений и почвы в общий биологический круговорот. Сразу после внесения азота удобрений 10–60% его количества закрепляется в почве в виде различных органических соединений (Заматина и др., 1963, 1973; Смирнов, 1973, 1977, 1979; Сапожников, 1973). Следовательно, внесение азотных удобрений сопряжено с иммобилизацией их в почве, интенсивность которой колеблется в зависимости от почвенных условий и наличия энергетического материала для микроорганизмов и др.

Благодаря применению стабильного изотопа ^{15}N доказано, что значительная часть азота удобрений и почвы подвергается газообразным потерям в результате денитрификации нитратного азота, а также потерям из-за выщелачивания нитратов и нитритов. Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о том, что потери азота происходят не только за счет биологической денитрификации, но и в результате хемоденитрификации, т.е. химических реакций с участием нитритов и гидроксиламина (Смирнов, Педишюс, 1974; Кидин, Смирнов, 1977; и др.).

Согласно Б.Н. Макарову (1969), Б.Н. Макарову, Л.Б. Герашенко (1981), потери азота сернокислого аммония, мочевины, азотнокислого калия и кальция в лабораторно-полевых опытах на дерново-подзолистых почвах составляли соответственно 17–41 и 32–49%. Газообразные потери азота происходили в основном в форме N_2O и N (78–98% общих потерь). С увеличением доз азотных удобрений потери в абсолютных количествах возросли, но в относительном выражении (% от внесенного количества азота) уменьшились.

По многолетним данным Н.И. Борисовой и др. (1966, 1972), П.М. Смирнова (1977), в зависимости от формы, дозы и срока внесения удобрений, агрохимических и агрофизических свойств почвы и вида растений размеры газообразных потерь азота в условиях вегетационного опыта составляли в среднем от 20.3 до 27.4%, в полевых опытах – от 16.7 до 32.2. В анаэробных условиях потери газообразных продуктов азота происходят в 3–10 раз интенсивнее, чем в аэробных.

Представляют научный и практический интерес данные П.М. Смирнова (1977) о том, что в почве при слишком высокой или низкой влажности, недостаточной аэрации и повышенной кислотности возможно накопление большого количества нитратов, которые при pH, равном 5.5 и ниже, легко разлагаются с образованием элементарного (N_2) и закиси (N_2O) азота. Большая работа по потерям азота из почвы, обуславливающим этот процесс, выполнена М.Б. Макаровым (1975). Показано значительное увеличение потерь азота (до 54%) удобрений и

почвы при длительном внесении азотных удобрений, особенно при высоких дозах. Потери аммонийного и нитратного азота в зависимости от факторов внешней среды колебались от 10 до 76% внесенного количества. Газообразные потери азота в результате химических превращений зарегистрированы только из промежуточных продуктов процессов нитрификации и денитрификации – гидроксиламина и нитратов. В составе газообразных продуктов обнаружены в основном восстановительные формы азота – закись и молекулярный азот.

По данным Д.А. Коренькова и др. (1974), Е.В. Руделева (1975), Д.А. Филимонова, Е.В. Руделева (1979, 1980, 1981), наибольшими количествами потери азота характеризуются в первые сроки внесения удобрений, поэтому они более высокие под культурами с максимальным потреблением азота преимущественно во вторую половину вегетации. В пахотной почве, где минеральный азот не потребляется растениями, потери могут достигать 70% от внесенного количества (Варюшкина, Кирпанова, Никифорова, 1979; Смирнов, 1977, 1979 и др.). Потери азота из почвы и внесенных удобрений могут также происходить в результате выщелачивания нитритов из корнеобитаемого слоя.

Результаты многочисленных исследований показывают, что в условиях современного земледелия, для которого характерно применение высоких доз азотных удобрений, могут вымываться значительные количества нитратов, величина которых зависит от свойств почвы, ее механического состава, глубины залегания грунтовых вод и других факторов внешней среды. По данным М.А. Бобрицкой (1974), Д.А. Коренькова (1976), П.М. Смирнова (1977), в лизиметрических опытах на нечерноземной почве потери азота на суглинистых почвах обусловлены в основном денитрификацией, вымывание его в глубокие слои не имеет существенного значения.

М.А. Бобрицкая (1974, 1975) на основании обобщения данных лизиметрических опытов, проведенных на почвах нечерноземной зоны, пришла к заключению, что можно не принимать во внимание количество выщелоченного азота из почвы тяжелого механического состава, так как оно уравнивается поступлением с атмосферными осадками.

W. Nelson et al. (1980) проводил исследования по потерям азота нитратов из корнеобитаемого слоя почвы в результате выщелачивания. С помощью ^{15}N установлено, что при использовании под кукурузу 0, 90, 180, 360 кг/га азота потери азота удобрений в результате выщелачивания нитратов при орошении составляли 200 кг/га при норме 180 кг/га азота и 140 кг/га при 360 кг/га.

По данным Wild et al. (1980), потери азота в различных почвах

Англии в результате выщелачивания нитратов были значительно выше потерь вследствие денитрификации и улетучивания аммиака.

Определенный интерес представляют данные J. Jung (1972), полученные в лизиметрических опытах. Согласно результатам установлено, что под воздействием возрастающего количества осадков (374, 615, 779 мм) из корнеобитаемого слоя песчаной почвы потери азота увеличиваются.

В условиях Средней Азии, где применяют большие дозы азотных удобрений под хлопчатник (240–250 кг/га), из-за высокой биогенности типичных сероземов происходит интенсивная нитрификация аммиачного и амидного азота. В результате окислительно-восстановительных процессов в почве около 30–40% вносимых азотных удобрений теряется безвозвратно. Эффективность азотных удобрений в значительной степени снижается за счет потерь азота в газообразной форме, которые обусловлены процессом денитрификации и достигают 20–25%, 30–45% вносимого азота удобрений остается в почве (Рыжов и др., 1979).

Источник потерь азота — в основном нитраты и нитриты, образующиеся в процессе нитрификации аммонийного азота почвы и удобрений, часть которых при орошении вымывается из корнеобитаемого слоя почвы в нижележащие горизонты, а в условиях гидроморфных (луговых) почв даже в грунтовые воды (Аллаберганов, 1988).

В связи с применением в хлопководстве высоких норм азотных удобрений важно уточнение и совершенствование системы их применения в зависимости от уровня плодородия орошаемых почв (типичные сероземы и луговые почвы) и сроков внесения. При этом главное внимание необходимо обратить на использование хлопчатником и превращение азота удобрений в почве.

Глава 3. ПОТРЕБЛЕНИЕ ХЛОПЧАТНИКОМ АЗОТА И ЕГО ТРАНСФОРМАЦИЯ В СИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ-УДОБРЕНИЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЙ И ВНЕСЕНИЯ НАВОЗА

Использование хлопчатником и превращение азота удобрений в почве

Использование хлопчатником и превращение азота удобрений в различных по плодородию почвах (луговая и типичный серозем) мы изучали на серии лизиметрических опытов. На основе принципа изотопного обмена нам удалось рассчитать возможный баланс азота удобрений в указанных почвах и дать сравнительную характеристику использования вносимого азота хлопчатником, его минерализации и иммобилизации.

Результаты исследований, проведенных в условиях лизиметрических опытов, показали, что величина использования хлопчатником азота удобрений зависит от возраста растений, почвенной разности и внесения навоза (табл. 1).

В ранний период развития (фаза двух-трех настоящих листьев) величина потребляемого хлопчатником азота удобрений варьировала от 1.5 до 3.9% вне-сенного количества. В этот период хлопчатник на луговой почве использовал азота удобрений меньше (1.5–2.8%), чем на типичном сероземе (2.8–3.9%). Такая же закономерность наблюдалась и в период бутонизации. В эти фазы развития растений оставшегося азота удобрений на луговой почве было больше, а неучтенных потерь меньше, чем на типичном сероземе.

С наступлением фазы массового цветения использование азота удобрения хлопчатником (в том числе оставшегося в почве) на луговой почве характеризовалось более высокими показателями, чем на типичном сероземе, неучтенных же потерь азота было больше из типичного серозема, чем из луговой почвы.

В период массового созревания коробочек коэффициенты потребления азота удобрения хлопчатником на типичном сероземе и луговой почве существенно не различались. Однако количество оставшегося азота удобрений на луговой почве все же было больше, а потери меньше, чем на типичном сероземе.

Таблица 1
Баланс азота удобрений и растений по плодородию (типичный серозем и луговая почва). Лизиметрические опыты

Почва	Горюха навоза, г/листовер			Использованное растение				Остаток в почве				Неучтенная потеря			
	N	P	K	2-3 мес	Бутонизация	Цветение	Созревание	2-3 мес	Бутонизация	Цветение	Созревание	2-3 мес	Бутонизация	Цветение	Созревание
Типичный серозем	6	5	2	3,9 78	9,5 380	27,6 1656	41,5 2490	78,5 1570	71,2 2848	30,9 1842	22,7 1362	12,6 352	19,3 772	41,7 2502	35,8 2148
Типичный серозем	6	5	2	2,8 56	12,0 480	81,0 1860	43,2 2592	81,0 1620	75,1 3004	33,3 1992	28,7 1772	16,2 324	12,9 516	35,8 2148	28,1 1686
Луговая	6	5	2	2,6 52	8,2 328	30,6 1836	41,4 2484	84,7 1694	78,4 3136	40,0 2400	39,5 1770	12,7 254	13,4 536	29,4 1764	29,1 1746
Луговая	6	5	2	1,5 30	6,1 244	35,0 2100	43,8 2628	84,5 1690	81,3 3252	41,0 2460	31,2 1872	14,8 280	12,6 504	24,0 1440	25,0 1500

Примечание. В числителе %, в знаменателе — 1 м² азота и 1 мм азота.

При внесении навоза (с учетом содержания в них питательных элементов) в фазу 2-3 настоящих листьев величина потребления азота удобрений, особенно на луговой почве, заметно снижается. Одновременно на луговой почве уменьшаются производимые потери его, при этом имеется тенденция к увеличению оставшегося азота.

При внесении навоза в фазу бутонизации хлопчатник на типичном сероземе больше использует азота удобрений. На луговой же почве, наоборот, величина потребления растением азота снижается. Независимо от почвенных условий увеличивается содержание остаточного азота удобрений; одновременно снижаются непроизводительные потери его. При этом величина потерь азота из луговой почвы меньше, чем из типичного серозема.

Внесение навоза в период цветения и созревания хлопчатника способствует увеличению коэффициента полезного действия азота на хлопчатник и сокращению потерь азота удобрений, особенно из луговой почвы. Остаточного азота удобрений в луговой почве больше, чем в типичном сероземе. С внесением навоза увеличивается этот показатель.

Изменение отдельных статей баланса азота удобрений на типичном сероземе и луговой почве связано с рядом причин. Во-первых, на луговой почве соотношение углерода к азоту более широкое (11:1), чем на типичном сероземе (8,8:1). Во-вторых, величина полурасщепившихся остатков хлопчатника от предыдущего года (до закладки опыта) на луговой почве больше, чем на типичном сероземе. Так, по нашим данным, на луговой почве в предпосевной период (20.04) общее количество полурасщепившихся корневых остатков и наземной части растений (стебли, створки и др.) составляло 312 г/м², на типичном сероземе — 265 г/м², в переводе на гектар — соответственно 12,5 и 10,5 т/га.

Соотношение углерода к азоту в остатках хлопчатника на луговой равнялось 38:1, на типичном сероземе — 20:1, во внесении в почву навозе — 58:1. Различное содержание и соотношение C:N в органическом веществе на типичном сероземе и луговой почве оказывало большое влияние на режим соединений азота в почве и, следовательно, на использование его хлопчатником и потерю.

По данным Е.А. Жорикова (1948), разложение жмыха, навоза, гуадаи, хлопковой шелухи в карбонатной почве сопровождается снижением содержания в ней подвижных соединений азота, что свидетельствует об усилении процессов биологического поглощения азота почвенными микроорганизмами, вызванного разложением указанных органических веществ. Е.А. Жориков (1948), Ф.А. Скрыбин (1948, 1970) указывают, что органическое вещество гуадаи, навоза и др.,

активизируя микробиологические процессы в почве, приводит к временному биологическому поглощению элементов минеральной пищи, а следовательно, к уменьшению подвижности и потерям азота из почвы. По данным авторов, при внесении одного навоза растения использовали лишь 36% азота, при внесении минеральных удобрений — 45%, при сочетании навоза с минеральными удобрениями — 51%.

В одном из опытов Е.А. Жорикова (1948) содержание подвижного азота в варианте с соотношением азота минерального удобрения и подсушенного навоза 1:6, и в варианте с одной аммиачной селитрой выравнивалось через 30–40 дней. В варианте же, где на одну часть минерального азота вносили 12 частей подсушенного навоза, период биологического закрепления (иммобилизация) минерального азота длился 60–70 дней. При более широком отношении азота к подсушенному навозу (1:24) освобождения иммобилизованного азота не наблюдалось даже через 140 дней.

По результатам полевых опытов Е.А. Жорикова (1950) также установлено, что внесение при посеве и в бутонизацию органоминеральной смеси с отношением азота аммиачной селитры к подсушенному полуперепревшему навозу (без подстилки) 1:6–10 по сравнению с внесением одних минеральных удобрений снижало содержание подвижных форм азота в горизонте 0–40 см к 08.05 (т.е. к периоду начала репродуктивного развития хлопчатника). В последующие сроки (с 18.06) содержание нитратного азота в почве в варианте с органоминеральной смесью преобладало над контролем.

По данным Ф.А. Скрябина (1970), внесение в почву (типичный серозем) органического вещества с соотношением C:N, равным 20:1, увеличивало, а с более широким уменьшало количество подвижных форм азота в почве по сравнению с вариантом, где органические добавки не использовались.

И.П. Мамченков, Р.М. Ташева (1972) изучали превращение азота сульфата аммония и аммиачной селитры в почве, лишенной органического вещества. Среда заражалась почвенной микрофлорой и создавались благоприятные условия для ее развития. Результаты исследований позволили сделать вывод о том, что потери азота удобрений происходят не только в процессе денитрификации, но и из-за окисления аммиачного азота. Внесение в компост целлюлозы вместе с азотными удобрениями резко сократило потери азота. Наличие органического вещества способствовало иммобилизации азота удобрений и по мере его минерализации уменьшались потери. С другой стороны, в результате процесса биологической фиксации потери азота удобрений не только

компенсировались, но и наблюдалось увеличение количества общего азота.

Д.Н. Прянишников (1948) писал, что о направлении биологического поглощения, или минерализации азота обычно судят либо по процентному содержанию азота (на сухое вещество органического удобрения), либо (почти то же) по соотношению между углеродом и азотом (C:N) в составе удобрения. Чем ниже процент азота, или чем выше отношение C:N в органическом удобрении, тем вероятнее, что при внесении его в почву будет иметь место биологическое поглощение азота. Однако, считает автор, надо иметь в виду, что помимо общего содержания азота или соотношения C:N в органическом удобрении, определенное влияние на динамику минеральных форм азота должно оказывать и то, какие именно безазотистые органические соединения входят в состав удобрения. Дело в том, продолжает он свою мысль, что разные органические вещества обладают различной стойкостью по отношению к микробиологическому разложению в почве. Понятно, что если в составе удобрения много таких веществ, которые медленно подвергаются разложению, то и влияние их на иммобилизацию азота будет слабее, чем в том случае, когда безазотистые вещества подвергаются энергетическому разложению.

В дальнейшем нашими исследованиями установлено, что содержание органического и неорганического азота удобрений в почве зависит от сроков взятия образцов и почвенных условий. Из приведенных в табл. 2 данных видно, что в ранний период развития хлопчатника (фаза 2–3 настоящих листьев) содержание органического азота удобрений колеблется от 36.8 до 62.5% общего содержания азота удобрений в почве, а неорганического — от 22.0 до 36.0. В это время органического азота удобрений значительно больше на луговой почве, чем на типичном сероземе. Обратная закономерность наблюдается в содержании неорганического азота: на типичном сероземе оно выше, чем на луговой почве.

При внесении навоза, особенно в условиях луговой почвы, увеличивается количество органического азота удобрений и снижается содержание его неорганической части. В фазу бутонизации количество органического азота в почве по сравнению с фазой 2–3 настоящих листьев уменьшается, но зависимость содержания в почве соединений азота от почвенных условий и режима питания сохраняется.

В фазу цветения хлопчатника содержание органического азота резко снижается, варьируя от 16 до 23% внесенного азота удобрений. Одновременно уменьшается количество неорганического азота, состоящего из нитратов и аммиака.

Таблица 2

Содержание соединений азота удобрений в различных по плодородию почвах
(аналитические опыты)

Почва	Горизонт 0-10 см, г/листву				2-3 настоящие листья			Бутонизация			Претение			Созревание		
	N	P	K	соед.	Вало-вой	Органи-ческий	Неор-гани-ческий	Вало-вой	Органи-ческий	Неор-гани-ческий	Вало-вой	Органи-ческий	Неор-гани-ческий	Вало-вой	Органи-ческий	Неор-гани-ческий
Тяжелый серозем	6	5	2	-	78.5 1570	36.8 736	41.7 834	71.2 2848	30.2 1208	41.0 1640	30.2 1842	18.0 960	14.7 882	22.7 1362	21.5 1290	1.2 72
Тяжелый серозем	6	5	2	400	81.0 1620	45.0 900	26.0 720	75.1 3004	37.5 1500	37.6 1504	33.2 1992	15.5 930	17.7 1062	28.7 1722	23.7 1472	5.0 300
Луговой торф	6	5	2	-	84.7 1694	53.2 1064	31.5 630	78.4 3136	38.9 1556	39.5 1580	40.0 3400	21.0 1260	19.0 1140	29.5 1770	26.0 1560	3.5 210
Луговой торф	6	5	2	400	84.5 1690	62.5 1250	22.0 440	81.3 3252	41.0 1640	40.3 1612	41.0 3460	23.0 1380	18.0 1080	31.2 1872	34.0 1440	7.2 432

Примечание: В числителе %, в знаменателе - миллиграмм

Это объясняется, с одной стороны, использованием азота хлопчатником, а с другой, большим, чем в фазу бутонизации, потерями. Кроме того, в фазу цветения на луговой почве наблюдается тенденция к увеличению неорганического азота. С наступлением созревания коробочек содержание неорганического азота удобрений в почве снижается.

Остаточное количество неорганического азота на типичном сероземе значительное меньше, чем на луговой почве. При внесении навоза неиспользованного хлопчатником азота заметно больше на луговой почве, чем на типичном сероземе.

Результаты анализов показывают, что в первой половине вегетации (до массовой бутонизации) азот из вносимых удобрений иммобилизуется, величина его зависит от почвенных условий и внесения навоза. В условиях луговой почвы иммобилизация азота удобрений (или переход неорганического азота удобрений в органическую форму) происходит более интенсивно, чем на типичном сероземе. Внесение навоза усиливает иммобилизацию азота, особенно на луговой почве.

В связи с иммобилизацией азота количественные показатели доступных для растений неорганических соединений азота в почве снижаются. Это более выражено на луговой почве, чем на типичном сероземе. Внесение навоза еще более снижает содержание неорганического азота удобрений, особенно на луговой почве. Количество неиспользованного хлопчатником азота удобрений (в конце его вегетации) на луговой почве больше, чем на типичном сероземе. Внесение навоза в условиях луговой почвы способствует большему накоплению его, чем на типичном сероземе.

Исследованиями, выполненными с использованием метода ступенчатого кислотного гидролиза, установлено, что наибольшая часть закрепившегося ^{15}N обнаружена в форме аминокислот. При гидролизе дерново-подзолистой почвы фракция гидролизующего отгоняемого азота, содержащая в значительной мере азот аминокислот, включает 22-28% азота удобрения, а гидролизующего неотгоняемого (аминокислотная) - 50-54.

В условиях черного пара меченый азот присоединяется в основном к отгоняемой части легко- и трудногидролизующей фракции, под растением - к неотгоняемой (Смирнов, 1977; Андреева и др., 1979). К соединениям, составляющим ближайший резерв для минерализации, относится легко-гидролизующая фракция азота. Она наиболее мобильна. Количество азота этой фракции изменяется при внесении минеральных и органических удобрений, при окультуривании почв и др.

Э.Н. Машарилов (1984) показал, что в условиях типичного серозема

внесенный азот удобрений больше всего обнаруживается в легкогидролизуемой фракции, меньше в трудно- и негидролизуемой. Применение навоза способствует повышению количества азота удобрений легко- и трудногидролизуемой фракции.

По результатам анализов, содержание легкогидролизуемой фракции азота удобрений на луговой почве выше, чем на типичном сероземе. Азот трудно- и негидролизуемой фракции также преобладает на луговой почве. Применение навоза способствует увеличению азота всех фракций, особенно легко-гидролизуемой (табл. 3).

Таблица 3

Содержание азота (мг/лизиметр) в различных по растворимости азотных соединениях (лизиметрические опыты)

Годовая норма, г/лизиметр				Всего азота органи- ческого	Фракции азота		
N	P	K	Навоз		легкогидро- лизуемая	трудно- гидроли- зуемая	негид- роли- зуемая
Тиличный серозем							
6	5	2	—	1290	850	290	150
6	5	2	400	1380	1035	198	147
Луговая почва							
6	5	2	—	1560	945	310	305
6	5	2	400	1440	1050	215	175

Таким образом, на основании данных литературы и материалов наших исследований можно сделать вывод, что на луговой почве с большим содержанием органического вещества и широким отношением C:N в первой половине вегетации (до фазы бутонизации — начала цветения) легкодоступных для растений форм азота меньше, чем на типичном сероземе, особенно при внесении навоза. В последующих фазах развития хлопчатника на луговой почве содержание неорганического азота по сравнению с типичным сероземом возрастает, и особенно сильно при внесении навоза. Это выдвигает необходимость изучения сроков внесения азотных удобрений в указанных почвенных условиях.

Использование хлопчатником азота из удобрений и почвы

Хлопковые районы Средней Азии характеризуются дефицитом азота, что сдерживает продуктивность сельскохозяйственных растений. Разработка научно обоснованной оптимизации азотного питания и рационального использования природных запасов почвенного азота имеет важное значение для сохранения потенциального плодородия почвы.

Применение в исследованиях по проблеме питания растений ^{15}N позволяет учитывать соотношение почвенного азота и азота удобрений в общем его выносе растениями. В условиях лизиметрических опытов мы изучили параметры использования хлопчатником азота из почвенных источников и вносимых удобрений в зависимости от почвенной разности и применения навоза.

По результатам исследований, общий биологический вынос азота зависит от возраста растений, почвенных условий и режима питания (табл. 4). По мере роста и развития вынос азота хлопчатником возрастает, достигая максимума в период его созревания. В фазу 2–3 настоящих листьев хлопчатник на типичном сероземе поглощает азота больше, чем на луговой почве. При внесении навоза общее потребление азота растением снижается, особенно в условиях луговой почвы.

типичном сероземе способствовало снижению темпов мобилизации азота, на луговой почве — повышению. Мобилизация азота почвы в конце вегетации хлопчатника была интенсивной на типичном сероземе. При внесении навоза показатель мобилизации азота из почвенных ресурсов снизился, на луговой, хотя и в незначительной степени, повысился.

Итак, по результатам наших исследований, использование хлопчатником азота из вносимых удобрений и из почвенных источников заметно варьирует в зависимости от возраста растений, режима питания и почвенных условий.

В ранний период развития (фаза 2–3 настоящих листьев) хлопчатник на типичном сероземе использует азота удобрений больше, чем на луговой почве. При этом азот почвы превалирует в общем выносе. С применением навоза использование растением азота удобрений снижается, из почвенных источников — возрастает.

После наступления массовой бутонизации потребление растением азота удобрений увеличивается, азота почвы, наоборот, уменьшается. Хлопчатник на типичном сероземе поглощает азота удобрений больше, чем на луговой почве, причем внесение навоза усиливает этот процесс. Как и в фазу 2–3 настоящих листьев, под влиянием навоза количество потребляемого растением азота удобрений уменьшается, азота почвы — увеличивается. В период созревания хлопчатника на типичном сероземе доля азота удобрений независимо от режима питания больше, а азота почвы меньше, чем на луговой почве. В фазы 2–3 настоящих листьев и бутонизации дополнительная мобилизация азота почвы при внесении навоза происходит интенсивнее на луговой почве. В период же созревания этот процесс активнее на типичном сероземе. Под действием навоза мобилизация азота из типичного серозема подавляется в большей мере, чем на типичном сероземе.

Приведенные данные имеют существенное значение при дифференциации внесения азотных удобрений под хлопчатник в различных почвенных условиях, с учетом превращения в почве и использования хлопчатником.

Поступление ^{15}N в листья и плодовые элементы хлопчатника

В ранних исследованиях по вопросу азотного питания хлопчатника в начальный период его развития не применяли метод стабильного ^{15}N . Сущность изменений, обусловленных режимом азотного питания, была недостаточно выяснена. Практически отсутствовали данные зависимости от почвенных условий поступления азота удобрений и включения его в

обменные процессы (Белоусов, 1975).

В результате исследований, проводившихся в условиях лизиметрических опытов с использованием азотных удобрений, меченных ^{15}N , установили, что на величину поступления ^{15}N в растение влияют почвенные условия и внесение навоза (рис. 2).

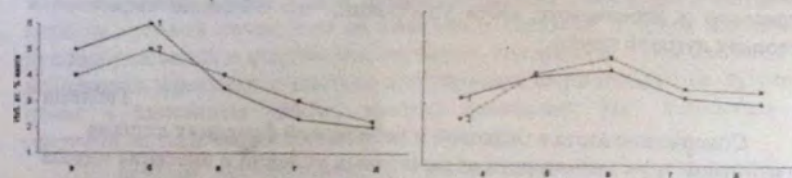


Рис. 2. Поступление ^{15}N в листья хлопчатника, выращенного на типичном сероземе (I) и луговой почве (II). Лизиметрические опыты. 1 — $\text{N}_6\text{P}_3\text{K}_2$, 2 — $\text{N}_6\text{P}_3\text{K}_2 + \text{навоз}$; а — фаза 2–3 настоящих листьев, б — бутонизация, в — цветение, г — плодообразование, д — созревание.

При внесении азотных удобрений на фоне соответствующих доз фосфорно-калийных поступление ^{15}N (изб. ат. %) в растение до бутонизации характеризуется большими величинами на типичном сероземе. В фазу цветения-плодообразования ^{15}N в хлопчатник поступает больше на луговой почве. Это объясняется различной интенсивностью иммобилизации азота на типичном сероземе и луговой почве. Как показано выше, в ранний период развития хлопчатника иммобилизация азота на луговой почве проходит активнее, чем на типичном сероземе, а начиная с цветения наблюдается высвобождение ранее поглощенного микроорганизмами азота удобрений. В фазу цветения количество поступающего изотопа азота ^{15}N в растение, особенно при внесении навоза, превалирует на луговой почве.

Мы изучали содержание ^{15}N удобрений в белковой и небелковой фракциях листьев в зависимости от возраста растений, почвенных условий и внесения навоза. Из приведенных в табл. 5 данных видно, что в ранний период развития ^{15}N в белковой и небелковой фракциях листьев на типичном сероземе заметно больше, чем на луговой почве. В листьях хлопчатника на луговой почве включение небелковой фракции азота в белковую происходит более интенсивно, чем на типичном сероземе, что свидетельствует об ограниченном азотном питании растений на луговой почве. С наступлением фазы цветения содержание азота ^{15}N в листьях

как в белковой, так и небелковой фракции на луговой почве становится больше, чем на типичном сероземе. То же наблюдали в фазы плодообразования и созревания хлопчатника.

Из данных той же таблицы следует, что навоз, внесенный осенью, в фазы 2-3 настоящих листьев и бутонизации снижает содержание изотопа азота в белковой и небелковой фракциях листьев хлопчатника. Начиная с фазы цветения навоз способствует повышению содержания в листьях белкового и небелкового азота удобрений, что особенно выражено в условиях луговой почвы.

Таблица 5

Содержание азота в белковой и небелковой фракциях листьев (мг/лизиметр) в зависимости от почвенных условий и внесения навоза изоб. ат. % (лизиметрические опыты)

Годовая норма, г/лизиметр				Фазы развития									
N	P	K	На-воз	2-3 на-стоящих листьев		Бутони-зация		Цветение		Плодо-образо-вание		Созрева-ние	
				бел-ко-вый	не-бел-ко-вый	бел-ко-вый	не-бел-ко-вый	бел-ко-вый	не-бел-ко-вый	бел-ко-вый	не-бел-ко-вый	бел-ко-вый	не-бел-ко-вый
Типичный серозем													
6	5	2	-	4.7	1.9	5.8	2.1	3.7	1.1	2.2	0.7	1.8	0.6
6	5	2	400	4.0	1.2	4.8	1.8	3.7	1.0	2.9	0.8	2.2	0.8
Луговая почва													
6	5	2	-	3.1	0.9	3.8	1.8	3.9	1.3	2.8	1.0	2.6	0.8
6	5	2	400	2.6	0.7	3.8	1.7	5.5	1.4	3.2	1.2	2.9	0.9

Следовательно, поступление азота удобрений, меченного ^{15}N , зависит от почвенной разности, возраста растений и внесения навоза. В первой половине вегетации поступление ^{15}N в хлопчатник на типичном сероземе идет интенсивнее, чем на луговой почве. В дальнейших фазах наблюдается обратная картина. Навоз, особенно при использовании его в

условиях луговой почвы, в первой половине вегетации хлопчатника способствует снижению поступления азота, в дальнейшем — повышению.

Содержание азота в белковой и небелковой фракциях листьев в начальный период выше на типичном сероземе. С наступлением же фазы цветения наблюдается повышение содержания ^{15}N в белковой и небелковой фракциях листьев хлопчатника, выращенного на луговой почве. После внесения навоза в начальный период развития содержание ^{15}N в белковой и небелковой фракциях листьев снижается в большей мере на луговой почве, чем на типичном сероземе. В фазы цветения, плодообразования и созревания, наоборот, содержание ^{15}N в белковой и небелковой фракциях в листьях хлопчатника, выращенного на луговой почве с внесением навоза, заметно превышает этот показатель у растений на типичном сероземе.

По данным исследований, в период плодообразования процессы распада органических соединений в вегетативных органах преобладают над их синтезом. Продукты распада используются хлопчатником на образование коробочек. Снижение темпов синтеза может объясняться недостатком азота, поступающего в надземные органы через корневую систему. Интенсивность оттока (реутилизации) питательных веществ из вегетативных органов в плодоземельные зависит от предшествующих условий питания, почвенной разности, внесения органических удобрений и других факторов жизни растений. При нормальном питании растений ускорение реутилизации азота и других питательных элементов из вегетативных органов в плодоземельные следует считать положительным явлением, способствующим раннему завершению жизненного цикла (Кудрин, 1941; Ерматов, 1964; Белоусов, 1975; Пирахунов, 1977).

В лизиметрических опытах с помощью ^{15}N изучали содержание азота в разновозрастных коробочках при раздельном и совместном внесении минеральных и органических удобрений (рис. 3) в различных почвенных условиях.

В результате исследования установили, что у хлопчатника на луговой почве содержание азота в коробочках разного возраста выше, чем на типичном сероземе. Внесение навоза способствует большему повышению содержания поглощенного азота разновозрастными коробочками, особенно на луговой почве.

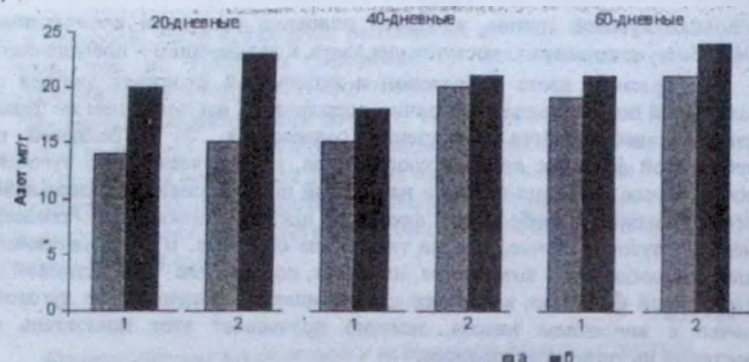


Рис. 3. Влияние навоза на содержание азота удобрений в разновозрастных коробочках.

1 – типичный серозем; 2 – луговая почва; а – $N_{200}P_{150}K_{90}$;
б – $N_{200}P_{150}K_{90}$ + навоз.

Обеспеченность плодоеlementов азотом и его реутилизация характеризуются более высокими показателями на луговой почве, чем на типичном сероземе; навоз способствует ускорению реутилизации азота из вегетативных частей растения к плодоорганам, тем самым повышая обеспеченность их питательными элементами. Эти данные подтверждаются сведениями по распределению азота между вегетативными и генеративными органами в зависимости от почвенных условий и режима питания (рис. 4).

Из приведенных данных следует, что величина общего выноса азота хлопчатником на луговой почве выше, чем на типичном сероземе. Применение органических удобрений способствует увеличению общего биологического выноса азота растением. Более высокое содержание азота в плодоеlementах (хлопка-сырца) также отмечено на луговой почве. Действие органических удобрений независимо от почвенных условий повышает содержание азота в плодоеlementах, что свидетельствует об ускорении реутилизации азота из вегетативных органов в плодоорган.

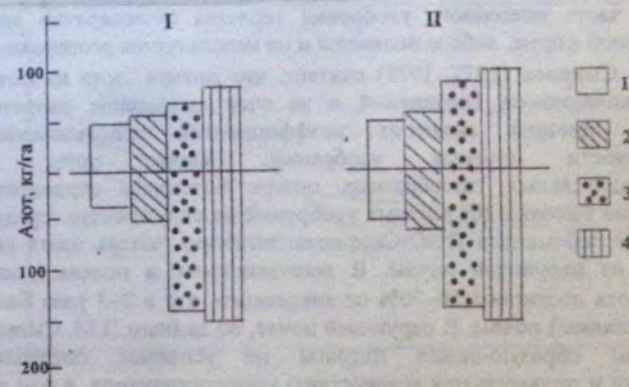


Рис. 4. Распределение азота между вегетативными и генеративными органами хлопчатника при внесении навоза.

I – типичный серозем; II – луговая почва. Столбики сверху – вегетативные органы, снизу – генеративные. 1 – контроль без азота, 2 – контроль без азота с навозом, 3 – $N_{200}P_{150}K_{90}$; 4 – $N_{200}P_{150}K_{90}$ + 20 т/га навоза.

Приведенные данные подтверждают материалы наших исследований по превращению в почве и использованию хлопчатником азота удобрений и могут послужить теоретической основой для рационального применения азотных удобрений с учетом почвенных условий и внесения навоза.

Содержание в почве и лизиметрических водах аммиачного и нитратного азота

Известно, что эффективность азотных удобрений во многом зависит от поведения и превращения их в почве, от доступности их растениям. Основные виды азотных удобрений – мочевина и аммиачная селитра, характеризуются высокой подвижностью в почве. Аммиачный и амидный азот этих удобрений из-за высокой биогенности почва хлопковых районов быстро переходит в нитратную форму. Большая подвижность нитратов в почве приводит к тому, что в летний период поливной водой они вымываются в глубокие слои почв, а после полива восходящими токами влаги поднимаются на поверхность почвы и концентрируются на гребнях рядков, в горизонте 0–5 см. При этом

большая часть внесенного удобрения теряется безвозвратно либо в газообразной форме, либо вымывается и не используется растениями.

П.М. Смирнов (1977, 1979) считает, что потери азота из почвы в форме газообразных соединений и за счет вымывания нитратов — основная причина снижения коэффициентов использования и эффективности азотных удобрений. Кроме того, из-за непроизводительных газообразных потерь возможно отрицательное воздействие высоких доз азотных удобрений на окружающую среду. По данным экспериментов П.М. Смирнова, величина потерь азота увеличивается из парующей почвы. В вегетационных и полевых опытах потери азота достигают 50–70% от внесенного, что в 2–3 раза больше, чем из заселяемой почвы. В парующей почве, по данным П.М. Смирнова, интенсивно образующиеся нитраты не успевают потребляться растениями и подвергаются воздействию микроорганизмов, в том числе и денитрифицирующих.

Согласно результатам исследований, нитратный азот в почве значительно превалировал над аммиачным, что свидетельствовало о высокой нитрифициционной способности изучаемых почв (рис. 5). Как и следовало ожидать, при использовании фосфорно-калийных удобрений содержание в почве аммиачного азота в ранний период развития хлопчатника заметно ниже, чем при внесении азотных удобрений. С наступлением бутонизации количественные показатели аммиачного азота в почве снижаются, что объясняется, с одной стороны, усиленным переходом его в нитратную форму, с другой — повышенным использованием хлопчатником. В начальный период роста и развития (вплоть до бутонизации) динамика содержания в почве нитратов та же, что и аммиака; однако количество их заметно больше. Максимум содержания в почве нитратов приурочен к фазе цветения, затем оно снижается. При использовании под хлопчатник фосфорно-калийных удобрений без азота содержание нитратов в почве ниже, чем при внесении полного удобрения. Однако на луговой почве их все же больше, чем на типичном сероземе. При внесении полного удобрения содержание нитратов на луговой почве выше, чем на типичном сероземе. Остаточного нитратного азота на луговой почве также больше.

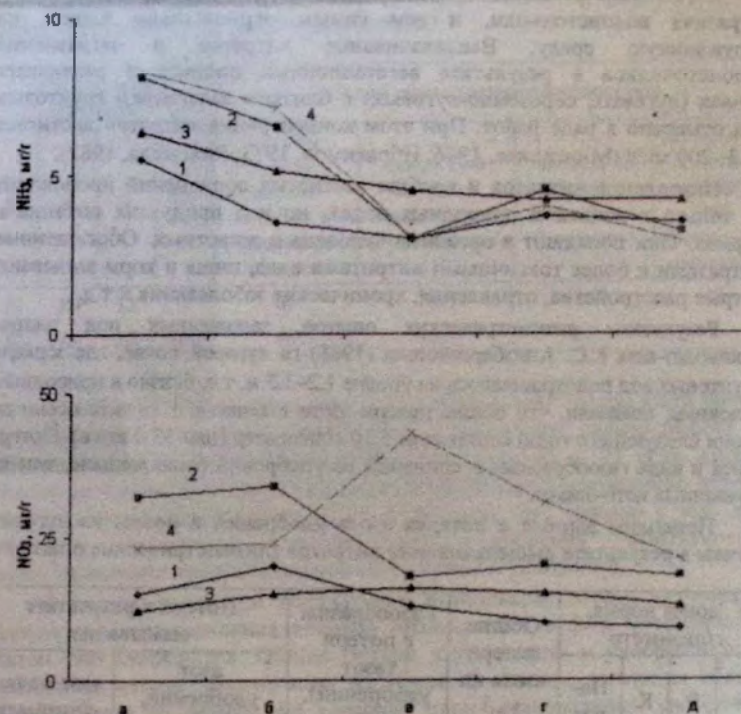


Рис. 5. Содержание в почве нитратов и аммиака. Полевые опыты.

1 — $N_0P_{130}K_{90}$ (типичный серозем), 2 — $N_{200}P_{130}K_{90}$ (типичный серозем), 3 — $N_{200}P_{130}K_{90}$ + навоз (луговая), 4 — $N_{200}P_{130}K_{90}$ (луговая); а — фаза 2–3 настоящих листьев, б — бутонизация, в — цветение, г — плодообразование, д — созревание.

Результаты опытов показали, что в условиях типичного серозема грунтовая вода залегает глубоко и здесь практически не происходит потерь азота (в основном нитратов) в результате выщелачивания. При близком залегании вод нитраты могут вымываться безвозвратно,

загрязняя водоемности, и тем самым отрицательно влияя на окружающую среду. Выщелачивание нитратов и загрязнение водоемностей в результате вегетационных поливов в различных почвах (луговых, сероземно-луговых) с близким залеганием грунтовых вод отмечено в ряде работ. При этом концентрация нитратов достигает 93.3–200 мг/л (Мингалиев, 1966; Ибрагимов, 1973; Рихсиева, 1982).

Накопление нитратов и вообще азотистых соединений происходит не только в почвах и природных водах, но и в продуктах питания и кормах. Они попадают в организм человека и животных. Обогащенные нитратами и более токсичными нитритами вода, пища и корм вызывают острые расстройства, отравления, хронические заболевания и т.д.

Результаты лизиметрических опытов, заложенных под нашим руководством К.С. Аллабергановым (1988) на луговой почве, где зеркало грунтовых вод поддерживалось на уровне 1.2–1.3 м, т.е. близко к природным условиям, показали, что общие потери азота в течение 1 года (с осени до осени следующего года) составляли 5.30 г/лизиметр (или 53.0 кг/га). Потери азота в виде газообразных соединений из удобрений было меньше, чем из почвенных источников.

Приводим данные о потерях азота удобрений и почвы из луговой почвы в результате выщелачивания нитратов (лизиметрические опыты).

Годовая норма, г/лизиметр				Общие потери азота на 1 м ²	Газообразные потери (азот удобрений), г/лизиметр	Потери в результате вымывания	
N	P	K	На-воз			азот удобрений, г/лизиметр	азот почвы, г/лизиметр
20	16	10	–	$\frac{5.30}{53.0}$	2.0	0.70	2.6
20	16	10	800	$\frac{3.68}{36.8}$	1.4	0.48	1.8

Примечание. В числителе г/лизиметр, в знаменателе – кг/га.

Большую часть общих потерь составляет азот почвы. Основные потери азота удобрений происходят в результате выщелачивания нитратов в осенне-зимний период, что снижает содержание азота перед посевом.

По данным другого лизиметрического опыта, величина потери азота из-за вымывания нитратов зависит от времени взятия лизиметрических вод.

Потери нитратов (мг/л) из луговой почвы в результате их выщелачивания (лизиметрические опыты)

Годовая норма, г/лизиметр				Сроки сбора лизиметрических вод			
N	P	K	На-воз	весной после осенне-зимних и весенних осадков	после 1-го полива и подкормки (бутонизация)	после 2-го полива и подкормки (цветение)	после 3-го полива и подкормки (массовое цветение)
20	16	12	–	85	20.1	14	12
20	16	12	400	49	18.3	8.3	8

Из приведенных данных видно, что наибольшие потери азота почвы и вносимого аммофоса происходят в результате осенне-зимних и весенних осадков – 49–85 мг/л нитратов (или 63 и 29 кг/га азота). Внесение навоза (осенью до вспашки) способствует сокращению потерь азота из-за выщелачивания почти в два раза. Это связано с тем, что внесение в почву органического удобрения стимулируют иммобилизацию неорганического азота почвы и удобрений.

В период вегетации хлопчатника наибольшие потери нитратов в результате вегетационных поливов наблюдаются в фазу бутонизации, затем они снижаются. Общие потери азота почвы и удобрений под действием навоза заметно идут на убыль. В течение вегетации общие потери азота из почвы при внесении одних минеральных удобрений составляют 35 кг/га, при сочетании их с навозом – 18.6.

Таким образом, по данным исследований, неорганических соединений азота (нитратов, аммиачного азота) до начала репродуктивного развития на типичном сероземе больше, чем на луговой почве. Применение навоза способствует уменьшению подвижных соединений азота в почве в начале вегетации хлопчатника. С наступлением цветения неорганические соединения азота превалируют на луговой почве. Остаточное количество неиспользованного неорганического азота в конце вегетации на луговой почве такое же, как и на типичном сероземе. В зимне-весенний период нитраты из типичных сероземов под воздействием атмосферных осадков не вымываются. В условиях же луговой почвы с близким залеганием грунтовых вод и хорошим оттоком их потери азота происходят из-за выщелачивания нитратов. Это приводит к обеднению почвы подвижными формами

азота в осенние периоды. Однако благодаря внесению навоза потери азота в результате выщелачивания нитратов снижаются.

В период вегетации отмечается выщелачивание нитратов в грунтовую воду после каждой подкормки, в основном в ранний период (бутонизация), в дальнейшем этот процесс становится менее интенсивным. При внесении навоза во все сроки определения темпы выщелачивания нитратов из почвы снижаются, что связано с большей иммобилизацией азота.

Рост, плодоношение и урожай хлопка-сырца в зависимости от почвенных условий

По результатам исследований в условиях лизиметрических опытов, рост, плодоношение и величина урожая хлопчатника зависят от режима питания.

Приводим данные о росте, плодоношении и урожае хлопка-сырца в зависимости от режима питания (лизиметрические опыты).

Годовая норма, г/лизиметр				Рост главного стебля, см			Число коробочек		Урожай хлопка-сырца, г/лизиметр
N	P	K	На- воз	05.07	01.08	10.09	01.08	10.09	
Типичный серозем									
0	5	2	—	56.0	60.1	62.0	4.1	5.0	49.3
0	5	2	400	58.7	63.2	65.6	4.2	5.3	55.4
6	5	2	—	63.7	76.5	83.4	6.4	9.5	206.4
6	5	2	400	65.0	78.0	84.6	6.5	10.8	230.6
Луговая почва									
0	5	2	—	52.2	58.3	66.0	4.4	5.5	55.8
0	5	2	400	56.0	61.2	67.8	4.8	5.7	63.2
6	5	2	—	60.0	77.1	85.6	6.7	10.3	215.2
6	5	2	400	62.5	78.6	87.5	6.9	11.0	248.1

Из приведенных данных видно, что хлопчатник, выращенный на типичном сероземе с внесением фосфорно-калийных удобрений, отстает в росте главного стебля; при внесении навоза отставание компенсируется. Такие же результаты получены на луговой почве, но здесь рост стебля в начале цветения (05.07) несколько слабее, чем на

типичном сероземе.

В условиях внесения фосфорно-калийных удобрений с навозом и без него стебель растет более интенсивно на луговой почве. Включение в состав фосфорно-калийных удобрений (в сочетании с навозом) азота способствует повышению урожая хлопка-сырца как на луговой почве, так и на типичном сероземе.

Примерно такие же результаты по росту главного стебля, плодоношению и урожаю хлопка-сырца получены в условиях полевых опытов.

Приводим данные о росте, плодоношении и урожае хлопка-сырца в зависимости от почвенных условий и режима питания (полевой опыт).

Годовая норма				Рост главного стебля, см			Число коробочек		Урожай хлопка- сырца, ц/га
N, кг/ га	P, кг/ га	K, кг/ га	На- воз, т/га	01.07	01.08 8	01.10	01.08	01.09	
Типичный серозем									
0	180	90	—	35.2	58.0	70.0	2.4	3.9	18.5
0	180	90	20	36.7	71.2	73.6	2.8	4.5	20.1
200	180	90	—	39.5	76.0	84.2	6.1	9.8	35.7
200	180	90	20	40.0	77.0	86.1	6.5	10.2	36.8
Луговая почва									
0	180	90	—	33.2	69.0	74.0	2.9	4.5	21.5
0	180	90	20	35.7	73.0	76.7	3.4	5.4	22.4
200	180	90	—	39.0	84.0	87.8	6.8	10.7	38.5
200	180	90	20	41.0	86.4	90.5	7.1	11.0	40.8

Из приведенных данных следует, что при внесении фосфорно-калийных удобрений в период цветения-плодообразования ростовые процессы несколько снижаются, в дальнейшем на луговой почве они проходят интенсивнее, чем на типичном сероземе. Применение навоза на фоне фосфорно-калийных удобрений несколько усиливает ростовые процессы, накопление плодоеlementов и урожай хлопка-сырца в условиях изучаемых почвенных условий. Внесение полного удобрения (особенно с навозом) активизирует ростовые процессы и накопление

коробочек у хлопчатника. При этом рост стебля, накопление плод-элементов и урожай хлопка-сырца на луговой почве характеризуются более высокими показателями, чем на типичном сероземе.

Мы определяли влияние навоза на технологические свойства хлопкового волокна.

Влияние навоза на технологические свойства хлопкового волокна
(полевые опыты)

Годовая норма				Длина воло- на, мм	Выход воло- на, %	Разрыв- ная на- грузка	Линейная плотность метричес- кий номер	Зре- лость воло- на	Разрыв- ная на- грузка, тс/тисс
N, кг/га	P, кг/га	K, кг/га	На- воз, т/га						
Типичный серозем									
20 0	180	90	—	33.8	36.0	4.6	191 (5228)	2.0	24.0
20 0	180	90	20	33.4	37.0	4.7	199 (5030)	2.0	25.0
Луговая почва									
20 0	180	90	—	34.6	37.3	4.6	189 (5300)	2.0	23.0
20 0	180	90	20	37.3	38.0	4.7	193 (5180)	2.0	23.6

Из приведенных данных видно, что на луговой почве длина и выход волокна больше, чем на типичном сероземе. По крепости, линейности, плотности волокна существенной разницы в зависимости от почвенных условий не наблюдалось. Разрывная нагрузка характеризовалась более высокими показателями у хлопчатника на типичном сероземе. При сочетании навоза с азотом повышались выход и крепость волокна; остальные показатели (разрывная нагрузка) существенно не менялись.

Глава 4. БАЛАНС И ПРЕВРАЩЕНИЕ АЗОТА УДОБРЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ ЕГО ВНЕСЕНИЯ И ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЙ

Использование хлопчатником и превращение азота удобрений в почве

Исследования по превращению азота удобрений в почве и использованию его хлопчатником в зависимости от сроков внесения азотных удобрений на луговой почве и типичном сероземе с применением ^{15}N недостаточны (Рыжов и др., 1979). Согласно результатам исследований, величина использования азота удобрений зависит от почвенных условий и сроков его внесения (табл. 6).

Таблица 6

Использование хлопчатником и превращение азота удобрений в типичном сероземе и луговой почве при различных сроках внесения азотных удобрений. Лизиметрические опыты (конец вегетации).

Вариант	Типичный серозем			Луговая почва		
	Использовано хлопчатником	Осталось в почве	Неучтенные потери	Использовано хлопчатником	Осталось в почве	Неучтенные потери
Вся годовая норма азота вносилась в подкормки	$\frac{40.4}{2424}$	$\frac{22.9}{1374}$	$\frac{36.7}{2202}$	$\frac{41.8}{2508}$	$\frac{28.5}{1710}$	$\frac{29.7}{1782}$
20% азота вносилось перед посевом, остальная часть — в подкормки	$\frac{43.8}{2628}$	$\frac{25.6}{1536}$	$\frac{30.6}{1836}$	$\frac{44.8}{2688}$	$\frac{28.6}{1716}$	$\frac{26.6}{1596}$
33% азота вносилось перед посевом, остальная часть — в подкормки	$\frac{46.4}{2784}$	$\frac{23.6}{1416}$	$\frac{30.0}{1800}$	$\frac{48.4}{2904}$	$\frac{31.2}{1872}$	$\frac{20.4}{1224}$

Примечание. В числителе мг, в знаменателе % от внесенного азота удобрений. Годовая норма удобрений (г/лизиметр): N = 6, P = 5, K = 2.

Независимо от почвенной разности коэффициент использования азота удобрений хлопчатником (конец вегетации) на луговой почве был выше, чем на типичном сероземе. Сроки внесения удобрений оказывали заметное влияние на величину потребляемого растением азота удобрений. При внесении всей годовой нормы азота равными частями в фазы 2–3 настоящих листьев, бутонизации и цветения хлопчатник на типичном сероземе использовал 40.4% азота, на луговой почве – 41.8. При внесении 20% годовой нормы азота перед посевом, а остальной части – в фазы бутонизации и цветения величина используемого растениями азота увеличивалась с 40.4 до 43.8% (на типичном сероземе) и с 41.8 до 44.8% (на луговой почве). Высокие показатели усвоения хлопчатником азота удобрений наблюдались при внесении 33% годовой нормы азота перед посевом, остальной части – в фазы бутонизации и цветения. В этом случае величина использования азота удобрений растением на типичном сероземе составляла 46.4%, на луговой почве – 48.4.

Из данных табл. 6 видно, что на луговой почве количество оставшегося азота больше, чем на типичном сероземе. Тенденция к увеличению оставшегося азота удобрений наблюдается при внесении 20 и 33% перед посевом, остальной части – в бутонизацию и цветение хлопчатника. Высокое содержание азота удобрений на луговой почве по отношению к типичному серозему связано с интенсивной иммобилизацией его в почве. При использовании азотных удобрений в период вегетации хлопчатника, начиная с фазы 2–3 настоящих листьев, непродуцированные потери азота удобрений на типичном сероземе составляли 36.7%, на луговой почве – 29.7. При внесении 20 и 33% азота перед посевом и остальной части в период вегетации хлопчатника потери азота удобрений независимо от изучаемой почвенной разности снижались по сравнению с внесением всей годовой нормы азота в вегетационные подкормки. При внесении 33% азота удобрений перед посевом, остальной части в подкормки потери азота удобрений из луговой почвы резко снижались по отношению к типичному серозему. Это свидетельствует о взаимосвязи потери азота с иммобилизацией его в почве, т.е. с повышением иммобилизации азота снижаются непродуцированные потери его из почвы.

Мы изучали содержание органического и неорганического азота удобрений в конце вегетации хлопчатника.

Ниже приводятся данные о содержании органического и неорганического азота (мг/лизиметр) в почвах в зависимости от сроков его внесения. Лизиметрические опыты.

Сроки внесения азотных удобрений	Типичный серозем			Луговая почва		
	Об- щий	Органи- ческий	Неор- гани- ческий	Об- щий	Органи- ческий	Неор- гани- ческий
Вся годовая норма вносилась в подкормки	1374	984	390	1710	1320	389
20% азота вносилось перед посевом, остальная часть – в подкормки	1536	1201	335	1716	1395	321
33% азота вносилось перед посевом, остальная часть – в подкормки	1416	1106	310	1872	1517	355

Примечание. Годовая норма вносимых удобрений (г/лизиметр), N = 6, P = 5, K = 2.

Из приведенных данных видно, что количественные показатели органического азота на луговой почве выше, чем на типичном сероземе. По содержанию неорганического (неиспользованного растением) азота удобрений изучаемые почвы существенного не различались. При внесении 20–33% азота перед посевом, остальной части – в фазы бутонизации и цветения содержание неорганического азота снижалось, как на луговой почве, так и на типичном сероземе. Такой срок внесения азотных удобрений способствовал повышению содержания (иммобилизации) органического азота в изучаемых почвенных условиях.

Таким образом, можно сделать вывод, что регулированием сроков внесения азотных удобрений под хлопчатник на типичном сероземе и луговой почве можно повысить коэффициент полезного действия азота на растение и снизить непродуцированные потери его из почвы.

С помощью изотопного метода оказалось возможным определить долю участия азота удобрения в формировании урожая сельскохозяйственных растений, истинные размеры усвоения растением

азота из вносимых удобрений и почвенных источников. Применение ^{15}N раскрывает широкие возможности для поиска приемов эффективного использования как природного, так и промышленного азота (Кореньков, 1976; Смирнов, 1977). Согласно результатам исследований, общий биологический вынос азота хлопчатником на луговой почве был выше, чем на типичном сероземе (табл. 7).

Общий биологический вынос азота хлопчатником независимо от почвенных условий увеличивался при внесении перед посевом 20% (еще больше при внесении 33%) удобрений, остальной части — в фазы бутонизации и цветения. Содержание азота удобрений и почвы в общем выносе зависит от почвенных разностей и сроков его внесения. Наиболее высокое содержание азота удобрений в общем его выносе на типичном сероземе наблюдалось при внесении 20% азота перед посевом, остальной части — в подкормки; на луговой почве — 33% перед посевом, остальной части — в подкормки. Содержание азота почвы в общем выносе хлопчатника при внесении всей годовой нормы азота в подкормки или 33% ее перед посевом на обоих типах почв существенно не менялось.

Таблица 7

Использование хлопчатником азота из удобрений и почвы в зависимости от почвенной разности и режима азотного питания. Лизиметрический опыт.

Источник азота	1-й вариант		2-й вариант		3-й вариант	
	типич- ный серо- зем	луго- вая почва	типич- ный серо- зем	луго- вая почва	типич- ный серо- зем	луго- вая почва
Общий вынос азота хлопчатником, мг/лизиметр	8200	8900	8630	9310	8900	9810
Азот, поступивший из удобрений, мг/лизиметр	2400	2628	2784	2508	2688	2904
% от общего выноса хлопчатником	29.3	30.0	32.3	26.8	30.0	29.9
Азот, поступивший из почвы, мг/лизиметр	5820	6272	5846	6802	6212	6906

% от общего выноса хлопчатником	70.7	70.0	67.7	73.2	70.0	70.1
Вынос азота растением в неудо- бренном азотом варианте, мг/лизиметр	2800	3500	2800	3500	2800	3500
Дополнительная мобилизация почвенного азота, мг/лизиметр	3000	2772	3046	3302	3302	3406

Примечание. В 1-м варианте вносили всю годовую норму азота в период вегетации; во 2-ом — 20% азота перед посевом, остальную часть — в фазы бутонизации и цветения; в 3-м — 33% азота перед посевом, остальную часть — в фазы бутонизации и цветения.

При внесении 20% азота перед посевом, остальной части — в подкормки наблюдалась тенденция к снижению содержания азота почвы в общем его выносе растением. Все же количественные показатели использования хлопчатником азота и на типичном сероземе и на луговой почве оставались наиболее высокими при внесении 20–33% азота перед посевом, остальной части — в подкормки.

Необходимо отметить, что использование азота растением из луговой почвы характеризовалось более высокими показателями, чем из типичного серозема. Следовательно, выращивание хлопчатника на плодородной луговой почве обеспечивает максимальное по сравнению с типичным сероземом потребление растениями азота удобрений и из почвенных ресурсов.

Применение на типичном сероземе всей годовой нормы азота в виде вегетационных подкормок уменьшает величину дополнительной мобилизации азота из почвенных источников. При внесении 20–33% годовой нормы азота перед посевом, остальной части — в фазы бутонизации и цветения дополнительная мобилизация азота из почвенных источников несколько повышается. На луговой почве величина дополнительной мобилизации азота из почвенных источников при внесении 33% перед посевом, остальной части — в фазы бутонизации и цветения увеличивается по сравнению с внесением всей годовой нормы азота в вегетационные подкормки и 20% ее перед

посевом.

Из сказанного выше следует, что дополнительная мобилизация азота зависит от почвенных условий и сроков внесения азотных удобрений. На типичном сероземе при внесении всей годовой нормы азота в вегетационные подкормки дополнительное использование хлопчатником азота из почвы уменьшается. На луговой почве этот показатель ниже, чем на типичном сероземе. При внесении 20% азота годовой нормы перед посевом, остальной части — в фазы бутонизации и цветения величина дополнительной мобилизации азота из луговой почвы меньше, чем из типичного серозема. На луговой почве при внесении 20–33% перед посевом, остальной части — в подкормки показатели дополнительной мобилизации азота из почвенных запасов повышаются, при использовании же всей годовой его нормы в вегетационные подкормки снижаются. Аналогичная закономерность, но в менее выраженной форме наблюдается и в условиях типичного серозема.

Поступление и распределение азота в органах хлопчатника

Согласно результатам исследований, содержание валового азота в листьях хлопчатника зависит от почвенных условий и сроков внесения азотных удобрений. В листьях растений, выращенных без азота, с внесением фосфорно-калийных удобрений, отмечено низкое содержание валового азота (рис. 6).

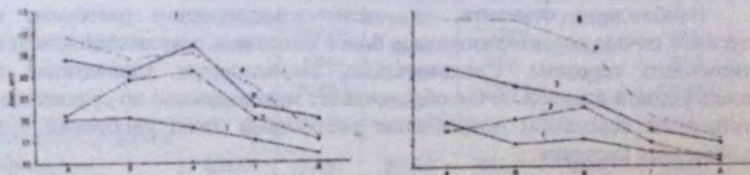


Рис. 6. Содержание валового азота в листьях хлопчатника в зависимости от различных сроков внесения азотных удобрений. I — типичный серозем, II — луговая почва, 1 — $N_0P_3K_2$; 2 — $N_6P_3K_2$, азот вносили в период вегетации; 3 — $N_2P_3K_2$, 20% азота вносили перед посевом, остальное в период вегетации; 4 — $N_2P_3K_2$, 33% азота вносили перед посевом, остальное в период вегетации; а — фаза 2–3 настоящих листьев, б — бутонизация, в — цветение, г — плодообразование, д — созревание.

В начальный период развития относительное содержание азота в листьях этого варианта на луговой почве меньше, чем на типичном сероземе. В дальнейшем фазах содержание валового азота в листьях хлопчатника на луговой почве повышается, на типичном сероземе снижается, что связано с усилением минерализации иммобилизованного азота. Внесение азотных удобрений сопровождается увеличением количества азота в листья. Высокое содержание азота в листьях характерно для хлопчатника, под который 33% азота вносили перед посевом, остальную часть — в подкормки. Содержание азота в листьях хлопчатника, выращенного на луговой почве, в период плодообразования снижается более интенсивно, чем на типичном сероземе, что свидетельствует об ускорении реутилизации его в плодоорганы.

Интерес представляют данные о поступлении азота удобрений в листья в зависимости от почвенных условий (рис. 7).

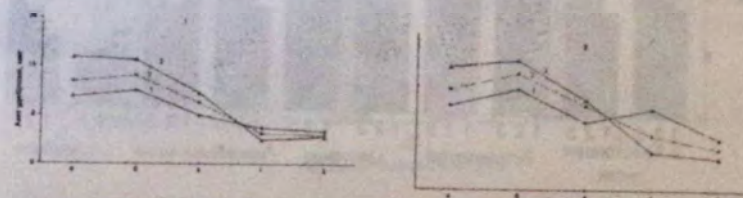


Рис. 7. Содержание азота удобрений в листьях хлопчатника в зависимости от сроков его внесения на различных по плодородию почвах. Лизиметрические опыты.

I — типичный серозем, II — луговая почва, 1 — всю годовую норму азота вносили в подкормки, 2 — 20% азота вносили перед посевом, 3 — 33% азота вносили перед посевом, остальное — в подкормки; а — фаза 2–3 настоящих листьев, б — бутонизация, в — цветение, г — плодообразование, д — созревание.

Из них следует, что поглощение азота удобрений хлопчатником в условиях луговой почвы характеризуется более высокими показателями, чем на типичном сероземе. Характерно, что на луговой почве при внесении 20% (и особенно 33%) годовой нормы азота перед посевом, а остальной части — в период вегетации поглощение азота листьями в фазы 2–3 настоящих листьев и бутонизации происходит более усиленно, чем на типичном сероземе. С наступлением фазы цветения хлопчатник на

типичном сероземе поглощает азота больше, чем на луговой почве. Величина поступления коробочек характеризуется более высокими показателями на луговой почве, чем на типичном сероземе.

При изучении соединений азота удобрений в листьях хлопчатника установили, что содержание белкового и небелкового азота в них зависит от возраста растений, сроков внесения удобрений и почвенных условий (рис. 8).

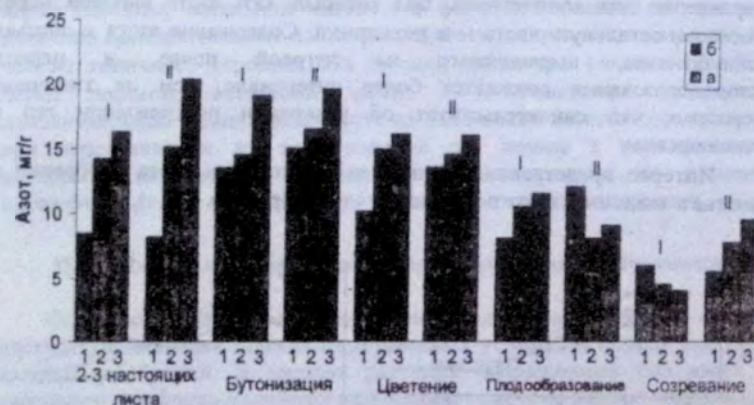


Рис. 8. Влияние сроков внесения азотных удобрений на содержание соединений азота удобрений в листьях хлопчатника в различных по плодородию почвах, мг/г. Дзизиметрические опыты.

1 — типичный серозем, 2 — луговая почва, 1 — всю годовую норму азотных удобрений вносили в подкормки; 2 — 20% вносили перед посевом, остальную часть — в подкормки; 3 — 33% азота вносили перед посевом, остальную — в подкормки; а — белковый азот, б — небелковый.

Высокое содержание белкового и небелкового азота удобрений в листьях приурочено к фазам бутонизации-цветения, в дальнейшем оно снижается, что объясняется их оттоком из листьев в плодозлементы хлопчатника. Количественные показатели содержания белкового и небелкового азота в листьях в начале вегетации на луговой почве ниже, чем на типичном сероземе, однако с наступлением бутонизации они повышаются.

Высокое содержание белкового и небелкового азота в тканях листьев характерно для вариантов с внесением 20 и 33% азота перед

посевом, остальной части — в период бутонизации и цветения (равными частями). В таких условиях питания поглощение растением азота и его превращение в более сложные азотистые соединения на луговой почве происходит интенсивнее, чем на типичном сероземе. Это подтверждает мнение, что в ранний период развития на луговой почве потребности хлопчатника в азоте выше.

На луговой почве в 20-40-дневные коробочки ^{15}N поступает больше, а в 60-дневные несколько меньше, чем на типичном сероземе (рис. 9).

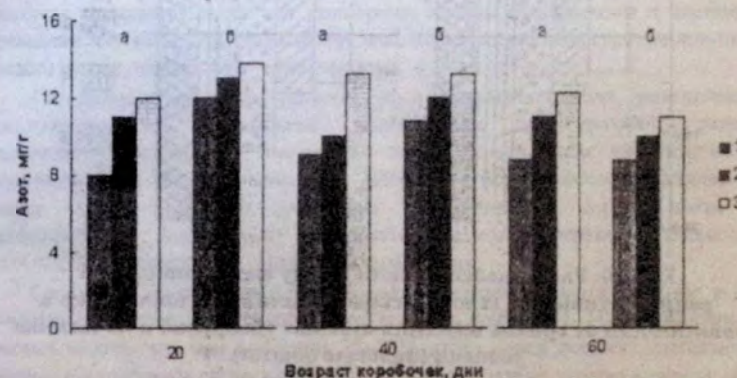


Рис. 9. Поглощение плодозлементами азота удобрений в зависимости от сроков их внесения и почвенных условий.

1 — всю годовую норму азота вносили в подкормки, 2 — 20% азота вносили перед посевом, остальную часть — в подкормки; 3 — 33% азота вносили перед посевом, остальную часть — в подкормки; а — типичный серозем, б — луговая почва.

Во все сроки определения азота удобрений в плодозлементы поступает больше при внесении 20 и 33% азота перед посевом, остальной части — в подкормки. Количественные показатели поступления азота удобрений в 20-40-дневные коробочки хлопчатника в условиях луговой почвы выше, чем на типичном сероземе.

Интерес представляют данные о потреблении азота хлопчатником и распределении его между вегетативными и репродуктивными органами. Из рис. 10 следует, что по мере увеличения предпосевной нормы азота удобрений (от 20 до 33%, остальная часть вносится в подкормки) повышается вклад

хлопчатником азота в фазы бутонизации, цветения. Эти данные свидетельствуют о том, что при внесении 20–33% азота перед посевом (остальная часть – в подкормки) отток азота из вегетативных органов в плодородные ускоряется, особенно в условиях луговой почвы.

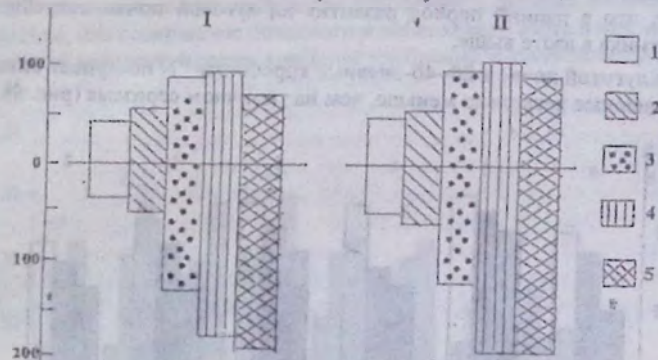


Рис. 10. Распределение азота между вегетативными и репродуктивными (хлопок-сырец) органами хлопчатника в зависимости от сроков внесения азотных удобрений и почвенных условий (полевые опыты).

I – типичный серозем; II – луговая почва. Столбики сверху – вегетативные органы, снизу – генеративные. 1 – контроль без азота; 2 – контроль без азота с навозом; 3 – вся годовая норма азота вносилась в подкормки; 4 – 20% азота – перед посевом, остальная часть – в подкормки; 5 – 33% азота – перед посевом, остальная часть – в подкормки.

Рост, плодоношение и урожай хлопко-сырца

По результатам исследований, проведенных в условиях лизиметрических опытов, установлено, что интенсивность ростовых процессов, плодоношение и величина урожая хлопко-сырца зависит от сроков внесения азотных удобрений и почвенных условий (табл. 8).

При внесении фосфорно-калийных удобрений без азота ростовые процессы, плодоношение хлопко-сырца существенно снижаются. Исключение азота особенно отрицательно влияет на ростовые процессы и урожай хлопчатника на типичном сероземе. Внесение азота на фоне

фосфорно-калийных удобрений независимо от почвенных условий усиливает ростовые процессы, увеличивает количество коробочек на кусте и урожай хлопко-сырца.

Процесс роста, плодоношения и накопления урожая хлопко-сырца на луговой почве характеризуются более высокими показателями, чем на типичном сероземе. При этом сроки внесения азотных удобрений оказывают большое влияние на ростовые процессы, плодоношение и урожай хлопко-сырца. Наиболее эффективно внесение 33% годовой нормы азота перед посевом, остальной части – в подкормки в фазы бутонизации и цветения (равными частями). При этом на луговой почве результаты (урожай хлопко-сырца) лучше, чем на типичном сероземе.

По данным полевых опытов, рост главного стебля, накопление плодородных элементов и урожай хлопчатника на луговой почве характеризуются более высокими показателями, чем на типичном сероземе (табл. 9). При внесении 20% азота перед посевом, остальной части – в подкормки (особенно всей годовой нормы азота в вегетационные подкормки) снижаются темпы ростовых процессов, накопление коробочек и урожай хлопко-сырца.

Сроки внесения азотных удобрений оказывали большое влияние и на качественные показатели хлопкового волокна (табл. 10). Из приведенных данных видно, что при внесении 20–33% азота перед посевом, остальной части – в подкормки несколько повышаются показатели выхода волокна, его длины, крепости и зрелости. Причем на луговой почве они выше, чем на типичном сероземе.

Таблица 8
Влияние сроков внесения азотных удобрений и уровня плодородия почвы на рост, плодоношение и урожай хлопчатника (глинистические опыты)

Годовая норма, г/га фосфор калий			Сроки внесения азотных удобрений	Рост главного стебля, см				Количество коробочек, шт.			Урожай хлопка-сырца, г/га
N	P	K		01.06	01.07	01.08	01.09	01.07	01.08	01.09	
Типичный серозем											
0	5	2	—	16.0	34.0	36.0	38.5	2.05	2.4	3.2	49.1
6	5	2	Вся годовая норма азота — в период вегетации	20.9	48.3	77.9	81.6	3.8	6.4	8.2	182.5
6	5	2	20% азота — перед посевом, остальная часть — в период вегетации	23.5	49.5	75.5	84.6	4.1	6.8	9.1	211.6
6	5	2	33% азота — перед посевом, остальная часть — в период вегетации	26.1	52.1	82.3	85.4	4.5	7.4	9.8	226.1
Луговая почва											
0	5	2	—	18.4	36.4	38.0	40.1	2.3	3.2	3.4	57.5
6	5	2	Вся годовая норма азота — в период вегетации	22.3	50.3	79.4	82.7	3.8	6.6	8.8	179.5
6	5	2	20% азота — перед посевом, остальная часть — в период вегетации	23.6	51.1	82.2	85.7	4.3	7.1	9.5	217.2
6	5	2	33% азота — перед посевом, остальная часть — в период вегетации	25.3	54.3	83.8	85.2	4.8	8.0	10.2	238.2

Таблица 9

Рост, развитие и урожай хлопчатника, выращенного на типичном сероземе и луговой почве, в зависимости от сроков внесения азотных удобрений. Полевые опыты.

Сроки внесения азотных удобрений.	Годовая норма, кг/га			Высота главного стебля, см				Количество коробочек на кусте, шт.		Урожай хлопка-сырца, ц/га
	N	P	K	01.06	01.07	01.08	01.09	01.08	01.09	
Типичный серозем										
—	0	180	90	33,8	46,8	42,1	43,2	3,8	4,1	16,3
Вся годовая норма азота вносилась в подкормки	250	180	90	47,2	73,5	82,5	85,2	7,2	8,9	35,6
20% азота — перед посевом, остальная часть — в подкормки	250	180	90	50,1	72,0	86,4	88,9	7,2	9,3	38,1
33% азота — перед посевом, остальная часть — в подкормки	250	180	90	51,6	76,5	83,3	91,0	7,7	10,0	41,2
Луговая почва										
—	0	180	90	35,4	44,5	45,2	46,8	3,9	4,4	19,0
Вся годовая норма азота вносилась в подкормки	250	180	90	48,3	76,5	83,8	85,2	7,5	9,0	36,3
20% азота — перед посевом, остальная часть — в подкормки	250	180	90	51,5	80,3	86,7	89,2	8,4	10,8	39,6
33% азота — перед посевом, остальная часть — в подкормки	250	180	90	53,7	80,5	89,8	90,4	9,1	11,5	42,9

Таблица 10

Влияние сроков внесения азотных удобрений на технологические свойства волокна. Полевые опыты.

Сроки внесения азотных удобрений	Выход волокна, %	Длина волокна, мм	Метрический номер	Крепость волокна	Зрелость волокна
Типичный серозем					
Вся годовая норма азота вносилась в подкормки	34.3	32.5	5910	4.1	1.9
20% азота – перед посевом, остальная часть – в подкормки	34.7	33.0	5815	4.4	2.0
33% азота – перед посевом, остальная часть – в подкормки	35.0	33.2	5780	4.5	2.0
Луговая почва					
Вся годовая норма азота вносилась в подкормки	34.5	33.2	5780	4.5	1.9
20% азота – перед посевом, остальная часть – в подкормки	34.6	33.5	5670	4.8	2.0
33% азота – перед посевом, остальная часть – в подкормки	34.8	34.0	5680	4.8	2.0

Примечание. Годовая норма удобрений, кг/га: N = 250, P = 180, K = 90.

Глава 5. БАЛАНС И ПРЕВРАЩЕНИЕ АЗОТА МОЧЕВИНЫ И МЕДЛЕННО-ДЕЙСТВУЮЩЕГО КАРБАМИДФОРМАЛЬДЕГИДНОГО УДОБРЕНИЯ (КФУ) И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ХЛОПЧАТНИКА

Увеличение производства сельскохозяйственной продукции и повышение ее качества тесно связано с повышением плодородия почвы. Согласно результатам исследований последних лет, интенсивное применение минеральных удобрений, химических средств защиты растений под сельскохозяйственные культуры и использование различных систем обработки почвы способствовало активизированию микробиологических процессов и ускорению круговорота питательных элементов. В этих условиях повышалась и продуктивность сельскохозяйственных растений при одновременном уменьшении количества перегнойных веществ в почве вследствие сокращения процесса гумификации растительных остатков и органических удобрений. Это привело к снижению защитной функции гумусовых веществ как адсорбента токсических соединений и поступающих в почву элементов минерального питания, что явилось ограничивающим фактором повышения урожая сельскохозяйственных культур и способствовало снижению эффективности минеральных удобрений, особенно азотных (Кондратьев, 1987; Заягинцев, 1987; Андреюк и др., 1988; Туев, 1989).

Интенсификация биологических процессов приводила не только к разрушению органического вещества почвы, но и к быстрому превращению амидных и аммиачных форм азотных удобрений в нитраты с последующим их вымыванием в грунтовые воды; развитию денитрификации, которая способствовала увеличению газообразных непроизводительных потерь азота из почвы и удобрений и загрязнению ими окружающей природной среды (Кудяров с сотр., 1984; 1985; 1988; Wenter, Gutser, Hellekes et al., 1987; Минеев и др., 1988). Все это способствовало уменьшению коэффициента полезного действия азотных удобрений на сельскохозяйственные растения и снижению их эффективности.

По данным Me Cune, Standel (1982), А.В. Петербургского (1982), Ф.В. Янишевского (1984), коэффициент использования азота минеральных удобрений при орошении в мировом земледелии не превышает 35–50%. От 24 до 40% азота удобрений и более составляют газообразные и другие виды потерь. В составе газовой смеси очень

большой процент приходится на элементарный азот и закись азота, что ведет к постепенному разрушению и падению концентрации озона, играющего защитную роль от жесткого ультрафиолетового облучения (Трепачев, 1985).

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе хлопчатника, требует увеличения доз азотных удобрений. По подсчетам специалистов, около 50–60% прибавки урожая получают за счет применения азотных удобрений. Однако с увеличением норм внесения азотных удобрений эффективность их усиленно снижается, а возрастающее количество неиспользованного азота представляет потенциальную угрозу для окружающей среды, превращаясь в фактор загрязнения гидро- и тропосферы (Кудеяров, 1985; Вуфе, 1986; Минеев, 1988).

По сообщению В. Ковды (1975), в грунтовых водах выщелоченные нитраты обнаружены на глубине 10 м. В.Н. Кудеяров и др. (1984) считают, что систематическое и массированное применение азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры может вызвать нарушения в биохимическом цикле питательных веществ в природной среде. Такие нарушения, прежде всего, распространены в регионах интенсивного ведения сельскохозяйственного производства – в хлопкосеющих, свеклосеющих, овощеводческих и других зонах земледелия.

В экспериментах Н.А. Никитишина, И.П. Неретина, И.А. Никитишина, Л.М. Терехова, Н.И. Шабнова (1981) на серолесной почве Калужской области при ежегодном внесении под зерновые, картофель 120–180 кг/га азота обнаружено выщелачивание нитратов на глубину 3 м.

В работе О.К. Жуковой и Н.И. Калининной (1975), выполненной на темных сероземах в условиях богары, в слое почвогрунта 3–12 м было обнаружено около 480 кг/га нитратов. В опытах З.А. Мингалиевой (1966), Г.А. Ибрагимова (1973) в грунтовых и коллекторных водах засоленных почв Ферганской области концентрация нитратов составляла от 93,5–99,4 до 150–200 мг/л.

Резюмируя приведенные выше данные, следует отметить, что применение высоких норм азотных удобрений, превышающих потребность растений для формирования планируемых урожаев, сопровождается значительным накоплением азотистых веществ в почве, водонитрикатах, кормовых продуктах питания. Кроме того, в результате денитрификации и некоторых других химических реакций происходит огромные потери азота в виде неполных его окислов, которые, проникая

в атмосферу, загрязняют окружающую природную среду.

В связи со сказанным, разработка научных основ повышения полезного действия азота на хлопчатник и другие сельскохозяйственные растения, снижения загрязнения окружающей среды вредными для организма остатками туков представляет большое научное, и практическое значение. Перспективным приемом повышения эффективности азотных удобрений является создание новых форм и улучшение существующих видов, способствующих стабилизации азота внесенных удобрений. Эффективность азотных удобрений во многом зависит от превращения их в почве и от доступности растениям. Известно, что аммиачная селитра и мочевины как основные формы азотных удобрений, используемые в хлопководстве, характеризуются высокой подвижностью в почве. Аммиачный и амидный азот этих удобрений из-за высокой биогенности почв Средней Азии быстро переходит в нитратную форму. Большая подвижность нитратов в почве приводит к тому, что в летний период под влиянием поливной воды они вымываются в глубокие слои, а после полива восходящими токами влаги поднимаются на поверхность и концентрируются на гребнях рядков в горизонте 0–5 см, что снижает эффективность азотных удобрений.

Кроме того, большая часть внесенного азота удобрений терится безвозвратно в газообразной форме и, следовательно, не используется растениями. Потери азота из почвы и вносимых удобрений могут происходить в результате вымывания атмосферными осадками, оросительными водами, чаще всего в формах нитратов и нитритов.

Одним из методов повышения коэффициента полезного действия азотных удобрений на хлопчатник и снижения непроизводительных потерь его является применение медленнодействующих удобрений.

А.Л. Курсанов и др. (1983) писал, что одно из основных направлений агрохимической и физиологической науки – поиск новых форм удобрений, из которых азот освобождался бы постепенно, хорошо поглощался корнями и не загрязнял окружающую среду. Кроме того, эти удобрения должны обладать мелнирирующим эффектом, помогая растениям получать влагу из почвы за счет снижения осмотического давления ионного раствора и уменьшения отравляющего действия токсических почвенных солей.

Таковыми удобрениями могут быть азотно-фосфорные сложные полимерные удобрения (СПУ), мочевиноформальдегидные удобрения (МФУ) и др., способствующие улучшению агрохимических показателей засоленных и незасоленных почв. Особенностью этих удобрений является то, что они обладают пролонгирующим свойством, т.е.

способствует обеспечению растений питательными элементами равномерно, на протяжении всего вегетационного периода, в связи с чем увеличиваются количество используемого растением азота удобрений и срок действия. Так, если стандартные туки исчерпывают себя в основном в течение года, то эти удобрения используются растением в течение двух-трех лет. Они труднее вымываются из почвы и меньше загрязняют окружающую среду.

В связи с отмеченным, применение медленнодействующих удобрений для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и уменьшения загрязнения окружающей среды и эрозийности вредными остатками туков — один из основных вопросов агрохимической науки.

Научка медленнодействующее удобрение в лабораторных условиях, Toschi et al. (1986) показал, что за 120 дней их компостирования при комнатной температуре и влажности 80% отмечалось наличие аммиачного и нитратного азота. Средняя скорость образования минерального азота для мочевины составляла 93 мг/кг почвы, мочевины с серным покрытием — 24, уреформы — 31. El. Kherbawy et al. (1987) описали свойства разных видов медленнодействующих удобрений, скорость растворения которых в почве зависит от pH, температуры, влажности почвы, размера гранул и состава.

В бывшем СССР впервые опытные образцы мочевиноформальдегидных удобрений были синтезированы в лаборатории химической технологии МГУ им. М.В. Ломоносова (Волфкова, 1960). В 1959 г. в Государственном институте азотной промышленности была разработана технология получения мочевиноформальдегидных удобрений, водных растворов мочевины и формалина в присутствии разбавленных растворов минеральных кислот с последующей нейтрализацией реакционной суспензии мелом (Фридман, Клякка, 1961; Фридман, Свешникова и др., 1963).

В дальнейшем центр исследований по технологии производства мочевиноформальдегидных удобрений переместился в Чирчикский филиал ГИАП (Бутов, 1979), где было обосновано получение МФУ по трем непрерывным технологическим схемам: из разбавленных растворов 99,6% плава и из твердого карбамида. Мочевиноформальдегидное удобрение должно соответствовать содержанию азота, а том числе общего и воднорастворимого, индексу усвояемости, выраженному в процентах к количеству воднорастворимого азота, который нитрифицируется в течение 6 мес. На скорость нитрификации МФУ большое влияние оказывают как технологические свойства самого удобрения, так и физико-химические

свойства почвы (Bassaraba, 1964; Горобчук, 1970).

Засоление почвы отрицательно влияет на нитрификацию МФУ. По данным А.В. Горобчук (1970), с увеличением концентрации хлоридов в почве нитрификация МФУ снижается.

Г. Рабинович (1971), Н.Б. Макаров (1975), Д.А. Коренков (1976) и др. в условиях вегетационных и полевых опытов изучали эффективность МФУ. Результаты исследований этих авторов показали перспективность использования МФУ под кукурузу, морковь, свеклу и другие культуры.

А.С. Каплунова (1982) в течение 2 мес. в условиях лабораторного опыта изучала разложение азота медленнодействующего удобрения на фоне постоянного увлажнения. Показано, что азот из медленнодействующего удобрения переходит в нитратную форму в значительно меньшем количестве, чем из хорошо растворимых удобрений. Скорость накопления нитратов в варианте с мочевиноформальдегидными и азотными полимерными удобрениями на основе мочевиноформальдегидов стабильна в течение всего опыта.

В вегетационных опытах на песчаной почве с pH 7.8, содержанием карбонатов 1.1%, общего азота — 69 мг/кг почвы, при последовательном выращивании ячменя, сорго и пшеницы сравнивали эффективность азота мочевины, аммиачной селитры и мочевиноформальдегидных удобрений с различным содержанием водорастворимого азота (соответственно 30, 29, 24 и 22%) и индексом растворимости (71, 60, 61 и 55%); оценивали баланс азота удобрений. По данным El. Kherbawy et al. (1987), наибольшим положительным действием на накопление сухой массы растений обладало мочевиноформальдегидное удобрение с содержанием водорастворимого азота 29%. Использование растениями азота аммиачной селитры, МФУ = 2, МФУ = 1 и мочевины составляло соответственно 66, 58, 43 и 32%. Потери из МФУ = 1 равнялись 11%, из МФУ = 2 — 13, из МФУ = 4 — 3.14, из мочевины — 45, из аммиачной селитры — 30. Об уменьшении газообразных потерь азота при внесении медленнодействующих удобрений указано в исследованиях W. Skirde (1984).

Н.А. Тусп (1988) описывал свойства медленнодействующих удобрений при внесении их под плодовые, овощные и декоративные культуры в поливных и неполовках условиях. Автор показал значительное уменьшение количества нитратов в овощах.

А. Benedita (1987) вносила формальдегидные конденсаты с индексом активности 29, 45 и 56 в почвы с высокой, средней и слабой биологической активностью и инкубировала их в течение 12 недель при температуре 30°C и оптимальном водном режиме. За этот период в

почвах с высокой биологической активностью в водорастворимую форму переходили конденсаты с индексом активности 56 и 45, на 80% — конденсат с индексом 29. Автор указывал на то, что в почвах с меньшей биологической активностью переход азота в водорастворимые формы протекал намного медленнее.

А.К. Буторина и др. (1986) проводили исследование действия мочевино-формальдегидного удобрения на дерново-среднеподзолистой почве с pH 4,6 в сравнении с аммиачной селитрой. Было показано, что применение МФУ обеспечивало более успешную перезимовку растений, но не оказало заметного влияния на высоту растений, устойчивость их к полеганию и урожайность. На развитие водорослей МФУ оказывало стимулирующее действие, при этом повышалось их видовое разнообразие, увеличивалось число видов синне-зеленых водорослей, в том числе азотфиксирующих, а также их общее количество в почве.

T. Shimixi (1987) в качестве медленнодействующего удобрения предлагает гликольурил (в лабораторном исследовании отмечена низкая скорость минерализации). В опыте с рассадой капусты показана полная нетоксичность водного раствора гликольурила при различных концентрациях, включая насыщенную.

В условиях многолетних вегетационных и полевых опытов было установлено, что эффективность мочевиноформальдегидных и карбамидно-формальдегидных удобрений на хлопчатнике зависит не только от технологии производства (количество водорастворимого азота, индекс растворимости, размер гранул), но и от чисто агротехнических приемов (способ заделки удобрений в почву, сроки, способы внесения и сочетания медленно и легкорастворимых форм удобрений) (Яровенко и др., 1963; 1964; Мадраимов и др., 1966; Яровенко, 1969). Согласно данным этих авторов, медленнодействующее удобрение особенно эффективно в условиях засоленных почв аридной зоны.

Чирчикским филиалом Государственного института азотной промышленности синтезировано карбамидоформальдегидное удобрение (КФУ) пролонгирующего действия с содержанием азота 39–40%, водорастворимого азота — 40–60. Продукт белого или светло-желтого цвета получают на опытно-промышленной установке путем полуконденсации мочевины (карбамида) с формальдегидом. Размер частиц (гранул) 2,0–2,5 мм. Удобрение малогигро-скопично, транспортируется в полиэтиленовых мешках.

По данным Н.Ф. Беспалова, Н.В. Артамоновой, С. Сейтумерова (1985), применение карбамидоформальдегидного удобрения на

супесчаной почве обеспечивало получение наибольшего урожая хлопка-сырца на средне-засоленном фоне — на 5,2% больше, чем в варианте с мочевиной. Установлено также, что для доведения эффективности КФУ до уровня стандартных туков и превышающих его целесообразно дробное внесение удобрения с двумя подкормками мочевиной в период бутонизации и в начале цветения. Это наиболее эффективно на засоленных супесчаных почвах.

Б.Г. Блом, И.Л. Мокрова, Н.И. Блохина (1991) изучали минерализацию КФУ в почве и сравнительную эффективность его и стандартных азотных удобрений. Установлено, что коэффициент использования растением азота КФУ увеличивается с возрастанием индекса усвояемости и уменьшением размера гранул. Показано влияние влажности почвы на минерализацию азота КФУ. Минерализация азота КФУ в почве возрастает с увеличением влажности от 30 до 90% ПВ.

Карбамидоформальдегидное удобрение выпускается на Вахском электро-химическом заводе в объеме 70–80 тыс. т в год. В задачу наших исследований входило изучение превращения в почве и использование хлопчатником азота из мочевины и КФУ, а также влияние этих удобрений на плодоношение, урожай хлопка-сырца и его качество в условиях типичных незасоленных почв Ташкентской и засоленных светлых сероземов Сырдарьинской областей.

Превращение в почве и использование хлопчатником азота из мочевины и КФУ

Использование хлопчатником азота из мочевины и КФУ и его превращение в почве изучали в условиях вегетационных, лизиметрических и полевых опытов на типичном сероземе (незасоленном). Для этих целей испытывали карбамидоформальдегидные удобрения с соотношением мочевины к формальдегиду 1,6:1 и 2,5:1 (табл. 11).

Таблица 11
Баланс азота мочевины и КФУ (вегетационные опыты)

Форма удобрений	Год действия			Год последствий			За два года		
	использовано растением	осталось в почве	неучтенные потери	использовано растением	осталось в почве	неучтенные потери	использовано растением	осталось в почве	неучтенные потери
Мочевина	44.0 2200	22.0 1100	34.0 1700	8.7 435	6.0 300	7.3 365	52.7 2635	6.0 300	41.3 2065
КФУ (соотношение азота мочевины к формальдегиду 1.6:1)	35.3 1765	42.0 2100	22.7 1135	23.0 1150	10.5 525	80.5 425	58.3 2915	10.5 525	31.1 1555
КФУ (соотношение азота мочевины к формальдегиду 2.5:1)	30.1 1505	46.0 2300	23.9 1195	25.6 1280	13.0 650	7.4 370	55.7 2785	13.1 655	31.2 1560

Примечание. В числителе %, в знаменателе — мг/сосуд. Годовая норма удобрений (г/сосуд): N = 5, P = 4, K = 1.5.

По данным исследований, в первый год опыта величина потребления азота из мочевины больше, чем из карбамидоформальдегидных удобрений (КФУ). Низкий коэффициент использования хлопчатником азота характерен для вариантов с внесением КФУ, особенно при соотношении мочевины к формальдегиду 2.5:1. На второй год (последствие) этот показатель у КФУ был выше, чем у мочевины. Приведенные данные свидетельствуют о том, что КФУ, особенно в варианте с соотношением мочевины к формальдегиду 2.5:1, обладало более сильным последствием. На второй год из азота мочевины растения использовали 8.7% внесенного количества, из КФУ с соотношением азота мочевины к формальдегиду 1.6:1—23.0%, с 2.5:1 — 25.6%. За два года величина использованного хлопчатником азота из мочевины составила 52.7% внесенного количества, из КФУ — 58.3%.

При внесении под хлопчатник КФУ количество закрепленного азота в почве увеличивалось почти в два раза по сравнению с мочевиной. При этом азота КФУ больше закреплялось в первый год, чем на второй (последствие). Кроме того, показатель закрепления азота КФУ при

соотношении мочевины к формальдегиду 2.5:1 был выше, чем при 1.6:1.

Интерес представляют данные по неучтенным потерям азота удобрений (табл. 11). Согласно им, в год действия потери азота мочевины составляли 34.0%, из КФУ с соотношением мочевины к формальдегиду 1.6:1—22.7, с 2.5:1—23.9. На второй год (последствие) количественные показатели потерь азота из почвы в зависимости от форм удобрений существенно не различались. За два года опыта потери азота мочевины и КФУ (оба варианта) составили соответственно 41.3 и 31.1—31.2% внесенного азота удобрений, т.е. при внесении КФУ потери азота было на 10.1—10.2% меньше.

В условиях лизиметрических опытов величина использованного растением азота из мочевины и КФУ была несколько больше, чем в вегетационных (табл. 12).

Таблица 12
Баланс азота мочевины и КФУ при использовании их под хлопчатник (лизиметрические опыты)

Форма удобрений и соотношение азота мочевины к формальдегиду	Год действия			Год последствий			За два года		
	использовано растением	осталось в почве	неучтенные потери	использовано растением	осталось в почве	неучтенные потери	использовано растением	осталось в почве	неучтенные потери
Мочевина	42.5 2550	23.5 1410	34.0 2040	9.5 570	7.5 450	7.5 450	51.0 3060	7.5 450	40.5 2430
КФУ (2.5:1)	31.0 1860	43.0 2580	26.0 1560	21.8 1303	14.3 858	10 600	52.8 3168	14.3 858	33.0 1980
КФУ* (1.6:1)	39.8 2388	28.5 1710	31.7 1902	11.3 678	9.1 546	10 600	51.1 3066	9.1 546	38.7 2322

* 30% азота в фазу бутонизации вносили в виде мочевины.

Примечание. В числителе %, в знаменателе — мг/лизиметр. Годовая норма удобрений (г/лизиметр): N = 6, P = 5, K = 2.

В первый год исследования показатели использования хлопчатником азота из мочевины были выше, чем из КФУ, особенно при соотношении к формальдегиду 1.6:1, что согласуется с данными вегетационного опыта. На второй год (последствие) величина использованного хлопчатником азота из КФУ в 1.5 и более раз превышала показатель мочевины. За два года коэффициент использования хлопчатником азота удобрений независимо от их формы существенно не изменился. Но закрепление азота в первый год при внесении КФУ характеризовалось большим количеством, особенно при соотношении азота мочевины к формальдегиду 2.5:1. На второй год проведения опытов эта закономерность выражалась слабее. Потери азота при внесении КФУ в первый год были заметно ниже, чем при мочевины.

Из результатов исследований, проведенных в условиях лизиметрических опытов, следует, что в год внесения величина потребленного азота хлопчатником из мочевины составляла 42.5%, из КФУ — 31.0–33.2, т.е. на 9.3–11.5% больше. Высокие показатели использования азота из КФУ и мочевины наблюдались при внесении мочевины в фазу бутонизации или при сочетании КФУ (соотношение мочевины к формальдегиду 1.6:1) с одной подкормкой в ту же фазу. В этом случае коэффициент использования азота из КФУ составил 39.8% (на 2.7% меньше по отношению к контрольным растениям).

Закрепленного азота в почве, как и в предыдущих опытах, было больше при использовании под хлопчатник КФУ. Потери азота из вносимых КФУ заметно снижались, что подтверждало данные вегетационных опытов. Коэффициент использования азота из КФУ на второй год (последствие) в два и более раз превышал показатель мочевины. Содержание закрепленного в почве азота КФУ так же, как и в год действия, было выше, чем в варианте с мочевиной.

Непроизводительные потери азота из КФУ характеризуются более низким результатом по отношению к варианту с мочевиной. За два года проведения опыта непроизводительные потери азота при внесении КФУ составили 33.0–38.9%, при внесении мочевины — 40.5.

Подытоживая сказанное, подчеркнем, что при использовании под хлопчатник медленнодействующих карбамидоформальдегидных удобрений (КФУ) коэффициент полезного действия азота на хлопчатник за два года существенно не изменяется (может быть некоторое повышение) по отношению к мочевины. Однако в этих условиях повышается содержание иммобилизованного азота и снижаются непроизводительные потери азота из почвы. Наиболее высокие показатели использования азота хлопчатником азота наблюдаются при внесении 70% годовой нормы азота в виде КФУ перед посевом и в фазу

цветения (с соотношением мочевины к формальдегиду 1.6:1) и 30% в форме мочевины в бутонизацию.

Использование хлопчатником азота из удобрений и почвы

По данным Н.М. Варюшкиной, М.В. Никифоровой (1982), в результате процессов мобилизации–иммобилизации с годами расход минеральных соединений азота превышает его накопление. Вследствие этого ежегодная прибыль аккумулированного азота в почвах снижается.

Применение стабильного изотопа ^{15}N позволило также установить количество используемого растением азота из почвенных источников и удобрений. По данным различных авторов, из почвы растения используют примерно 65–70% азота, из удобрений — 30–35. Показано также, что применение азотных удобрений сопряжено с мобилизацией большого количества азота из почвенных ресурсов (Сапожников и др., 1968; Кореньков, 1976; Смирнов, 1977; и др.). С увеличением дозы азотных удобрений его мобилизация из почвенных источников повышается.

Результаты лизиметрических опытов показали, что доля азота в общем его выносе в первый год проведения опытов составляла 66.5–75.6%, причем содержание азота мочевины в общем выносе характеризовалась большими величинами, чем при внесении карбамидоформальдегидного удобрения (табл. 13). Количество азота мочевины в общем выносе азота хлопчатником превышало показатель КФУ. Азота же почвы было больше при внесении КФУ.

Интерес представляют данные варианта, где перед посевом и в фазу цветения вносили 70% азота КФУ, а фазу бутонизации — 30% мочевины. В этом случае доля азота КФУ и мочевины в общем выносе увеличивалась, приближаясь к варианту с внесением одной мочевины. На второй год содержание азота почвы в общем выносе снижалось, одновременно увеличивалась доля азота удобрений.

Величина дополнительной мобилизации азота из почвенных ресурсов заметно колеблется в зависимости от формы удобрений. В первый год опыта мобилизация азота при внесении мочевины проходила слабее, чем при КФУ. В условиях сочетания КФУ с мочевиной уровень дополнительной мобилизации азота из почвы заметно снижался. В год последствия величина дополнительной мобилизации азота из почвенных источников при внесении мочевины увеличивалась по сравнению с использованием КФУ и при сочетании его с одной подкормкой мочевиной в фазу бутонизации.

Таблица 13

Использование хлопчатником азота из удобрений и почвенных ресурсов
(лизиметрические опыты)

Источник азота	Год действия (1989 г.)			Год последействия (1990 г.)		
	Мочевина - $\text{N}_6\text{P}_3\text{K}_2$	КФУ (1,6:1) - $\text{N}_6\text{P}_3\text{K}_2$	КФУ (1,6:1) + мочевина - $\text{N}_6\text{P}_3\text{K}_2$	Мочевина - $\text{N}_6\text{P}_3\text{K}_2$	КФУ (1,6:1) - $\text{N}_6\text{P}_3\text{K}_2$	КФУ (1,6:1) + мочевина - $\text{N}_6\text{P}_3\text{K}_2$
Общий вынос азота, мг/лизиметр	7800	7700	7900	7600	7700	7500
В том числе азот удобрений, мг/лизиметр	2610	1990	2380	390	6860	1000
% от общего выноса	33.5	24.4	30.0	5.10	11.2	13.3
Азот почвы, мг/лизиметр	5190	5710	4520	7210	6540	6500
% от общего выноса	66.5	75.6	70.0	94.9	88.8	86.7
Вынос азота хлопчатником из неудо- бренного варианта, мг/лизиметр	1500	1600	1700	1500	1600	1500
Дополнительная мобилизация азота почвы, мг/лизиметр	3690	4110	2820	5710	4940	5000

Примечание. В год последействия и выносе азот, внесенный как без метки, так и с меткой.

Таким образом, применение стабильного изотопа ^{15}N позволило установить, что внесение КФУ (с соотношением азота мочевины к формальдегиду 1, 6:1) способствовало большему по сравнению с мочевиной закреплению азота удобрений и снижению производимых потерь азота из почвы.

В год внесения хлопчатник потреблял больше азота из мочевины, на второй год (последействие) - из КФУ. За два года коэффициент использования азота во всех вариантах существенно не различался, но имелась тенденция большего закрепления азота из КФУ.

Внесение перед посевом и в фазу цветения КФУ, а в фазу бутонизации мочевины способствовало усилению закрепления азота и сокращению его потерь из почвы, особенно в первый год проведения опыта. При этом уровень потребления растениями азота из КФУ и мочевины за два года был одинаковым. Дополнительная мобилизация азота удобрений при использовании под хлопчатник КФУ заметно снижалась, что важно для сохранения потенциально плодородия малогумусных типичных сероземов.

Поступление в хлопчатник азота удобрений, меченных ^{15}N

Согласно результатам исследований с использованием ^{15}N , до плодотворения величина поглощения азота удобрений листьями хлопчатника больше при внесении мочевины (рис. 11).

В дальнейших фазах развития растений наблюдается более усиленное поглощение азота из КФУ. При внесении 70% годовой нормы азота в виде КФУ (перед посевом и в фазу цветения) и 30% в форме мочевины (в фазу бутонизации) величина поглощения азота находится на том же уровне, что и при внесении одной мочевины. Это указывает на целесообразность сочетания КФУ с мочевиной.

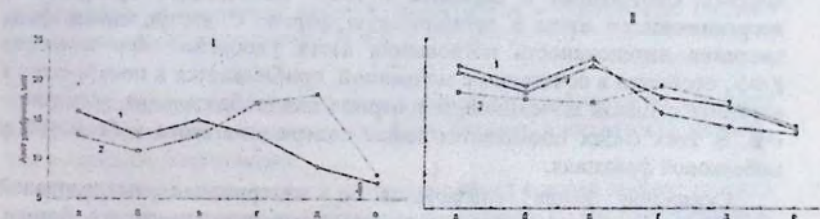


Рис. 11. Поступление азота удобрений в хлопчатник при внесении мочевины и КФУ.

I - вегетационный опыт, II - лизиметрический опыт. 1 - мочевина, 2 - КФУ (1,6-1), 3 - КФУ + мочевина; а - фаза 2-3 настоящих листьев, б - бутонизация, в - цветение, г - плодотворение, д - массовое плодотворение, з - созревание, 10 - созревание.

Интерес представляют сведения о содержании азота удобрений в белковой и небелковой фракциях. Приводим данные о поглощении азота удобрений листьями хлопчатника и его превращении при внесении разных форм азота, мг/г (лизиметрические опыты).

Форма азотных удобрений	2-3 настоящих листа	Бутонизация	Цветение	Плодообразование	Созревание
Мочевина	9.2	11.0	7.1	6.5	4.3
	5.3	4.8	3.1	2.1	1.8
КФУ (1.6:1)*	8.1	9.2	6.9	6.9	4.1
	4.1	3.5	2.5	2.2	2.1
КФУ (1.6:1)* + мочевина	8.7	10.7	7.5	7.1	4.4
	4.5	5.6	2.7	3.4	2.3

* здесь и далее в скобках указано соотношение мочевины к формальдегиду.

Примечание. В числителе белковый азот, в знаменателе — небелковый. Годовая норма удобрений (г/лизиметр): N = 6, P = 5, K = 2.

Содержание азота удобрений в белковой фракции меняется в зависимости от формы удобрений. В фазу бутонизации при внесении мочевины азота удобрений в белковой и небелковой фракциях больше, чем в варианте с КФУ. При сочетании КФУ с мочевиной содержание азота в указанных фракциях приближается к варианту с мочевиной. В листьях хлопчатника в варианте с КФУ наблюдается превращение неорганического азота в органическую форму. С наступлением фазы цветения интенсивность поглощения азота удобрений при внесении КФУ, особенно в сочетании с мочевиной, приближается к показателю в варианте с одной мочевиной, а в период плодообразования превышает его. В этих фазах повышается также содержание азота в белковой и небелковой фракциях.

Сказанное выше совпадает с материалами исследований потребления азота удобрений и почвы в зависимости от его формы. Величина поступления азота и включения его в процессы обмена больше при внесении перед посевом и в фазу цветения КФУ, а в фазу бутонизации мочевины по сравнению с вариантом, где во все периоды вносили только одну мочевину.

Содержание аммиака и нитратов в почве

Почва хлопковых районов характеризуется высокой биологической активностью. Интенсивно протекающие микробиологические процессы способствуют быстрому переходу вносимых амидных и аммиачных форм азота в нитратную форму. Нитраты, как известно, хорошо растворяются в воде и при близком залегании грунтовых вод выщелачиваются в грунтовой поток, что снижает эффективность удобрений. В результате наших исследований установлено, что содержание нитратов и аммиачного азота в почве зависит от формы применяемых азотных удобрений.

Приводим данные о содержании нитратов и аммиака в почве в зависимости от вида удобрений (лизиметрические опыты).

Вариант	Бутонизация		Цветение		Плодообразование		Созревание	
	NH ₃	NO ₃	NH ₃	NO ₃	NH ₃	NO ₃	NH ₃	NO ₃
Мочевина	8.1	33.2	6.5	43.5	5.3	31.0	3.2	20.0
	121.5	4970	97.5	6525	79.5	4650	48.0	3000
КФУ (соотношение азота мочевины к формальдегиду 1.6:1)	12.3	21.0	11.0	32.6	6.3	26.0	6.0	12.2
	184.5	3150	165.0	4390	94.5	3900	90.0	1830

Примечание. В числителе мг/кг, в знаменателе — г/лизиметр. Годовая норма удобрений (г/лизиметр): N = 6, P = 5, K = 2.

При внесении карбамидоформальдегидного удобрения во все фазы развития аммиачного азота в почве было больше, а нитратного меньше, чем в варианте с мочевиной.

Содержание аммиачного и нитратного азота в почве зависит от фазы развития. Более высокие показатели приурочены к фазам бутонизации и цветения, затем они снижаются, достигая минимума в фазу созревания коробочек. Общее количество остаточного неорганического азота, состоящего из нитратов и аммиака, заметно выше при использовании под хлопчатник мочевины.

По данным П.М. Смирнова (1979), при отсутствии в осенне-зимний

период растительности непроизводительные потери азота в два раза выше по сравнению с черным паром. Исходя из изложенного, можно предположить, что потери азота удобрений в результате денитрификации и выщелачивания больше при использовании под хлопчатник мочевины, чем при КФУ. Следовательно, для снижения загрязнения окружающей среды вредными для организма остатками туков предпочтительнее применять КФУ.

Аналогичные данные получены в условиях полевых опытов, заложенных на типичном незасоленном сероземе.

Приводим данные о содержании нитратов и аммиака в почве (0–30 см) в зависимости от вида удобрений (полевые опыты).

Вариант	Бутонизация		Цветение		Плодообразование		Созревание	
	NH ₃	NO ₃	NH ₃	NO ₃	NH ₃	NO ₃	NH ₃	NO ₃
Мочевина	6.7	26.0	8.9	30.0	5.4	18.6	3.5	16.0
	24.1	83.6	30.9	108.0	19.4	66.9	12.6	57.6
КФУ	10.3	20.0	13.7	25.3	6.3	16.0	4.0	12.0
	37.1	72.0	49.3	91.1	22.7	57.6	14.4	43.2

Примечание. В числителе мг/кг, в знаменателе – кг/га. Годовая норма удобрений (кг/га): N = 250, P = 180, K = 90.

Как показывают приведенные данные, высокое содержание аммиачного и нитратного азота наблюдается в период репродуктивного растения (цветение-плодообразование хлопчатника), затем оно снижается. Это объясняется, с одной стороны, усиленным потреблением растением азота, с другой – непроизводительными потерями в указанные фазы развития хлопчатника.

Рост, плодоношение и урожай хлопка-сырца

В вегетационных, лизиметрических и полевых опытах мы изучали ростовые процессы, плодоношение и урожай хлопка-сырца при внесении мочевины и КФУ.

Приводим данные о росте, плодоношении и урожае хлопка-сырца в

зависимости от разных форм удобрений (вегетационные опыты).

Форма удобрений	Высота главного стебля, см				Количество коробочек на кусте, шт.		Урожай хлопка-сырца, г/сосуд
	01.06	01.07	01.08	01.09	01.08	01.09	
1987 г.							
Мочевина	12.0	38.1	58.0	83.0	7.6	16.0	133.2
КФУ	12.4	38.7	57.6	84.4	7.7	16.2	135.0
КФУ + мочевина	13.1	39.1	60.1	86.0	8.0	17.3	143.2
1988 г.							
Мочевина	11.0	35.0	57.1	78.2	7.2	15.3	125.4
КФУ	12.0	37.2	58.5	80.3	7.4	16.0	129.8
КФУ + мочевина	12.4	33.1	61.0	80.5	7.5	17.1	136.0

Примечание. Годовая норма удобрений (г/сосуд): N = 3, P = 4, K = 1.5.

Из приведенных выше данных видно, что рост главного стебля при внесении КФУ существенно не отличается от показателя варианта с одной мочевиной. Внесение в фазу бутонизации 30% годовой нормы азота в виде мочевины, а перед посевом и в фазу цветения 70% КФУ способствовало более усиленному росту главного стебля хлопчатника и увеличению числа коробочек на кусте, чем в варианте с одной мочевиной. Аналогичные данные были получены и на второй год проведения опытов. Показатели урожая (в 1987 и в 1988 гг.) в вариантах с КФУ и одной мочевиной существенно не различались, а при внесении КФУ перед посевом и в фазу цветения с подкормкой мочевиной в фазу бутонизации были заметно выше.

По данным лизиметрических опытов, в год действия в варианте с КФУ урожай хлопка-сырца получен более высокий, чем при внесении мочевины. Но наибольший урожай, как и в вегетационном опыте, получили при внесении 70% КФУ перед посевом и в фазу цветения и 30% мочевины – в фазу бутонизации. Такая же закономерность, но в менее выраженной форме наблюдалась в год последующих лет.

Ниже приводим данные о росте, плодоношении и урожае хлопка-сырца в зависимости от разных форм азотных удобрений

(лизиметрические опыты, 1989–1990 гг.).

Форма	Количество настоящих листьев		Высота главного стебля, см				Количество коробочек на кусте шт/лиз. (01.09)	Урожай хлопка-сырца, г/лизи-метр
	20.06	01.07	20.06	01.07	25.08	01.09		
Действие (1989 г.)								
Мочевина	6.5	12.3	23.6	34.2	59.5	99.0	30.5	220
КФУ	6.5	12.8	25.2	35.2	56.5	93.5	32.1	235
КФУ + мочевины*	6.7	12.3	26.7	38.0	62.0	102.0	33.1	243
Последствие (1990 г.)								
Мочевина	—	12.5	—	37.8	57.0	85.1	33.5	238
КФУ	—	13.1	—	39.0	59.2	87.2	34.0	245
КФУ + мочевины*	—	14.0	—	41.1	63.0	91.6	35.2	254

* 30% от годовой нормы азота вносили в виде мочевины.

Примечание. Годовая норма удобрений (г/лизи-метр): N = 6, P = 5, K = 2.

Приводим данные о росте, плодоношении и урожае хлопка-сырца в зависимости от формы удобрений (полевые опыты).

Форма удобрения	Высота главного стебля, см		Количество коробочек, шт/растение	Урожай хлопка- сырца, ц/га	Прибавка, ц/га
	01.08	01.09			
<u>Действие (1989 г.)</u>					
Мочевина	35.2	85.4	9.0	34.0	—
КФУ	38.8	85.1	10.1	35.7	1.7
НСР = 0.82					
<u>Последствие (1990 г.)</u>					
Мочевина	—	86.3	9.5	34.2	—
КФУ	—	87.6	10.2	35.4	1.2

HCP = 1.03

Действие (1990 г.)

Мочевина	38.9	87.0	8.9	35.6	—
КФУ	41.0	86.2	9.5	36.7	1.1
HCP = 0.4					

Примечание. Годовая норма удобрений (кг/га): N = 250, P = 180, K = 90.

До фазы плодообразования (01.08) наиболее интенсивный рост главного стебля зарегистрирован в варианте с КФК: В дальнейшем этот показатель изменялся по вариантам. Особенно большое количество коробочек отмечали при внесении в фазу бутонизации мочевины, а перед посевом и в фазу цветения КФУ. В год последствие в варианте с КФУ наблюдался усиленный рост главного стебля, увеличение числа коробочек на кусте и урожая хлопка-сырца. За два года урожай хлопка-сырца, собранный здесь, был на 3.9 ц/га больше, чем в варианте с одной мочевиной. У данных по росту главного стебля и количеству коробочек на 1 куст в вариантах с одной мочевиной и КФУ за 1990 г. отмечается та же закономерность, что и в опыте, 1989 г. Однако в год действия прибавка урожая хлопка-сырца от внесения КФУ была меньше, чем в опыте 1990 г.

Таким образом, применение КФУ по сравнению с мочевиной способствует большему усилению ростовых процессов, увеличению числа коробочек и урожая хлопка-сырца. Особенно высокие показатели роста главного стебля, накопления коробочек и урожая хлопка-сырца обеспечиваются внесением перед посевом и в фазу цветения КФУ (70%), а в фазу бутонизации мочевины (30%).

Баланс азота мочевины и КФУ

Использование хлопчатником азота мочевины и карбамидоформальдегидных удобрений и их превращение в почве мы изучали на светлом средне-засоленном сероземе в условиях вегетационных, лизиметрических и полевых опытов. В результате проведенных исследований установлено, что коэффициент использования хлопчатником азота зависит от его формы и колеблется от 28.7 до 40.0% внесенного количества удобрений.

Приводим данные баланса азота мочевины и КФУ (вегетационные опыты).

Форма удобрений	Год действия			Год последействия			За два года		
	использовано растением	остаток в почве	неучтенные потери	использовано растением	остаток в почве	неучтенные потери	использовано растением	остаток в почве	неучтенные потери
Мочевина	40.0	25.0	35.0	12.0	10.0	3.0	52.0	10.0	38.0
	2660	1250	1750	600	500	150	2600	500	1900
КФУ (1.6:1)	28.7	48.0	23.3	24.0	20.0	4.0	52.7	20.0	27.3
	1435	2400	1165	1200	1000	200	2635	1000	1365
КФУ (2.5:1)	32.3	46.0	21.7	21.0	20.2	4.8	53.3	20.0	26.5
	1615	2300	1085	1050	1010	240	2665	1010	1325

Примечание. В числителе %, в знаменателе — мг/сосуд. Годовая норма удобрений (г/сосуд): N = 5, P = 4, K = 1.5.

В первый год опыта хлопчатник потреблял азота из мочевины больше, чем из карбамидоформальдегидных удобрений. Особенно низкая величина потребляемого растением азота наблюдалась при внесении КФУ с соотношением мочевины к формальдегиду 1.6:1. Однако на второй год использование хлопчатником азота из КФУ (% от оставшегося после первого года количества азота удобрений) характеризовалось более высокими показателями (в 2 раза больше, чем из мочевины). Это свидетельствует о том, что КФУ, особенно с соотношением мочевины к формальдегиду 1.6:1, в условиях засоления обладает более сильным последействием. Так, на второй год из мочевины растения использовали азота 12% от внесенного, из КФУ с соотношением мочевины к формальдегиду 1.6:1—24.0%, а 2.5:1 — 21.0%. За два года величина использованного хлопчатником азота при внесении мочевины и КФУ составила соответственно 52.0 и 53.3%, т.е. существенных различий в коэффициентах не наблюдалось. При внесении карбамидоформальдегидных удобрений усиливалось закрепление азота в почве — от 25.0 до 48.0%, что в два раза больше, чем при использовании под хлопчатник мочевины.

Интенсивное закрепление азота удобрений характерно для первого года исследований. На второй год (в первый год последействия) количество закрепленного азота КФУ превышало показатель мочевины в

1.5 раза, хотя общие количественные показатели закрепления азота в почве были ниже, чем в первый год опыта. Потери азота мочевины в год действия составляли 35% внесенного количества азотных удобрений, при внесении КФУ с соотношением мочевины к формальдегиду 1.6:1 и 2.5:1 — соответственно 23.3 и 21.7%. На второй год количественные показатели потерь азота по вариантам существенно не отличались (3.0—4.9% внесенного количества). За два года потери азота удобрений в варианте с мочевиной составили 38.0%, с КФУ — 26.5—27.3%.

Коэффициент использования азота мочевины и КФУ в условиях лизиметрического опыта был несколько выше, чем в вегетационном.

Приводим данные баланса азота мочевины и КФУ (лизиметрические опыты).

Форма азотных удобрений	Год действия			Год последействия			За два года		
	использовано растением	остаток в почве	неучтенные потери	использовано растением	остаток в почве	неучтенные потери	использовано растением	остаток в почве	неучтенные потери
Мочевина	45.2	22.0	32.8	8.0	9.0	8.0	53.7	9.0	37.8
	2712	1320	1968	480	540	500	3192	540	2268
КФУ (2.5:1)*	33.2	38.0	28.8	17.0	14.0	7.0	50.2	14.0	35.8
	1992	2380	1728	1020	840	420	3012	840	2148
КФУ (1.6:1)*	44.3	31.0	24.7	12.0	12.0	7.0	56.3	12.0	31.7
	2658	1860	1482	720	720	420	3378	720	1902

Примечание. В числителе %, в знаменателе — мг/лизиметр. Годовая норма удобрений (г/лизиметр): N = 6, P = 5, K = 2.

В первый год исследования величина использованного азота мочевины здесь также превышала показатель КФУ, особенно при соотношении мочевины к формальдегиду 2.5:1. На второй год хлопчатником использовано азота из КФУ в 1.5 раза больше, чем из мочевины. Коэффициент использования растением азота удобрений за два года по вариантам существенно не изменялся. В первый год содержание в почве закрепленного азота было выше при внесении КФУ, особенно в варианте с соотношением мочевины к формальдегиду 2.5:1. Эта закономерность отмечалась и на второй год проведения опытов. К концу второго года закрепление азота КФУ проходило более интенсивно, чем у мочевины. В первый год непроизводительных потерь азота при

использовании под хлопчатник КФУ было заметно меньше (24.0–28.8%) по сравнению с мочевиной. В зависимости от формы удобрений потери азота за 2 года составили от 31.7 до 37.8%, причем из КФУ меньше, чем из мочевины.

В другом лизиметрическом опыте изучали баланс азота разных форм удобрений. В варианте с КФУ + мочевина подкормка азотом в фазу бутонизации была заменена мочевиной.

Приводим данные об использовании хлопчатником и превращении азота в почве при внесении мочевины и КФУ (лизиметрические опыты).

Форма азотных удобрений	Год действия			Год последствий			За два года		
	использовано растением	осталось в почве	исчисленные потери	использовано растением	осталось в почве	исчисленные потери	использовано растением	осталось в почве	исчисленные потери
Мочевина	41.0	23.0	36.0	6.0	8.0	9.0	47.0	8.0	45.0
	2460	1380	2160	360	480	540	2820	480	2700
КФУ (1.6:1)*	43.8	33.0	23.2	15.0	12.0	6.0	58.8	12.0	29.2
	2628	1980	1392	900	720	360	3528	720	1752
КФУ (1.6:1)* + мочевины	48.0	29.0	23.0	12.0	13.0	4.0	60.0	13.0	27.0
	2880	1740	1380	720	780	240	3600	780	1620

Примечание. В числителе %, в знаменателе — мг/лизиметр. Годовая норма удобрений (г/лизиметр): N = 6, P = 5, K = 2.

По результатам исследований установили, что в годы действия и последствий величина усвоения и закрепления азота КФУ хлопчатником превышает показатель варианта с мочевиной. При внесении КФУ потери азота удобрений в год проведения исследований снижались от 36 до 23.2% внесенного азота. В условиях использования 70% годовой нормы азота КФУ перед посевом и в период цветения, а остальной части (30%) в форме мочевины — в фазу бутонизации коэффициент потребления азота удобрений хлопчатником повышался с 41.0 до 48.0%. Это самый высокий показатель потребления азота растением. Закрепление азота здесь шло несколько интенсивнее, чем в варианте с КФУ, а размеры потерь существенно не различались.

На второй год использование азота растением и его закрепление при внесении КФУ характеризовались большими величинами, чем в варианте с мочевиной. За два года потребление хлопчатником азота КФУ намного

превысило вариант с мочевиной. Применение КФУ способствовало сокращению потерь и увеличению количества закрепленного азота в почве в большей мере, чем на типичном незасоленном сероземе.

Таким образом, в условиях засоленного светлого серозема применение под хлопчатник карбамидаформальдегидных удобрений способствует повышению коэффициента полезного действия азота (за два года), интенсивному закреплению его и снижению потерь. Высокие показатели потребления азота из удобрений обеспечиваются внесением удобрений в форме КФУ (70%) перед посевом и в фазу цветения, а в фазу бутонизации в виде мочевины (30%).

По данным вегетационного опыта, доля азота почвы в общем его выносе в первый год проведения опытов составляла 65–74%, причем при внесении мочевины его было меньше (7%), чем в варианте с КФУ при соотношении мочевины к формальдегиду 1.6:1 (табл. 14).

Таблица 14
Использование хлопчатником азота из удобрений и почвы
(вегетационный опыт)

Источник азота	1986 г.			1987 г. (последствие)		
	Мочевина, N ₂ P ₄ K ₁₅	КФУ (2.5:1), N ₂ P ₄ K ₁₅	КФУ (1.6:1)	Мочевина, N ₂ P ₄ K ₁₅	КФУ (2.5:1), N ₂ P ₄ K ₁₅	КФУ (1.6:1)
Общий вынос азота, мг/сосуд	6250	6100	5900	6800	6600	6500
в том числе: азот удобрений, мг/сосуд	2000	1600	1430	600	1050	1000
азот удобрений, % от общего выноса	33.0	26.0	27.0	20.0	30.0	20.0
азот почвы, г/сосуд	4250	4500	4300	620	455	550
азот почвы, % от общего выноса	67.0	74.0	73.0	80.0	70.0	70.0
Дополнительная мобилизация азота почвы, мг/сосуд	2250	2900	2870	5600	3500	4500

Дополнительная мобилизация азота при внесении мочевины характеризовалась меньшей величиной (2.25 г/сосуд), чем в варианте с КФУ (2.8–2.9 г/сосуд). Обратная закономерность наблюдалась на второй год проведения опыта. Как видно из приведенных данных, при внесении КФУ азота из почвенных источников использовалось хлопчатником меньше. В соответствии с этим снижалась дополнительная мобилизация азота из КФУ.

Примерно такие же данные получены в лизиметрических опытах (табл. 15).

Таблица 15

Использование хлопчатником азота почвы и удобрений при внесении КФУ и мочевины (лизиметрические опыты)

Источник азота	1987 г. (действие)			1988 г. (последствие)		
	Мочевина	КФУ (2.5:1)	КФУ (1.6:1)	Мочевина	КФУ (2.5:1)	КФУ (1.6:1)
Общий вынос азота, мг/лизиметр	7700	7600	7500	6500	6700	6800
В том числе: азот удобрений, мг/лизиметр	2700	1860	1990	480	740	1020
азот удобрений, % от общего выноса	35.0	24.5	25.2	7.7	10.2	15.0
азот почвы, г/лизиметр	5000	5740	5510	6000	5960	5780
азот почвы, % от общего выноса	65.0	75.6	74.8	92.3	89.8	85.0
Дополнительная мобилизация азота, мг/лизиметр	2300	3880	3220	5520	4940	4760

Примечание. Доза минеральных удобрений $N_6P_3K_2$.

В результате вегетационных и лизиметрических опытов по изучению баланса азота с помощью ^{15}N установлено, что при использовании под хлопчатник КФУ в условиях среднесоленного светлого серозема повышается коэффициент полезного действия азота (за два года). Особенно высокие показатели усвоения азота растением наблюдались при внесении 70% КФУ перед посевом и в фазу цветения и 30% азота мочевины в фазу бутонизации (в подкормку).

Внесение медленнодействующего КФУ способствовало большему по сравнению с мочевиной закреплению азота удобрений в почве, особенно в год действия, и уменьшению непроизводительных потерь, как в первый, так и второй год изучения. В процессе исследований установлено, что показатель дополнительной мобилизации азота из почвенных источников в варианте с мочевиной в первый год был ниже, однако в год последствие он повысился, в то время как в варианте с КФУ наблюдалось его снижение.

Содержание аммиачного и нитратного азота в почве и лизиметрической воде

Содержание нитратов и аммиачного азота в почве зависит от формы применения удобрений (табл. 16). Во все сроки определения количество аммиачного азота в почве было больше, а нитратного меньше при внесении КФУ. При этом суммарное содержание нитратного и аммиачного азота при использовании под хлопчатник мочевины характеризовалось более высокими показателями, чем в варианте с КФУ.

В период созревания коробочек количество остаточного азота значительно превалировало при внесении под хлопчатник мочевины. Это свидетельствовало о том, что нитрификация аммиачного азота КФУ проходила менее интенсивно, чем у мочевины. В результате и процесс выщелачивания нитратов отличался большей активностью при внесении мочевины, особенно в условиях засоленных почв с близким залеганием грунтовых вод. При внесении КФУ, благодаря сохранению в почве большого количества аммиачного азота снижалось содержание остаточного азота, что, в конечном счете, способствовало повышению коэффициента полезного действия азота на хлопчатник и снижению потерь. Эти сведения подтверждаются результатами анализа лизиметрических вод на содержание нитратов.

Таблица 16

Содержание аммиачного и нитратного азота в почве (0–50 см)

Форма удобрений	Фаза развития									
	2–3 настоящих листа		Бутонизация		Цветение		Плодообразование		Созревание	
	NH ₃	NO ₃	NH ₃	NO ₃	NH ₃	NO ₃	NH ₃	NO ₃	NH ₃	NO ₃
Лизиметрический опыт (1988 г.)										
Мочевина	9.5 1465	35.0 5250	8.0 1200	42.0 6300	6.2 930	46.0 6000	3.5 525	28.0 4200	3.4 510	23.2 3480
КФУ (1.6:1)	14.5 2175	24.0 3600	16.0 2400	32.0 4800	12.2 1800	33.0 4950	10.0 1500	20.0 3000	6.0 960	16.2 2430
Полевой опыт (1990 г.)										
Мочевина	–	–	8.0 28.8	28.0 101	6.0 21.6	30.1 108	8.0 28.8	21.0 75.6	5.0 54.0	16.0 67.6
КФУ (1.6:1)	–	–	13.5 –	20.0 72.0	13.2 47.5	23.2 83.5	9.1 32.7	16.0 67.6	6.2 22.3	14.0 49.9

Приводим данные о содержании в лизиметрических водах нитратов, мг/л (лизиметрические опыты, 1987 г.).

	Бутонизация	Цветение	Плодообразование
Мочевина	9.3	12.0	15.4
КФУ (1.6:1)	5.8	9.1	11.3

Примечание. Годовая норма (г/лизиметр): N₆P₃K₂.

Из приведенных данных видно, что при внесении КФУ содержание нитратов в лизиметрических водах во все сроки их определения значительно снижалось.

Исходя из сказанного следует рекомендовать применение карбамида-формальдегидного удобрения в условиях засоленных почв с близким залеганием грунтовых вод, где возможны значительные потери азота в результате выщелачивания нитратов в грунтовые воды. Кроме того, высокое содержание нитратов в почве при внесении стандартных туков приводит к большим потерям азота. В результате происходит

загрязнение окружающей среды. Нитраты накапливаются не только в почвогрунтах, грунтовой воде. Присутствие их выше допустимой нормы в продуктах питания и кормах вредно для человека и животных. Применение под хлопчатник КФУ в экологическом отношении наиболее безопасно.

Влияние различных форм удобрений на рост, плодоношение и урожай хлопка-сырца

По данным вегетационных опытов, при внесении мочевины в фазу бутонизации главный стебель хлопчатника растет более усиленными темпами по сравнению с КФУ. Такая же закономерность наблюдалась и в период массового цветения и плодообразования хлопчатника. Однако в период созревания у 50% растений высота главного стебля хлопчатника сравнялась с показателем варианта с КФУ.

Приводим данные о влиянии разных форм азотных удобрений на развитие и урожай хлопка-сырца (вегетационный опыт)

	Рост главного стебля, см			Количество коробочек, шт./куст (05.09)	Урожай хлопка-сырца, г/сеул
	20.06	10.08	05.09		
РК	5.0	21.0	22.0	2.6	15.0
CO(NH ₂) ₂	8.0	56.0	81.0	21.0	95.0
КФУ (2.5:1)	7.8	54.0	80.0	20.0	96.0
КФУ (1.6:1)	7.8	55.0	80.0	20.0	95.0

Примечание. Доза удобрений N₃P₄K_{1.5}.

Представляют интерес данные о высоте главного стебля, полученные в 1988 г. (последствие). Как видно из табл. 17, в фазу бутонизации существенных различий в высоте главного стебля в зависимости от форм азотных удобрений не наблюдается.

В фазу массового цветения и начала плодообразования рост главного стебля хлопчатника при внесении КФУ характеризовался более высокими показателями по сравнению с мочевиной (табл. 17).

Таблица 17
Действие разных форм азотных удобрений на развитие и урожай хлопко-сырца (вегетационный опыт)

Вариант	Год действия (1987)					Год последодействия (1988)				
	Высота стебля, см			Количество коробочек, шт/куст (10.09)	Урожай хлопко-сырца, г/сосуд	Высота стебля, см			Количество коробочек, шт/куст (10.09)	Урожай хлопко-сырца, г/сосуд
	15.06	15.07	06.09			10.06	20.07	10.09		
РК	6.0	23	24	3.2	18.0	10.0	24	26	3.0	16.0
CO(NH ₂) ₂	9.0	58	82	18.0	110.0	9.0	57	80	17.0	115.0
КФУ (2.5:1)	10.0	56	83	16.0	112.0	8.0	60	83	16.0	120.0
КФУ (1.6:1)	8.0	54	82	14.0	107.0	9.0	60	84	16.0	115.0

Как и высота главного стебля, число вполне сформировавшихся коробочек у хлопчатника в первый год опыта (год действия) было большим в варианте с мочевиной. Та же закономерность сохранялась и на второй год. Продуктивность хлопчатника при внесении КФУ с соотношением М:Ф = 2.5:1 была выше, чем при внесении мочевины, и несколько ниже, чем при использовании КФУ с соотношением М:Ф = 1.6:1. Однако на второй год наибольший урожай хлопко-сырца получили в варианте с внесением КФУ (2.5:1). Величина урожая в варианте с КФУ (1.6:1) находилась на уровне контроля (мочевины). Урожай хлопко-сырца за два года при внесении КФУ (2.5:1) превышал показатель варианта с мочевиной. В варианте с КФУ при соотношении М:Ф = 1.6:1 урожай находился на уровне контроля.

В результате лизиметрических опытов установлено, что в период бутонизации хлопчатника (15.06) показатели высоты главного стебля при внесении карбамидоформальдегидных удобрений и мочевины существенно не различались (табл. 18).

Таблица 18
Влияние разных форм азотных удобрений на развитие и урожай хлопко-сырца (лизиметрические опыты)

Вариант	Год действия (1987)					Год последодействия (1988)				
	Высота стебля, см			Количество коробочек на 1 куст, шт.	Урожай хлопко-сырца, г/лизиметр	Высота стебля, см			Количество коробочек на 1 куст, шт.	Урожай хлопко-сырца, г/лизиметр
	15.06	20.07	10.09			15.06	20.07	10.09		
РК	16	24	26	2.6	43	15	23	25	2.7	51.0
CO(NH ₂) ₂	35	41	71	7.2	180	30	37	68	7.5	204
КФУ (2.5:1)	36	42	74	7.0	170	31	47	67	8.0	225
КФУ (1.6:1)	34	40	72	7.0	171	29	38	61	7.6	214
КФУ (1.6:1) + мочевины	35	40	71	7.3	182	30	36	67	7.3	220

Такие же данные получены и в период массового цветения и плодообразования хлопчатника. В период массового (50%) раскрытия коробочек (10.09) в вариантах с внесением КФУ отмечалась тенденция к усилению роста главного стебля хлопчатника по сравнению с мочевиной. На второй год проведения опыта (последодействие) ростовые процессы происходили более интенсивно в вариантах с КФУ, особенно при соотношении М:Ф = 2.5:1.

В первый год опыта количество вполне сформировавшихся коробочек в варианте с мочевиной было несколько больше, чем с КФУ, на второй год (последодействие) их было больше в вариантах с КФУ. Величина урожая коррелировала с данными по высоте главного стебля и накоплению плодоеlementов. В год действия удобрений более высокий урожай хлопко-сырца получен при использовании мочевины — 180 г/лизиметр (в вариантах с КФУ — 170—171 г/лизиметр). На второй год (последодействие) урожай хлопко-сырца был выше при внесении КФУ — 214 г/лизиметр (при соотношении М:Ф = 1.6:1) и 225 г/лизиметр (при соотношении М:Ф = 2.5:1). За два года более высокий уровень урожайности зарегистрирован в варианте с КФУ, особенно при сочетании его с мочевиной.

По данным полевых опытов, в вариантах с КФУ высота главного стебля и число коробочек на 1 куст были больше, чем при внесении мочевины.

Ниже приводятся данные о высоте главного стебля, плодоношении и урожай хлопка-сырца (полевые опыты).

	Высота главного стебля, см		Количество коробочек на 1 куст, шт.	Урожай хлопка-сырца, ц/га
	01.08	01.09		
1987 г.				
Мочевина	68.0	76.0	6.7	24.3
КФУ (1.6:1)	69.1	75.0	7.6	27.5
1990 г.				
Мочевина	76.0	86.0	6.3	26.5
КФУ (1.6:1)	75.0	84.0	6.8	28.3

Примечание. Доза удобрений (кг/га) $N_{120}P_{120}K_{60}$.

Урожай хлопка-сырца при использовании под хлопчатник КФУ в опыте 1987 г. превысил результат варианта с мочевиной на 3.2 ц/га, а в опыте 1990 г. — на 1.8 ц/га. В среднем за два года урожай хлопка-сырца, полученный при внесении КФУ, был на 2.5 ц/га больше по сравнению с показателем мочевины.

В годы действия и последствия удобрений использование растением азота из КФУ характеризовалось большими величинами, чем из мочевины. Коэффициент использования азота хлопчатником из КФУ за два года превышал показатель мочевины. При внесении 70% годовой нормы азота КФУ перед посевом и в фазу цветения, а остальных 30% в виде мочевины — в период бутонизации усвоение азота растением было более интенсивным, чем из мочевины. Эти условия питания наиболее усиливали поступление азота из удобрений. Показано, что закрепление в почве азота КФУ характеризуется более высокими по сравнению с мочевиной показателями. КФУ способствовало сохранению в почве большего количества аммиачного азота, одновременно снижая

содержание в ней нитратной формы. В результате интенсивность выщелачивания нитратов заметно снизилась.

В год действия КФУ количество потребляемого азота из почвенных ресурсов увеличилось, на второй год (последствия) уменьшалось. Непроизводительные потери азота из КФУ были заметно ниже, чем из мочевины. На засоленном светлом сероземе действие КФУ более эффективно, чем на типичном сероземе.

Глава 6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХЛОПЧАТНИКОМ И ПЕРЕВРАЩЕНИЕ В ПОЧВЕ РАЗНЫХ ФОРМ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ, ИХ ВЛИЯНИЕ НА УСВОЕНИЕ ФОСФАТОВ ПОЧВЫ И УРОЖАЙ ХЛОПКА-СЫРЦА

По результатам многочисленных опытов Д.А. Кореньковым (1976) установлено, что аммиачная форма азотных удобрений способствовала большему поступлению азота в растения кукурузы, чем нитратная.

По данным Д.А. Коренькова (1976), П.М. Смирнова (1979) и др., потери и закрепление (иммобилизация) в почве азота удобрений происходят в основном в первые 20–30 дней, когда он еще не полностью использован растением и подвергается интенсивному воздействию денитрификаторов.

Во всех опытах закрепление органического азота из нитратных форм удобрений, меченных ^{15}N ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NH_4NO_3), шло слабее (8–12%), чем из аммиачной и амидной форм (12–23%); потерей же из нитратных удобрений было больше (25–35%), чем из аммиачных и амидных (15–20%).

П.М. Смирнов, Д. Вуйчик-Войтковая, И.А. Лаврова (1967) в условиях вегетационных опытов установили, что закрепление в почве азота удобрений, меченных ^{15}N , в органической форме происходит на 15% быстрее при внесении аммиачных удобрений $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ и мочевины $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, чем при использовании нитратного удобрения (NaNO_3) . Потери азота удобрений из нитратного удобрения характеризовались большими величинами, чем из аммиачного и мочевины. При заблаговременном (за 50 дней) внесении азотных удобрений в почву иммобилизация меченого азота удобрений и потери его из почвы заметно возросли. При внесении в почву соломы потери азота удобрений уменьшились, одновременно увеличилось количество иммобилизованного азота.

В.Б. Зематина (1970) показала, что на мощном сероземе коэффициент использования азота удобрений в значительной мере зависит от их формы.

В многолетнем стационарном полевом опыте Граковского опытного поля ЦНИУФ Н.К. Боронин, Л.А. Горелик, Ф.В. Янишевский (1985) изучали эффективность форм азотных удобрений. Установлено, что озимая пшеница и кукуруза лучше отзываются на аммонийные формы азотных удобрений, чем на нитратную и аммонийно-нитратную. Лучшая форма для неорошаемой сахарной свеклы — аммиачная селитра.

В опыте И.А. Коринной (1968) по изучению использования

растениями азота различных форм азотных удобрений в условиях мелкоделетных опытов на дерново-подзолистой суглинистой почве коэффициент использования азотных удобрений варьировал от 30 до 38%. По данным Л.В. Помазкина (1980), коэффициент использования азота яровой пшеницей из сульфата аммония и мочевины на сероземной почве составлял 33.7–35.3% внесенного количества, на дерново-луговой — на 4.5–6.4% больше. В.В. Кидин, П.М. Смирнов, О.Н. Ионкова (1980) установили, что использование азота аммиачной селитры и сульфата аммония ячменем и кукурузой, выращенных в условиях дерново-подзолистой почвы, варьировал от 35 до 55%.

А.В. Соколов (1947, 1950), Ф.В. Турчин (1964) отмечают тесную взаимосвязь азотного и фосфорного питания. Аммиачное питание растений способствует усилению поступления в растение фосфора, а содержание в почве доступного фосфора, в свою очередь, влечет повышенное поглощение азота, особенно в аммиачной и амидной формах. В работе Ф.В. Турчина (1964) показано, что фосфатный ион оказывает существенное влияние на использование растениями аммиачного и нитратного азота. Поглощение фосфатных и аммонийных ионов происходит в тесной взаимосвязи: усиленное потребление одного из этих ионов влечет за собой более интенсивное поступление другого. При нитратном питании подобного влияния не наблюдалось. М.И. Братчева (1979) установила, что сульфат аммония более, чем другие виды удобрений (мочевина, азотнокислый аммоний), способствует повышению содержания в почве подвижного фосфора. Многочисленные опыты Г.И. Яровенко (1969) позволили заключить о важном значении аммиачной и амидной форм азота в поглощении и потреблении хлопчатником фосфора.

А.Л. Курсановым (1962), О.Ф. Туевой (1966) показано, что к началу бутонизации и цветения растений синтетические процессы в вегетативных органах, как правило, достигают максимальной величины. В это время в органах растения в наибольшем количестве содержатся сложные структурные и ферментные белки, а из внешней среды идет максимальное поступление основных питательных элементов, увеличивается количество их в тканях.

Как известно, легкодоступных для растений форм фосфора, извлекаемых 1% углекислым аммонием, в сероземах немного — 1–3% его общего содержания. По данным Б.П. Мачигина (1957), углекислым аммонием извлекаются в основном моно- и дифосфаты кальция, частично — трехкальциевые соединения фосфора. Они составляют главную часть фонда потребления фосфора хлопчатником и другими сельскохозяйственными растениями.

Ю.И. Касицкий, Р.Х. Мучу, А.А. Лушина (1985), И.Ю. Касицкий и др. (1988) установили, что оптимальный уровень обеспеченности выщелоченного чернозема подвижным фосфором по Мачигину для севооборота, включающего озимую пшеницу, кукурузу и сахарную свеклу, находится в интервале 2,8–3,5 мг на 100 г почвы. Этот уровень обеспечивает получение 50–52 ц/га зерна озимой пшеницы по предшественнику кукуруза на силос, 40–43 ц/га зерна озимой пшеницы по предшественнику озимая пшеница, 500–520 ц/га зеленой массы кукурузы и 440–500 ц/га корневой сахарной свеклы.

Ю.И. Касицкий и др. (1988) показано, что в условиях карбонатного чернозема величина содержания фосфора, определяемого по методу Мачигина, хорошо согласуется с полученной в опыте эффективностью фосфатов и балансовыми расчетами в системе удобрение-почва-растение. Поэтому они могут служить надежной основой для прогноза превращения остаточных фосфатов в почве и последствия фосфорных удобрений.

Рекомендованный Б.П. Мачигиным метод извлечения легкодоступных фосфатов для оценки обеспеченности почвы подвижным фосфором был проверен на светлых, типичных сероземах, луговых и лугово-болотных почвах Средней Азии и показал положительную корреляцию отзывчивости хлопчатника на фосфорные удобрения. На основании данных этого метода в хозяйствах республики составлены агрохимические картограммы, показывающие степень обеспеченности почвы подвижными фосфатами. По этому признаку почвы сероземного пояса разделены на следующие группы: 1) 0–15 мг/кг почвы – очень низкая; 2) 16–30 мг/кг – низкая; 3) 31–45 мг/кг – средняя; 4) 46–60 мг/кг – достаточная; 5) 60 мг/кг и более – высокая.

По данным последнего тура обследования почв районов Узбекистана, большая часть территории характеризуется очень низкой и низкой обеспеченностью доступной для растений формой – подвижными фосфатами.

Многочисленные исследования, проведенные Б.П. Мачигиным (1937), П.В. Протасовым, Б. Катаевым (1963), Н.Г. Зглинской (1974), Т.П. Пирахуновым (1977), показали, что длительное внесение фосфорных удобрений, особенно в высоких дозах, способствует повышению содержания в почве фосфатов, извлекаемых углекислым аммонием. В результате связывания (химическое, физико-химическое, биологическое) фосфаты в сероземах переходят в трудноусвояемую форму, что снижает доступность вносимого фосфора для растений. Наряду закреплением фосфора в почве идет и мобилизация, интенсивность которой зависит от

уровня плодородия почвы, внесения органических удобрений и агротехнического фона (Скрябин, 1970; Пирахунов, 1977; и др.).

Г.И. Яровенко (1969) установил, что наибольшее количество аммиака в почве обнаружено в варианте с внесением цианамид кальция. По его мнению, этот вид удобрения способствует увеличению в почве не только амидного азота, но и углекислоты, которые мобилизуют фосфаты почвы.

В одном из опытов Г.И. Яровенко (1969) показана возможность мобилизации фосфора почвы по следующей очередности: сульфат аммония, мочевина, азотнокислый аммоний.

Исходя из приведенных данных, можно заключить, что факт увеличения мобильности фосфатов в почве при внесении сульфата аммония по отношению к другим формам азотных удобрений связан, с одной стороны, с воздействием аммония, с другой, – серы. Однако положительное действие серы на мобильность фосфатов пока еще недостаточно выяснено. Мочевина, характеризующаяся меньшей нитрификацией, чем азотнокислый аммоний, больше образует аммиачного азота, поэтому здесь мобильность фосфатов увеличивается.

В отличие от ранее приведенных работ, наши исследования проводились на различных по обеспеченности подвижным фосфором типичных сероземах. В этих почвенных условиях изучалась растворимость (мобилизация) фосфатов и их потребление хлопчатником при использовании различных форм азотных удобрений. Одновременно с применением стабильного изотопа азота изучалось превращение в почве, использование хлопчатником разных форм азотных удобрений, а также ростовые процессы и продуктивность хлопчатника.

Баланс и превращение в почве азота разных форм азотных удобрений

В результате наших вегетационных опытов установлено, что на низкообеспеченной фосфором почве (типичный серозем) истинная величина использования хлопчатником азота удобрений колеблется от 35 до 48% внесенного количества. Больше всего азота хлопчатник использует из сульфата аммония, мочевины (42,0–44,2%), меньше – из нитратно-аммиачной (38%), нитратной (31,0%) форм. В почве остается от 20 до 24% азота удобрений; при внесении амидных и аммиачной форм количество оставшегося в почве азота увеличивается.

Приводим данные об использовании хлопчатником азота из разных форм азотных удобрений и превращении их в почве, % от внесенного количества (вегетационные опыты).

	Обеспеченность почвы подвижным фосфором	Использовано хлопчатником	Осталось в почве	Неучтенные потери
$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	Низкая	42.0	23.0	35.0
		2100	1150	1750
NH_4NO_3	Низкая	38.0	21.8	40.2
		1900	1090	2010
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	Низкая	31.0	20.0	49.0
		1550	1000	2450
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Низкая	44.2	24.0	31.8
		2210	1200	1590
$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	Средняя	47.5	23.0	29.5
		2375	1150	1475
NH_4NO_3	Средняя	44.0	22.0	34.0
		2250	1100	1700
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	Средняя	41.0	18.0	31.0
		2050	900	1650
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Средняя	48.0	24.0	28.0
		2400	1200	1400

Примечание. В числителе % от внесенного, в знаменателе — мг/сосуд. Доза удобрений (г/сосуд) $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_{1.5}$.

Количество неучтенных потерь азота также в значительной мере зависело от формы азотных удобрений. Больше всего потерь из нитратных и нитратно-аммиачных форм азота удобрений, меньше — из амидных и аммонийных форм.

На среднеобеспеченной подвижным фосфором почве коэффициенты использования азота из кислых форм (особенно аммонийных и амидных) азотных удобрений повышаются. Имобилизованного азота удобрений столько же, сколько и в условиях низкообеспеченной фосфором почвы, но при внесении нитратной формы удобрений содержание его снижается. При использовании под хлопчатник других форм азота величина имобилизованного азота находилась на уровне низкообеспеченной фосфором почвы.

При средней обеспеченности типичного серозема фосфором непродолжительные потери азота из почвы снижались, особенно при внесении амидных и аммиачных форм. Использование амидных форм азота на среднеобеспеченной фосфором почве способствовало повышению коэффициента его использования хлопчатником, снижанию потерь азота из удобрений в большей мере, чем аммиачно-нитратные формы.

Аналогичные данные получены и в лизиметрических опытах.

Приводим данные об использовании хлопчатником и превращении в почве разных форм азотных удобрений в зависимости от обеспеченности почвы подвижным фосфором (лизиметрические опыты).

	Низкообеспеченный фосфором фон (24 мг/кг)			Среднеобеспеченный фосфором фон (42 мг/кг)		
	Использовано хлопчатником	Осталось в почве	Потери	Использовано хлопчатником	Осталось в почве	Потери
$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	39.2	24.0	36.8	43.1	23.2	33.7
	2350	1440	2208	2586	1392	2022
NH_4NO_3	37.3	22.5	40.2	39.1	20.0	40.9
	2238	1350	2412	2346	1200	2454
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	32.3	20.3	46.9	35.1	21.0	43.9
	1933	1248	2914	2106	1260	2634
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	43.5	23.0	33.5	46.0	21.0	33.0
	2610	1390	2010	2760	1260	1980

Примечание. В числителе % от внесенного, в знаменателе — мг/лизиметр. Доза удобрений (г/лизиметр) $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$.

Из приведенных данных следует, что самый высокий коэффициент использования растением азотных удобрений при внесении сульфата аммония, затем следуют мочевины, нитрат аммония, нитрат кальция.

Из низкообеспеченной подвижным фосфором почвы независимо от формы азотных удобрений хлопчатник использует азота меньше, чем из среднеобеспеченной. Количество оставшегося в почве азота удобрений почти не зависит от их формы и обеспеченности почвы подвижным фосфором. Непродолжительных потерь азота из почвы меньше при внесении мочевины и, особенно, сульфата аммония. В случае

использования нитрата аммония и, особенно, нитрата кальция, они увеличиваются. Потери азота из почвы средней обеспеченности подвижным фосфором заметно ниже, чем из почвы низкообеспеченной.

Согласно приведенным данным амидные и, особенно, аммиачные формы азота удобрений способствуют повышению коэффициента полезного действия его на хлопчатник, усилению иммобилизации азота, сокращению непродуцируемых потерь.

В работах П.М. Смирнова и др. (1967), Д.А. Коренькова (1976) установлено влияние азотных удобрений на величину использования растениями азота почвы. Авторы объясняют это усилением мобилизации органического азота из почвенных источников, причем аммиачные формы удобрений сильнее активизируют использование почвенного азота растением, чем нитратные.

Согласно результатам вегетационных и лизиметрических опытов, проведенных нами на низкообеспеченной фосфором почве, большая часть азота в общем его выносе хлопчатником приходится на азот почвы (66,6–68,4%), меньшая – на азот удобрений (31,5–41,7%) (табл. 19).

При внесении амидных и аммонийных форм азота удобрений усиливалось использование хлопчатником азота удобрений и снижалась интенсивность потребления его из почвенных источников по сравнению с вариантом с нитратными и аммонийно-нитратными формами.

При внесении нитратных форм величина дополнительной мобилизации азота из почвенных источников меньше, при использовании аммиачно-нитратных и аммонийных форм больше. Промежуточное положение занимает амидная форма азота (см. табл. 19).

Таблица 19
Использование хлопчатником азота из различных форм удобрений и почвы (вегетационный опыт)

Источник азота	Низкообеспеченный фосфором фон (24) мг/кг					Среднеобеспеченный фосфором фон (42) мг/кг				
	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	NH_4NO_3	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	NH_4NO_3	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
Общий вынос, мг/сусуд	5090	4920	4600	5280	5280	5830	5250	4850	5730	5730
В том числе:										
Азот удобрений, мг/сусуд	2100	1700	1450	2200	2200	1840	1720	1620	1940	1940
% от общего выноса	40,0	34,5	31,5	41,7	41,7	31,56	32,76	33,40	33,56	33,56
Азот почвы, мг/сусуд	2990	3220	3150	3080	3080	3990	3530	3230	3810	3810
% от общего выноса	60,0	65,5	68,5	58,3	58,3	68,44	67,24	66,60	66,44	66,44
Вынос азота хлопчатником в варианте с неудо- бренной почвой, мг/сусуд	450	450	450	450	450	520	520	520	520	520
Дополнительная мобилизация азота, мг/сусуд	240	210	200	260	260	240	300	270	240	240

Интерес представляют данные о потреблении хлопчатником азота удобрений и почвы при использовании разных форм азотных удобрений на среднеобеспеченной подвижным фосфором почве. При средней обеспеченности почвы фосфором доля азота удобрений в общем его выносе меньше, а величина использованного азота почвы больше, чем при низкой обеспеченности.

Пресобладание азота удобрений в общем выносе его хлопчатником характерно для амидных и, особенно, аммонийных форм азота удобрений. В условиях среднеобеспеченной подвижным фосфором почвы дополнительная мобилизация азота из почвенных ресурсов при внесении амидных и аммонийных форм азота определялась более низкими показателями по сравнению с вариантами, где использовали нитратные и аммиачно-нитратные соединения азота. Зависимость использования хлопчатником разных форм азота от обеспеченности почвы фосфором подтверждается данными лизиметрического опыта (табл. 20).

Согласно им, величина использованного хлопчатником азота удобрений, меченный ^{15}N , больше, а потеря — меньше при внесении мочевины и сульфата аммония.

При внесении различных форм азотных удобрений разница по количеству иммобилизованного (органического) азота удобрений незначительна, но имеется тенденция к увеличению его из мочевины и сульфата аммония. С повышением обеспеченности почвы подвижным фосфором от низкой до средней коэффициенты использования азота разных форм удобрений повышаются, потери же его из почвы снижаются. Хлопчатник больше всего использует азот из почвенных ресурсов, особенно в условиях средней обеспеченности почвы подвижным фосфором.

Таблица 20
Использование хлопчатником азота из различных форм удобрений и почвы (лизиметрический опыт)

Источник азота	Низкообеспеченный фосфором фон (24 мг/кг)				Среднеобеспеченный фосфором фон (42 мг/кг)			
	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	NH_4NO_3	$\text{C}_6\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	NH_4NO_3	$\text{C}_6\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
Общий вынос, мг/сосуд	7800	7300	6900	8400	8400	7900	7480	8900
В том числе:								
Азот удобрений, мг/сосуд	2350	2220	1900	2610	2580	2340	2100	8760
% от общего выноса	30.0	29.9	27.6	30.0	31.0	30.0	28.0	31.0
Азот почвы, мг/сосуд	5450	5080	5000	5800	4410	4370	5300	4090
% от общего выноса	60.0	65.5	68.5	58.3	68.44	67.24	66.60	66.44
Вынос азота хлопчатником на недоброустроенном хлопчатнике	1100	1200	900	1300	1300	1140	1050	1300
В том варианте, мг/сосуд								
Дополнительная мобилизация азота, мг/сосуд	4350	3600	4070	3750	3110	3230	2920	2790

При внесении амидных и аммонийных форм азота показатель дополнительной мобилизации азота почвенных ресурсов снижается по сравнению с вариантом, где вносили нитратные и аммиачно-нитратные формы.

Тот факт, что внесение мочевины и сульфата аммония под хлопчатник способствует повышению использования азота из вносимых удобрений и снижению его из почвенных источников в большей мере, чем нитрат кальция и аммоний азотнокислый, — важно для сохранения потенциального плодородия почвы.

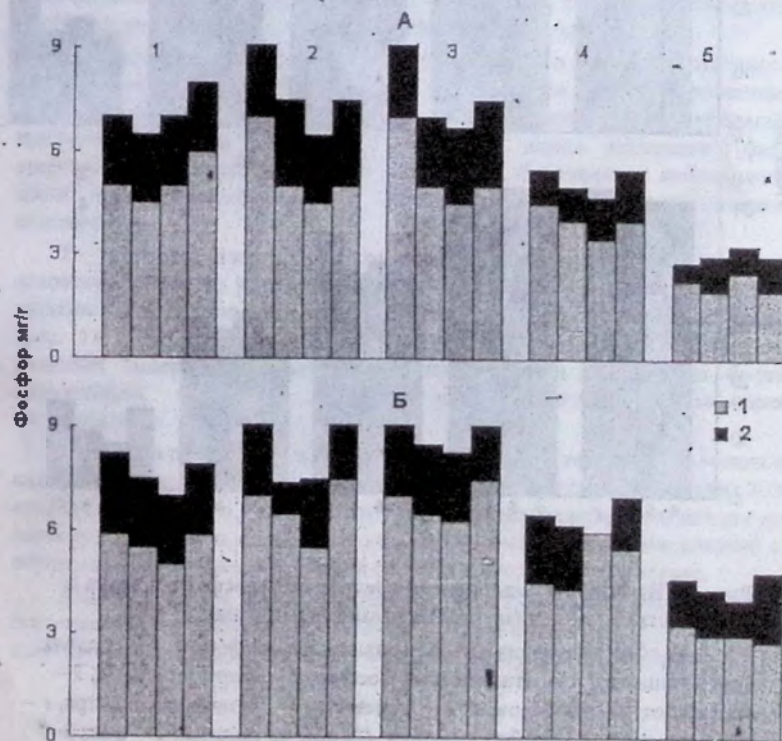
Содержание в листьях хлопчатника соединений азота и фосфора

В результате вегетационных опытов установлено, что в условиях среднеобеспеченных фосфором почв содержание валового азота и его белковой и небелковой фракций зависит от азотных удобрений (рис. 12.). При внесении сульфата аммония и мочевины в течение всего периода вегетации содержание валового и белкового азота в тканях листьев хлопчатника увеличивалось. В этих условиях питания превращение небелкового азота в белковую форму было более интенсивным, чем при внесении других видов азотных удобрений (азотнокислого аммония и нитрата кальция), что наиболее наглядно проявлялось в период бутонизации и цветения хлопчатника. В фазу плодообразования наблюдалась та же закономерность, что и в фазу цветения.

В среднеобеспеченной фосфором почве (см. рис. 12) содержание общего, белкового и небелкового азота выше, чем в низкообеспеченной. В низкообеспеченной фосфором почве превращение небелкового азота в белковый протекает более интенсивно при внесении мочевины и, особенно, сульфата аммония.

Сказанное подтверждается результатами анализов по содержанию азота удобрений в белковой и небелковой фракциях, полученных в листиметрических опытах с применением изотопа ^{15}N (табл. 21). Согласно приведенным данным, количество белкового и небелкового азота в листьях больше при внесении амидных форм азота, особенно сульфата аммония. В этих условиях происходит интенсивное включение небелкового азота в белковые соединения. На нитратном и аммиачно-нитратном фоне питания включение небелкового азота в состав белков заметно снижается. В зависимости от формы азотных удобрений этот

процесс протекает более интенсивно на среднеобеспеченной подвижным фосфором почве.



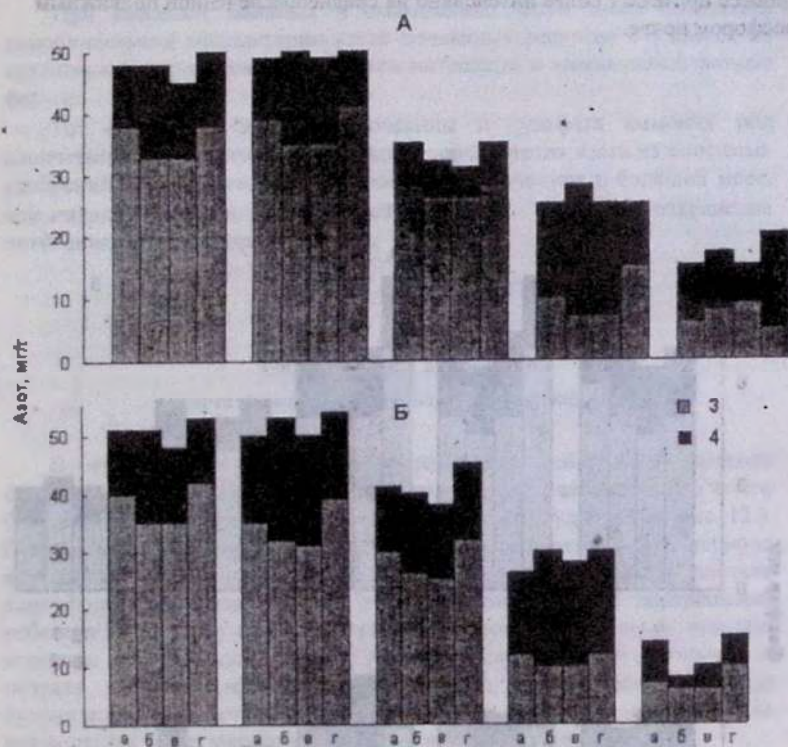


Рис. 12. Изменение содержания соединений фосфора и азота в листьях хлопчатника. Вегетационный опыт, 1987 г.

А — низкая обеспеченность почвы поданжым фосфором, Б — средняя обеспеченность. 1 — органический фосфор, 2 — неорганический, 3 — белковый азот, 4 — небелковый; а — мочеви́на, б — аммиачная селитра, в — нитрат кальция, г — сульфат аммония. Цифры на рисунке: 1 — фаза 2-3 настоящих листьев, 2 — бутонизация, 3 — цветение, 4 — плодообразование, 5 — созревание.

В результате исследований в условиях полевых опытов также установлено, что на среднеобеспеченной фосфором почве валового, белкового и небелкового азота содержится в листьях больше, чем на низкообеспеченной. Применение под хлопчатник амидного азота, особенно сульфата аммония, по сравнению с вариантами, где вносили нитрат кальция и нитрат аммония, способствовало большему увеличению в листьях хлопчатника не только валового, но и органического азота. В этих условиях питания превращение в листьях хлопчатника небелкового азота в белковый заметно ускорялось, особенно на среднеобеспеченной фосфором почве (см. рис. 12).

Под влиянием мочевины и сульфата аммония в листьях повышалось содержание валового, белкового и небелкового азота. Отмеченная закономерность наиболее наглядно проявилась в условиях среднеобеспеченной фосфором почвы. В конце вегетации (фаза созревания) различие в содержании общего, белкового и небелкового азота при внесении разных форм азотных удобрений заметно сглаживается.

В условиях полевых опытов также показано, что количество валового, белкового и небелкового азота в листьях хлопчатника заметно колеблется в зависимости от примененной формы азотных удобрений (рис. 13). При использовании под хлопчатник мочевины и сульфата аммония содержание общего и белкового азота повышается более значительно, чем при внесении нитрата кальция и аммония азотнокислого.

В результате исследований установлено, что самое высокое содержание валового фосфора в тканях листьев приурочено к фазам 2-3 настоящих листьев и бутонизации, затем оно резко снижается, доходя до минимума в период созревания коробочек хлопчатника. Это связано с образованием бутонов и завязей и оттоком в них фосфора листьев.

Амидная форма азота, особенно сульфат аммония, способствуют большему увеличению количества валового фосфора в листьях хлопчатника, чем нитрат кальция и аммоний азотнокислый (см. рис. 12).

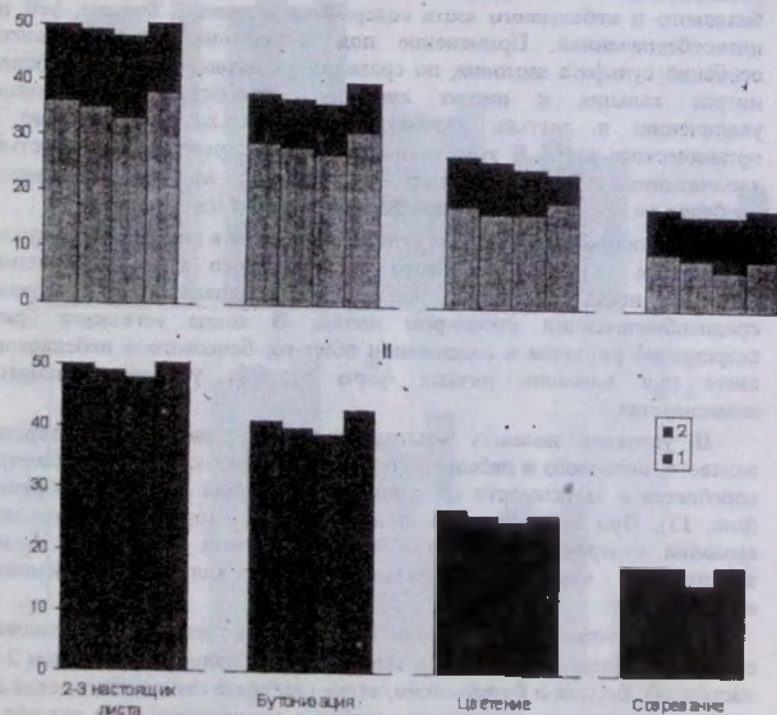


Рис. 13. Влияние разных форм азотных удобрений на содержание соединений азота в листьях хлопчатника при различной обеспеченности почвы подвижным фосфором, мг/г (полевой опыт, 1987 г.).

I — средняя обеспеченность, II — низкая обеспеченность. 1 — белковый азот, 2 — небелковый. Варианты: а — мочевина, б — аммиачная селитра, в — нитрат кальция, г — сульфат аммония.

Характер содержания органического фосфора в листьях хлопчатника отражает в основном такую же закономерность, которая получена для валового фосфора, т.е. содержание этой формы фосфора повышается до бутонизации и цветения, затем снижается. В условиях среднеобеспеченной фосфором почвы количество органического фосфора в листьях больше, чем на низко-обеспеченной. При внесении мочевины и, особенно, сульфата аммония, содержание органического фосфора выше, чем при использовании азотнокислого аммония и нитрата кальция. Применение мочевины и сульфата аммония способствует также увеличению количества неорганического фосфора. В этих условиях питания не только повышается его содержание в листьях, но он быстро переходит в более сложные объединения. На среднеобеспеченной подвижным фосфором почве неорганического фосфора в листьях больше, чем на низкообеспеченной.

В условиях полевого опыта было показано, что содержание валового, органического и неорганического фосфора зависит от формы внесенных удобрений. В условиях среднеобеспеченных подвижным фосфором типичных сероземов в ранний период развития хлопчатника содержание валового фосфора в тканях листьев характеризуется большими величинами при внесении сернокислого аммония и мочевины, чем при использовании аммиачной селитры и, особенно, азотнокислого кальция. Такая же закономерность сохраняется и относительно содержания органического фосфора.

О.Ф. Тузной (1966) показано, что при достаточной обеспеченности растений фосфором в тканях листьев всегда содержится в больших количествах его минеральная форма как запас, способствующий усилению перехода фосфора в органические фосфаты. В условиях внесения амидных и аммиачных форм азота содержание неорганического фосфора выше, чем при внесении нитратных и аммиачно-нитратных форм. Данная закономерность сохраняется в период репродуктивного развития хлопчатника (бутонизация-плодообразование). Однако в фазы цветения и плодообразования валовое содержание фосфора и его органических соединений в листьях снижается, одновременно снижается и содержание неорганических фосфатов, что следует объяснить высокой потребностью в фосфоре образующихся плодовых элементов. В этом случае фосфор, накопленный в листьях, реутилизируется.

Таблица 21

Содержание азота в листьях хлопчатника азот удобрений в зависимости от их форм и обеспеченности почвы поливаемым фосфором, мг/г (экспериментальные опыты)

Форма азотных удобрений	Низкообеспеченный фосфором фон (24 мг/г)				Среднеобеспеченный фосфором фон (42 мг/г)			
	2-3 истонящих листа	Бутонизация	Цветение	Созревание	2-3 истонящих листа	Бутонизация	Цветение	Созревание
	8.3	9.1	6.5	4.3	8.9	10.8	7.8	5.0
$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	6.8	8.4	6.0	3.2	8.6	8.9	6.9	4.3
NH_4NO_3	5.8	6.8	5.4	3.0	7.1	7.9	6.1	3.9
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	9.3	9.9	8.3	4.5	9.3	11.3	9.3	4.8

Примечание. Годовая норма удобрений (г/га) N = 6, K = 2. Доза фосфора на низкообеспеченной фосфором почве 50 г/га, на среднеобеспеченной — 37.

Необходимо отметить, что при внесении сульфата аммония и мочевины содержание разных соединений фосфора в листьях находится на более высоком уровне, чем при использовании нитрата кальция и азотнокислого аммония. Полученные автором данные показывают, что амидные формы азота, особенно сульфат аммония, способствуют большему повышению валового фосфора в листьях хлопчатника, чем нитрат кальция и азотнокислый аммоний. По результатам анализов данных наших полевых опытов также установлено, что содержание валового азота и фосфора в плодоелементах в различные фазы развития зависит от уровня обеспеченности хлопчатника фосфором и формы внесенных азотных удобрений (табл. 22).

Таблица 22

Зависимость содержания (мг/г) азота и фосфора в плодоелементах хлопчатника на различных по обеспеченности фосфором почвах от формы азотных удобрений. Полевые опыты.

Форма азотных удобрений	Обеспеченность почвы фосфором	Бутонизация		Цветение		Плодообразование	
		N	P	N	P	N	P
$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	Низкая	33	11.0	28	12.0	30	12.1
NH_4NO_3	Низкая	31	9.0	26	11.0	29	11.3
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	Низкая	30	9.2	25	10.5	28	11.5
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Низкая	33	11.2	28	12.3	31	12.5
$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	Средняя	35	12.0	31	13.1	32	13.2
NH_4NO_3	Средняя	32	11.5	28	12.0	29	12.5
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	Средняя	33	11.1	28	11.0	30	12.1
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Средняя	36	12.5	32	13.9	33	13.5

Примечание. Доза удобрений (кг/га) $\text{N}_{200}\text{P}_{140}\text{K}_{90}$.

На среднеобеспеченной подвижным фосфором почве содержание валового азота и фосфора в плодоеlementах хлопчатника выше, чем на низкообеспеченной. Мочевина и сульфат аммония во все фазы репродуктивного развития хлопчатника способствуют большему росту содержания в плодоеlementах азота и фосфора по сравнению с нитратом кальция и нитратом аммония. Следовательно, мочевина и, особенно, сульфат аммония способствуют реутилизации питательных элементов из вегетативных в репродуктивные органы хлопчатника, что важно для ускорения раскрытия коробочек и повышения качества хлопка-сырца.

Содержание в почве подвижных соединений азота и фосфора

В результате исследований мы установили, что содержание аммиачного и нитратного азота в почве зависит от форм азотных удобрений и обеспеченности ее подвижным фосфором (табл. 23). По данным вегетационных и полевых опытов, при внесении нитратно-аммиачной и, особенно, нитратной формы азота содержание в почве аммиачного азота ниже, а нитратного выше, чем при использовании аммиачной формы, особенно сульфата аммония. В фазу созревания коробочек указанная разница существенно сглаживается. При средней обеспеченности почвы фосфором имеется тенденция к большему снижению содержания в ней аммиачного и нитратного азота, чем при низкой обеспеченности. Это объясняется лучшим использованием азота удобрений и почвы растениями в первом случае.

Анализ данных показал, что имеется взаимосвязь содержания подвижного фосфора в почве с количеством аммиачного азота: с увеличением количества аммиачного азота повышается и содержание подвижного фосфора (особенно в условиях среднеобеспеченной фосфором почвы). Аналогичные данные при использовании разных форм азотных удобрений получены в условиях полевых опытов.

Таблица 23

Зависимость содержания нитратного и аммиачного азота (мг/кг) в почве от обеспеченности ее фосфором и применения разных форм азотных удобрений (горизонт 0-30 см)

Форма азотных удобрений	Обеспеченность почвы фосфором	2-3 настоящих листа		Бутонизация		Цветение		Созревание	
		NO ₃	NH ₄	NO ₃	NH ₄	NO ₃	NH ₄	NO ₃	NH ₄
Вегетационный опыт, 1986 г.									
CO(NH ₂) ₂	Низкая	30	9	35	12	28	9	19	6
NH ₄ NO ₃	Низкая	36	6	42	7	38	8	18	5
Ca(NO ₃) ₂	Низкая	38	6	47	6	39	6	19	5
(NH ₄) ₂ SO ₄	Низкая	32	11	33	13	26	9	20	7
CO(NH ₂) ₂	Средняя	33	11	37	9	29	11	20	8
NH ₄ NO ₃	Средняя	39	7	45	8	30	6	21	7
Ca(NO ₃) ₂	Средняя	38	9	47	7	31	7	22	6
(NH ₄) ₂ SO ₄	Средняя	29	12	32	13	28	10	19	7
Полевой опыт, 1987 г.									
CO(NH ₂) ₂	Низкая	33	12	39	12	41	8	22	5
NH ₄ NO ₃	Низкая	38	8	45	9	48	4	24	4
Ca(NO ₃) ₂	Низкая	41	6	42	8	51	3	24	4
(NH ₄) ₂ SO ₄	Низкая	32	14	38	14	40	8	23	4
CO(NH ₂) ₂	Средняя	30	13	37	11	43	9	15	5
NH ₄ NO ₃	Средняя	35	9	42	8	49	19	4	
Ca(NO ₃) ₂	Средняя	40	8	41	8	50	4	21	6
(NH ₄) ₂ SO ₄	Средняя	34	13	35	14	44	8	16	5

Исследованиями установлено, что при внесении нитратов аммония и, особенно, нитрата кальция содержание в почве подвижного фосфора, растворимого в углекислом аммонии, ниже по сравнению с вариантом, где вносили амидный азот, особенно, сульфат аммония (рис. 14). В первой половине вегетации (до бутонизации-цветения) хлопчатника уровень содержания в почве легкодоступного фосфора выше при использовании под хлопчатник амидного азота и аммония сульфата, чем в случае внесения нитрата кальция и нитрата аммония.

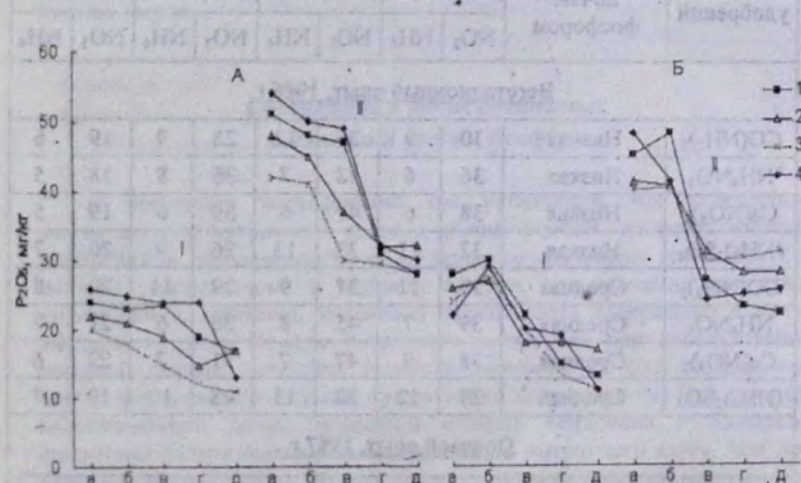


Рис. 14. Содержание в почве подвижного фосфора, растворимого в 1% углекислом аммонии, при внесении разных форм азота в зависимости от обеспеченности почвы подвижным фосфором, мг/кг.

А — вегетационный опыт, Б — полевой. I — низкая обеспеченность, II — средняя обеспеченность. Варианты: 1 — $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, 2 — NH_4NO_3 , 3 — $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 4 — $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

Сроки определения: а — 2-3 настоящих листьев, б — бутонизация, в — цветение, г — плодообразование, д — созревание.

В период массового накопления хлопчатником плодоеlementов (цвете-ние-плодообразование) содержание подвижного фосфора в почве снижается, особенно при внесении амидного аммония (что указывает на усиленное потребление хлопчатником фосфора в этих условиях питания).

Интенсивная мобилизация фосфора почвы и удобрений наблюдается в условиях среднеобеспеченной подвижным фосфором почвы при внесении амидной формы азота (мочевина) и сульфата аммония. В почве с низкой обеспеченностью и при использовании нитрата кальция и нитрата аммония она значительно ниже.

Указанные данные свидетельствуют, что на среднеобеспеченных фосфором типичных сероземах внесение любой формы азота (особенно сульфата аммония) является одним из факторов повышения мобильности фосфатов почвы и удобрений и, следовательно, повышения их эффективности. Сказанное подтверждается тем, что в условиях среднеобеспеченной подвижным фосфором почве резервный фонд фосфатов (т.е. фосфаты, растворимые в насыщенных углекислотой водных растворах и извлекаемых 0.5 н уксусной кислотой) больше, чем в низкообеспеченной. Естественно, из среднеобеспеченных типичных сероземов фосфора, растворимого в вытяжке углекислого аммония, извлекается больше, чем из низкообеспеченных.

В литературе имеются сведения, что при внесении сульфата аммония не только его аммонийная часть, но и сульфатная кислота воздействуют положительно на растворимость фосфатов почвы. Однако механизм положительного воздействия сульфата на мобилизацию фосфатов почвы остается малоизученным. По всей вероятности, сера, как важнейший элемент, способствует усилению потребления растениями фосфатов, с другой стороны, ее присутствие в почве может усилить микробиологические процессы, что, в конечном счете, должно выразиться в активизации поглощения и потребления растением фосфора (Таддесе, 1988).

Более обоснованные разъяснения по вопросу мобилизации фосфора в почве при увеличении в почвенном субстрате аммония мы находим в трудах А.В. Соколова (1947), Ф.В. Турчин (1964). По данным этих исследований, азотное и фосфорное питание взаимосвязано и обусловлено формами внесенных азотных удобрений. При наличии в почвенном субстрате аммония создается возможность образования соли фосфорной кислоты с аммонием, что способствует большему поступлению в растение не только фосфора, но и азота и потреблению их растением.

В условиях полевых опытов на фоне низко- и среднеобеспеченной

подвижным фосфором почвы изучалось влияние разных форм азотных удобрений на мобилизацию фосфатов почвы, извлекаемых 1% углекислым аммонием.

Из рис. 14 следует, что мочевина и, особенно, сульфат аммония, в большей мере способствуют повышению содержания подвижного фосфора в почве, чем азотнокислый аммоний. Особенно большая разница в содержании подвижного фосфора в почве в зависимости от формы используемых азотных удобрений наблюдается в период репродуктивного развития хлопчатника, затем она сглаживается.

Таким образом, результаты вегетационных и полевых опытов показывают, что амидная форма азота, особенно сульфат аммония, оказывают более положительное влияние на подвижность фосфатов почвы, чем нитрат кальция и азотнокислый аммоний. Положительное влияние сульфата аммония и мочевины на подвижность фосфатов почвы в условиях среднеобеспеченной фосфором почвы проявляется более четко, чем на низкообеспеченной.

Валовое содержание фосфатов в почве не может служить решающим критерием ее плодородия. Для его оценки значение имеют не абсолютные величины содержания фосфатов, а формы их соединений, степень их подвижности и доступности для хлопчатника.

Ф.В. Чириков (1956) предложил разделить почвенные фосфаты на пять групп в зависимости от перехода их в различные растворители. Первая группа включает наиболее подвижные фосфорные соединения, переходящие в воду, насыщенную углекислотой; вторая группа, растворимая в уксуснокислой вытяжке, — доступные для растений формы фосфорной кислоты; третья — фосфор труднорастворимых соединений, растворимый в солянокислой вытяжке; четвертая — органические фосфаты, растворимые в 3 н растворе аммония; пятая — неизвлекаемые указанными растворителями фосфаты. Несмотря на недостаточное совершенство метода (определение минеральных и органических фосфатов с помощью последовательных кислотных и щелочных вытяжек), он все же дает представление о резервах фосфора в почве, которые могут быть мобилизованы для растений.

К.Б. Саакянц (1966), Г.И. Кобзева (1974) установили, что в поясе типичных сероземов фосфатов первой группы по Чирикову обнаружено 3–6% от валового фосфора, фосфатов второй группы, извлекаемых 0.5 н уксусной кислотой — 60–75%. Содержание полутвердых окислов и апатитов, выделяемых 0.5 н HCl составляло 10–20%.

По результатам исследований в условиях вегетационных опытов установлено, что содержание в почве фосфора различной степени

растворимости зависит от уровня обеспеченности ее подвижным фосфором и форм применяемых азотных удобрений (табл. 24).

На среднеобеспеченных подвижным фосфором типичных сероземах независимо от формы азотных удобрений валовое содержание фосфора было выше, чем на низкообеспеченных. Фосфора, извлекаемого водными растворами угле- и уксусной кислоты, в среднеобеспеченной фосфором почве было также больше.

Содержание фосфора, извлекаемого растворами соляной кислоты из почв разной степени обеспеченности подвижным фосфором, существенно не отличалось от исходного. Таким образом, на средне- и низкообеспеченной почве основное изменение в результате систематического применения фосфорных удобрений происходит за счет фосфора, извлеченного водными вытяжками угле- и уксусной кислоты.

Таблица 24

Зависимость содержания созданского фосфора (мг/кг) от обеспеченности почвы подвижным фосфором при внесении разных форм азотных удобрений (конец вегетации, 10.09). Вегетационный опыт.

Форма фосфора.	Низкая обеспеченность					Средняя обеспеченность				
	Исходная	$\text{Ca}(\text{NH}_2)_2$	$\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Ca}(\text{NH}_4)_2\text{PO}_4$	Исходная	$\text{Ca}(\text{NH}_2)_2$	$\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Ca}(\text{NH}_4)_2\text{PO}_4$
Общий	1203	1174	1172	1165	1183	1270	1242	1238	1233	1247
Растворимый в углекислой вытяжке	80.4	61.7	70.3	68.7	61.3	91.7	65.0	70.0	67.8	66.0
Растворимый в 0.5 н уксусной кислоте	704	689	693	698	686	751	703	718	720	706
Растворимый в 3 н HCl	210	208	211	206	208	233	232	229	230	231

Исследованиями установлено, что в зависимости от обеспеченности почвы подвижным фосфором различные формы азотных удобрений влияют на мобилизацию фосфора по-разному. На низкообеспеченной фосфором почве применение сульфата аммония и мочевины способствует снижению содержания фосфора, извлекаемого водным раствором углекислоты, в большей мере, чем внесение азотнокислого аммония. На среднеобеспеченной подвижным фосфором почве под влиянием мочевины и, особенно, сульфата аммония содержание фосфора, растворимого в углекислой вытяжке, снижалось в большей степени, чем на низкообеспеченной. Аммоний азотнокислый и нитрат кальция способствовали уменьшению количества фосфора в почве, растворимого в уксусно-кислой вытяжке (у мочевины и сульфата аммония такого действия не наблюдалось). Причем содержание этой формы снижалось в большей мере, чем фосфора, извлекаемого углекислотой, что связано с большим потреблением ее хлопчатником. По содержанию фосфора, растворимого в растворах соляной кислоты, при внесении разных форм азотных удобрений существенного различия не отмечалось.

Следовательно, мобилизация фосфора идет в основном за счет форм, извлекаемых водными растворами углекислой и уксуснокислой вытяжки. Амидные и, особенно, аммонийные (сульфат аммония) формы азота способствуют снижению содержания фосфатов, растворимых в углекислой и уксуснокислой вытяжках, в большей мере, чем нитратная и аммиачно-нитратная. Мобилизация фосфора происходит более интенсивно на средне-обеспеченной фосфором почве, особенно под воздействием мочевины и сульфата аммония.

По данным полевых опытов, содержание фосфора, растворимого в угле- и, особенно, уксуснокислой фракции, снижается при внесении мочевины и сульфата аммония в большей мере, чем при нитрате кальция и аммонии азотнокислом, что указывает на высокую фосформобилизующую способность мочевины и сульфата аммония (табл. 25). Как и в вегетационном опыте, большая фосформобилизующая способность мочевины и сульфата аммония характерна для почвы со средней обеспеченностью подвижным фосфором.

Таблица 25

Зависимость содержания соединений фосфора (мг/кг) от обеспеченности почвы подвижным фосфором при внесении разных форм азотных удобрений
(полевые опыты)

Форма фосфора	Низкая обеспеченность				Средняя обеспеченность			
	$\text{CO(NH}_2)_2$	NH_4NO_3	$\text{Ca(NO}_3)_2$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$\text{CO(NH}_2)_2$	NH_4NO_3	$\text{Ca(NO}_3)_2$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
Общий	1170	1172	1178	1168	1240	1248	1251	1238
Растворимый в угле-кислой вытяжке	70	78	75	68	73	79	81	72
Растворимый в 0.5 н уксусной кислоте	680	693	695	682	721	731	733	720
Растворимый в 3 н HCl	215	214	217	214	231	235	233	230

Вынос питательных элементов хлопчатником, рост стебля, плодоношение и урожай хлопка-сырца

Многочисленными экспериментами установлено, что для образования одной тонны хлопка-сырца хлопчатник использует 60–70 кг азота, примерно столько же фосфора и 15–20 кг калия. Эти показатели колеблются в зависимости от погодных условий, режима питания, водообеспеченности растений и других факторов внешней среды.

По нашим данным (табл. 26), в 1986 г. вынос азота хлопчатником варьировал от 170 до 205 кг/га, в 1987 г. — от 165 до 201; при внесении мочевины и сульфата аммония он увеличивался. В условиях средней обеспеченности почвы подвижным фосфором вынос азота хлопчатником характеризовался большими величинами, чем при низкой обеспеченности. На низкообеспеченной фосфором почве расход азота на образование одной тонны хлопка-сырца при использовании разных

форм азотных удобрений существенно не изменялся. Однако отмечалась тенденция к снижению этого показателя при применении нитрата кальция. В условиях среднеобеспеченной фосфором почвы при внесении мочевины и сульфата аммония расход азота на образование одной тонны хлопка-сырца был больше, чем при использовании нитрата кальция и азотнокислого аммония.

Вынос фосфора составляет от 46 до 69 кг с гектара (см. табл. 26). При применении мочевины и сульфата аммония увеличивается его вынос хлопчатником, особенно на среднеобеспеченной подвижным фосфором почве. На низкообеспеченной фосфором почве расход этого элемента питания на образование одной тонны хлопка-сырца существенно не изменяется в зависимости от применения разных форм азотных удобрений. На среднеобеспеченной почве при использовании мочевины и сульфата аммония наблюдается тенденция к большому расходу его по сравнению с нитратом кальция и азотнокислым аммонием.

Вынос калия и его расход на образование одной тонны хлопка-сырца носит тот же характер, что и азот.

В.Л. Муханова (1950), П.В. Протасов (1953), Е.А. Жориков (1948), Г.И. Яровенко (1969) установили, что на типичных среднесуглинистых сероземах Янгйюльского района Ташкентской области лучшая форма азотного удобрения под хлопчатник — сульфат аммония. В среднем за четыре года урожай хлопка-сырца превысил результат варианта с аммиачной селитрой на 2 ц/га, а с цианамидом кальция — на 3.7 ц/га.

Таблица 26

Вынос питательных элементов и их расход на образование одной тонны хлопка-сырца, кг/га. Полевые опыты.

Годовая норма, кг/га	Форма азотных удобрений	Обес- печа- ность почвы подвиж- ным фосфо- ром	1986 г.					1987 г.				
			Урожай, ц/га	Вынос питатель- ных элементов			Расход на обра- зование хлопка- сырца	Урожай, ц/га	Вынос питатель- ных элементов			Расход на обра- зование хлопка- сырца
				N	P	K			N	P	K	
200	90	CO(NH ₂) ₂	38,6	185	53	203	48	39,0	181	54	195	46
200	140	90	36,8	171	48	190	43	37,5	165	49	190	44
200	140	90	34,3	170	47	185	50	37,0	175	46	183	47
200	140	90	39,3	191	56	209	49	39,8	185	57	201	45
200	105	90	39,5	208	68	215	50	41,5	191	68	205	46
200	105	90	38,7	182	58	210	46	40,5	177	51	185	44
200	105	90	38,0	176	56	195	46	40,0	170	59	192	42
200	105	90	40,8	205	63	220	50	42,3	201	62	215	49

Г.И. Яровенко (1969) показал, что при дополнительном внесении (особенно под зябь) лучшая форма азотных удобрений — цианамид кальция, затем сульфат аммония. Показано, что аммиачная селитра хуже влияла на урожай хлопка-сырца, чем мочевины.

В результате вегетационных опытов, проведенных нами в 1983–1984 гг. на среднеобеспеченной фосфором почве, установлено, что формы азотных удобрений существенно влияют на плодоношение и урожай хлопка-сырца.

Приводим данные об урожае хлопка-сырца в условиях среднеобеспеченной фосфором почвы при внесении разных форм азотных удобрений (вегетационные опыты):

	Обеспеченность почвы подвижным фосфором	Число коробочек на 1 куст, 01.09.83	Урожай хлопка- сырца, г/сосуд	
			1983 г.	1984 г.
CO(NH ₂) ₂	Средняя	11,5	107,6	127,3
NH ₄ NO ₃	Средняя	9,8	101,6	98,5
Ca(NO ₃) ₂	Средняя	8,3	81,6	91,5
(NH ₄) ₂ SO ₄	Средняя	12,0	120,0	109,0

Примечание. Доза удобрений (г/сосуд) N₃P₃K_{1,5}.

При использовании мочевины и сульфата аммония число коробочек на одно растение на 01.09 было больше по сравнению с вариантами с внесением азотнокислого аммония и нитрата кальция соответственно на 1,7 и 3,2. Особенно эффективно действует на накопление коробочек сульфат аммония. Урожай хлопка-сырца (1984 г.) при использовании под хлопчатник сульфата аммония и мочевины заметно повышался (до 107,0–120,0 г/сосуд) по сравнению с другими формами азотных удобрений (81,6–101,6 г/сосуд).

По результатам вегетационных опытов 1986/1987 гг. установлено, что ростовые процессы и плодоношение хлопчатника более интенсивны в условиях типичных сероземов со средней обеспеченностью фосфором. На низкообеспеченной почве их активность слабее (табл. 27). В зависимости от формы применения азотных удобрений указанные параметры изменяются. Мочевина и, особенно, сульфат аммония по сравнению с нитратом кальция и азотнокислым аммонием усиливают ростовые процессы и плодоношение, причем в большей мере на среднеобеспеченной фосфором почве, чем на

низкообеспеченной. Это связано с тем, что в первом случае фосфатмобилизующая способность выше.

Таблица 27

Рост и продуктивность хлопчатника на различной по обеспеченности фосфором почве при внесении разных форм азотных удобрений (вегетационный опыт)

Форма азотных удобрений	1986 г.				1987 г.			
	Высота главного стебля, см		Количество коробочек на 01.09	Урожай хлопка-сырца, г/сосуд	Высота главного стебля, см		Количество коробочек на 01.09	Урожай хлопка-сырца, г/сосуд
	01.08	01.09			01.08	01.09		
Низкообеспеченная почва								
CO(NH ₂) ₂	75	81	11.0	120	77	90	12	116
NH ₄ NO ₃	72	78	10.0	115	75	85	11	109
Ca(NO ₃) ₂	68	75	9.5	110	72	82	10	103
(NH ₄) ₂ SO ₄	77	82	12.0	125	79	91	13	119
Среднеобеспеченная почва								
CO(NH ₂) ₂	81	96	14.0	130	81	95	14	125
NH ₄ NO ₃	76	90	13.0	123	78	92	13	112
Ca(NO ₃) ₂	72	88	10.0	120	72	90	12	111
(NH ₄) ₂ SO ₄	84	98	15.0	138	83	96	14	131

Сказанное согласуется с данными по продуктивности хлопчатника. Так, при внесении сульфата аммония и мочевины (опыт 1986 г.) урожай хлопка-сырца на низкообеспеченной фосфором почве получен соответственно 120.0 и 125.0 г/сосуд, тогда как при внесении азотнокислого аммония и нитрата кальция он составлял соответственно 110–115 и 120–123 г/сосуд. Примерно такие же данные получены в условиях лизиметрических опытов (табл. 28).

Таблица 28

Зависимость числа коробочек и урожая хлопка-сырца от обеспеченности почвы фосфором при внесении разных форм азотных удобрений (лизиметрический опыт)

Годовая норма, г/лизиметр			Низкая обеспеченность (24 мг/кг P_2O_5)		Годовая норма, г/лизиметр			Средняя обеспеченность (42 мг/кг P_2O_5)	
N	P	K	Число коробочек на 1 растение (01.09)	Урожай хлопка-сырца, г/лизиметр	N	P	K	Число коробочек на одно растение	Урожай хлопка-сырца, г/лизиметр
6	5	2	7.2	163	6	3.7	2	8.3	182
6	5	2	7.0	154	6	3.7	2	8.0	169
6	5	2	6.8	151	6	3.7	2	7.8	163
6	5	2	7.4	168	6	3.7	2	8.6	191

Полевыми опытами, проведенными в 1986–1987 гг., также установлено, что высота главного стебля и количество вполне сформировавшихся коробочек зависят от уровня обеспеченности почвы подвижным азотом и форм азотных удобрений (табл. 29). И здесь мочевины и сульфат аммония больше способствовали ускорению роста главного стебля, увеличению числа коробочек и урожая хлопка-сырца, чем нитрат аммония и, особенно, нитрат кальция.

Таблица 29

Зависимость роста стебля, накопления плодоземента и урожая хлопка-сырца от форм азотных удобрений и обеспеченности почвы подвижным фосфором (полевые опыты)

Форма азотных удобрений	1986 г.				1987 г.			
	Высота главного стебля, см		Коли- чество коро- бочек на 01.09	Урожай хлопка- сырца, ц/га	Высота главного стебля, см		Коли- чество коро- бочек на 01.09	Урожай хлопка- сырца, ц/га
	01.08	01.09			01.08	01.09		
Низкообеспеченная почва								
CO(NH ₂) ₂	73	83	9.1	38.6	75	84	9.5	39.0
NH ₄ NO ₃	71	80	9.0	36.8	73	82	9.2	37.5
Ca(NO ₃) ₂	68	75	8.5	34.3	69	80	8.7	37.0
(NH ₄) ₂ SO ₄	74	83	9.3	39.3	76	97	9.8	39.8
НСР			1.15			1.20		
Среднеобеспеченная почва								
CO(NH ₂) ₂	75	87	10.8	39.5	78	89	11.0	41.5
NH ₄ NO ₃	73	83	10.0	38.7	75	85	10.8	40.5
Ca(NO ₃) ₂	72	82	9.6	38.0	74	86	10.0	40.0
(NH ₄) ₂ SO ₄	76	91	11.0	40.8	80	94	11.2	42.3
НСР			1.50			1.13		

Примечание. На низкообеспеченной почве доза удобрений (кг/га) $\text{N}_{200}\text{P}_{140}\text{K}_{90}$, на среднеобеспеченной — $\text{N}_{200}\text{P}_{103}\text{K}_{90}$.

Таким образом, различные формы азотных удобрений по-разному влияют на рост, плодоношение и урожай хлопка-сырца. По эффективности испытываемые формы азотных удобрений располагались в следующей последовательности: сульфат аммония, мочевины, азотнокислый аммоний и нитрат кальция. При этом на фоне среднеобеспеченной фосфором почвы эффективность сульфата аммония и мочевины была выше, чем на низкообеспеченной.

Глава 7. ВЛИЯНИЕ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЛЕЙ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ПОГЛОЩЕНИЕ И ПОТРЕБЛЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ХЛОПЧАТНИКА

Одним из факторов, определяющих повышение коэффициента полезного действия минеральных удобрений, является наличие в почве микроэлементов в достаточном для хлопчатника количестве.

По данным Е.К. Кругловой (1966, 1979, 1983, 1984), районы распространения типичных сероземов Узбекистана характеризуются большими различиями в содержании как валовых запасов микроэлементов, так и их усвояемых форм, что связано с уровнем культуры земледелия и историческими почвообразовательными процессами. Автором определены районы недостаточного содержания меди, кобальта, марганца в ряде областей Узбекистана — в Сырдарьинской, Ташкентской, Андижанской, Наманганской и др. На основании результатов многочисленных анализов различных почвенных групп Ташкентской и Сырдарьинской областей Е.К. Кругловой (1966, 1983, 1984) установлено содержание валового запаса микроэлементов в пахотном горизонте (меди — 20–43 мг/кг почвы, кобальта — 5–11), а также усвояемых форм их (меди — 0.7–1.8 мг/кг, кобальта — 0.10–0.18).

В настоящее время установлено, что медь, марганец, цинк, молибден, бор и другие микроэлементы повышают активность многих ферментов и ферментативных систем, окислительно-восстановительных процессов, участвуют в фотосинтезе, углеводном и белковом обмене и других биологических процессах. Ферменты могут образовывать с микроэлементами различные металло-органические и внутрикомплексные соединения. Широко изучалось влияние отдельных микроэлементов на ростовые процессы, плодоношение и качество сельскохозяйственных культур, в том числе хлопчатника (Ягодин, 1970, 1986; Школьник, 1974; Исаев, 1979; Пейве, 1980; Яминов, Иватов, Сырянов, Одилов, 1988; Урунов, Ташкузис, 1989).

В работах Б.М. Исаева, К. Рустамова (1975) указывается влияние меди на обмен, поступление азота и превращение его в более сложные азотистые соединения в тканях хлопчатника. Исключение меди из питания задерживает синтез белка, в репродуктивной фазе развития — гидролиз, т.е. усиливает отток азота из вегетативных органов в плодородные органы. Увеличение нормы азота повышает эффективность меди и она способствует усилению поступления азота в растение и более

энергичному включению его в белковые соединения. Наблюдается взаимосвязь потребления микроэлементов хлопчатника с нормой вносимых удобрений: чем больше норма, тем активнее потребление растений микроэлементов.

Б.М. Исаев (1979) показал нарушения в процессах потребления и синтеза белка при недостатке в питательной среде меди. Повышение концентрации азота в питательной среде увеличивало дефицит меди для хлопчатника, что подтверждало взаимосвязь между этими элементами в питании растений.

По данным Г.А. Рафиковой, И. Рахматова, А. Нугманова (1976), внесение меди на фоне $N_{250}P_{175}K_{100}$ увеличивало поступление азота в листья на 15.4%, фосфора – на 10.7%, калия – на 25.0% по сравнению с контролем (без меди). При совместном внесении молибдена с медью и бора, цинка с медью отмечалось снижение поступления их в листья хлопчатника.

Медь. Биологическая роль меди в жизнедеятельности растений заключается в способности образовывать медьсодержащие белковые комплексы, обладающие ферментативной активностью. Медь оказывает заметное влияние на продуктивность фотосинтеза, нуклеиновый и белковый обмены, синтез хлорофилла и др. (Пейве, 1961; 1970; Жизневская, 1972; Школьник, 1974; Шарафутдинова, 1983).

П.А. Власюк (1965, 1967), Е.К. Круглова (1966, 1979), А.П. Виноградов (1967), Б.М. Исаев (1973, 1979), Э.Н. Ризасев, Д.Т. Абдукаримов, Л.Г. Ермоленко (1986) и др. считают, что при внесении меди необходимо учитывать не только абсолютное содержание ее в почвах, но и степень ее подвижности или доступности растениям, которая широко варьирует в различных почвах. Результаты исследований перечисленных авторов позволяют различать следующие формы меди в почве: 1) водорастворимая медь; 2) обменная медь, поглощенная органическими минеральными коллоидами; 3) труднорастворимые медные соли; 4) медьсодержащие минералы; 5) металлоорганические соединения меди.

Я.В. Пейве (1980) считает, что медь образует такие водорастворимые соли, как $Cu(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$, $Cu(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, $CuCl_2 \cdot 2H_2O$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. Эти соединения меди наиболее доступны для растений. В процессе нитрификации, когда в почве накапливаются нитраты, растворимость и подвижность меди увеличиваются. При внесении в почву хлористых калийных солей вследствие обменных реакций содержание водорастворимой меди повышается. Подкисление почвы серной кислотой при внесении кислого суперфосфата или сульфатов

калия или аммония также повышает содержание водорастворимой меди за счет ее обменных форм. Однако в целом в почвенном растворе содержится очень мало меди в ионной форме.

По данным М.Я. Школьника (1955), Е.К. Кругловой (1979), Я.В. Пейве (1980), в обменных реакциях медь участвует в форме двухвалентного катиона. Медь, как и другие катионы, поглощается органическими и минеральными коллоидами и глинистыми минералами почв. Связывание почвенным перегноем меди происходит пропорционально емкости поглощения этого перегноя. При этом доступность растениям поглощенной органическим веществом меди снижается и она трудно вымывается из почвы. Это, в известной мере, объясняет факт накопления меди в гумусовом горизонте почвы. Показано, что при минерализации органического вещества почв микроорганизмами медь освобождается в виде растворимых, доступных для растений солей, но при этом вновь немедленно поглощается органическими или минеральными коллоидами почвы. Необходимо отметить, что многие богатые органическим веществом почвы содержат абсолютно ничтожное количество меди. Растения, возделываемые на таких почвах, страдают от недостатка меди в питании.

По данным Е.К. Кругловой (1983), минеральные коллоиды также поглощают ион меди. Например, коллоидная двуокись марганца, имеющая отрицательный заряд, энергично поглощает катионы меди. Таким образом, в почвенных горизонтах, содержащих много двуокиси марганца, часто накапливается медь. Фосфат меди $Cu(PO_4) \cdot 3H_2O$ нерастворим в воде и растворяется лишь в кислотах. Поэтому на фоне высоких доз фосфата подвижность и усвояемость меди растениями в некоторых случаях могут снижаться.

В работах Я.В. Пейве (1980), Л.К. Островской, Н.А. Зайцева, А.Г. Акатнова, Н.Н. Ченской (1987) показано, что медь может образовывать с некоторыми органическими веществами комплексные металлоорганические соединения. Вместе с растительными остатками в почву могут попадать медьсодержащие ферменты (полифенолоксидаза, аскорфиноксидаза) и другие вещества, в состав которых входит медь. Я.В. Пейве (1980) считает, что факторами, повышающими подвижность почвенной меди, являются увеличение концентрации водородных ионов в почве (подкисление), внесение физиологически кислых азотных удобрений, минерализация органического вещества микроорганизмами, накопление в почве нитратов и аммиака. Но в почвах, обладающих малой емкостью поглощения (например, песчаные почвы), медь может вымываться, что ведет к уменьшению валовых запасов этого элемента.

По данным М.В. Кагалымова и др. (1955), Е.К. Кругловой (1966,

1984), Ю.А. Потатусовой (1976), в процессе почвообразования происходит обеднение горизонтов A_1 и A_2 медью, как за счет вымывания, так и за счет выноса меди урожаями растений. При меньшем содержании доступной меди в почве внесение медных удобрений более эффективно.

Согласно Е.К. Кругловой (1961, 1983), С.Н. Рыжову, М.М. Ташкузиеву (1976), М.М. Алиевой, Е.К. Кругловой (1979), территория Узбекистана характеризуется большой пестротой почвенного покрова и большими различиями в содержании валовых запасов микроэлементов и их усвояемых форм, что связано с генетическими особенностями почвообразовательного процесса и культурой земледелия. Установлено, что недостаточным количеством меди характеризуются почвы Голодной степи, Андижанской, Наманганской и Ферганской областей. В почвах Ташкентской и Самаркандской областей валовое содержание меди составляет 25–40 мг/кг, из них подвижные соединения – 0,7–1,8. Исследованиями М.М. Алиевой, Ф.Х. Шарафутдиновой, Е.К. Кругловой (1964) установлено, что внесенная в светлые, луговые и лугово-болотные почвы водорастворимая медь быстро и необменно переходит в нерастворимые в воде соединения.

Карбонатный и обменный кальций играет существенную роль в превращении водорастворимой меди в малодоступную для растений форму. В результате многочисленных исследований установлено, что применение неорганических солей микроэлементов способствует усилению физиологических процессов, ускорению наступления фаз развития и повышению продуктивности сельскохозяйственных растений, в том числе хлопчатника.

В опытах Е.А. Гудько (1952) при замочке семян хлопчатника перед посевом в 0,005% растворе меди урожай увеличивается на 5 ц/га. По данным С.С. Абаевой (1956), в результате повышается холодостойкость, ускоряется всхожесть семян хлопчатника, а урожайность повышается на 24% в сравнении с контролем. По данным И.А. Джалилова (1958), наибольшая прибавка урожая (9,8%) хлопчатника получена благодаря некорневой подкормке медью. В опытах З.И. Мамедова (1960) этот прием способствовал увеличению урожая на 9,1 ц/га, а при корневом питании хлопчатника медью – на 7,0. В опытах С.М. Ибрагимова, Я.И. Паканбаева (1964), Х.У. Усманова, А.М. Якубова, Р.Р. Рахманова (1965), Д.Х. Ходжаева (1968) в результате предпосевной замочки семян 0,02–0,03% раствором сернокислой меди урожайность хлопчатника также повысилась – на 2,7–7,0 ц/га.

Указанные выше авторы отдают предпочтение предпосевному обогащению семян хлопчатника и указывают на преимущество этого приема перед корневым. Целесообразность применения его в практике хлопководства авторы объясняют тем, что при внесении в почву микроэлементы переходят в недоступную для растений форму и закрепляются почвой. В опытах А.Н. Гюльях-мелова (1961), Б.М. Исаева (1973), Б.М. Исаева и др. (1975, 1976, 1979) раскрываются преимущества корневого питания перед некорневым. По данным этих авторов, наилучшие результаты получены при замочке семян в растворах кобальта и меди с последующим внесением этих микроэлементов в составе минеральных удобрений в подкормке.

По данным Х.Х. Енилеева, В.К. Андрищенко (1965), С.С. Абаевой, Д.К. Ходжаева (1968), Ю. Кадырова (1977), Б.М. Исаева (1979), Ф. Шарафутдиновой (1983), М.М. Ташкузиева, М.А. Авазова, А. Каримова (1986) и др., предпосевная замочка семян в растворах меди заметно активизирует энергию прорастания и ускоряет всхожесть, что является хорошей предпосылкой для получения полноценных и здоровых всходов.

В опытах Б.М. Исаева (1979) при исключении меди из питательной среды на протяжении всей вегетации или до бутонизации и цветения ухудшаются сортность хлопкового волокна и его крепость, коэффициент зрелости и другие показатели, а также качество семян, что выражается в резком снижении их массы. Масса 1000 семян на полной питательной смеси равнялась 118,5 г, в варианте без меди она снижалась до 67,5 г, что влияло на степень маслянистости и полевую всхожесть.

По данным Б.М. Исаева (1972), замочка семян 0,03% раствором сернокислой меди обеспечила повышение урожайности хлопчатника в среднем за 3 года на 1,6 ц/га. Подкормка хлопчатника в начале бутонизации медью в количестве 2 кг/га и предпосевная замочка семян по отдельности способствовали росту урожайности хлопчатника на 1,4 ц/га. Сочетание двух приемов – замочка семян перед посевом и подкормка в начале бутонизации, обеспечило повышение урожайности на 3 ц/га.

Показано, что увеличение урожая хлопчатника под влиянием меди происходит за счет доморозных сборов, которые на 3,6–5,9% больше, чем в контроле. В опытах Г.П. Задорожного и И.Н. Веничко (1973), Ф. Шарафутдиновой (1983) при сравнительно достаточной обеспеченности почвы доступными соединениями меди (0,4–1,3 мг/кг) замочка семян слабым раствором сернокислой меди и внесение ее в почву ускорили развитие, а это благоприятно сказалось на плодообразовании и раннем

раскрытии коробочек. Прибавка урожая по первым двум сборам в вегетационном опыте (в среднем по годам) составляла 2–12 г/сосуд, в полевом опыте – 1.3–2.5 ц/га.

По данным Ф. Шарафутдиновой (1983), в результате образования полных коробочек и ускоренного их созревания в вегетационном опыте при внесении меди урожай в сосудах за счет первых сборов повышался на 5.5–5.6 г/сосуд, в полевых опытах – на 2.3–2.4 ц/га. Под действием меди улучшились и технологические свойства волокна. Это свидетельствует о том, что применение меди под хлопчатник – значительный резерв повышения его урожайности.

Кобальт. Работами ряда исследователей доказано участие кобальта в процессах фотосинтеза, дыхания, образования хлорофилла. По данным Л.А. Левченко (1986), во всех стадиях вегетации под действием кобальта значительно увеличивается общая поглощающая поверхность корневой системы, активизируется кислая фосфатаза клеточных стенок и резко подавляется ее активность в цитозоле. Кобальт способствует усилению сорбции анионов PO_4^{3-} клеточными стенками и, следовательно, повышению содержания фосфора и накоплению сухого вещества органами растений, росту урожайности на 17–21%.

По данным Т.А. Данилова, М.В. Попова (1964), Ю. Жадырова (1983), кобальт обеспечивает увеличение процентного содержания общего азота в листьях гороха, хлопчатника.

Б.А. Ягодин (1970) указывает на нарушение биосинтеза молекулярных белков, образующих хлорофилл-белковые комплексы, при недостатке кобальта. Установлено также, что предпосевная обработка семян растворами солей кобальта вызывает глубокие качественные изменения в белковом составе растений.

В опытах М.Г. Абулалыбова, Д.А. Алиева, А. Самедовой (1964), Б.А. Ягодина (1970) установлено, что опрыскивание хлопчатника раствором кобальта приводит к значительному ускорению поступления азота в растения. На фоне азотного удобрения кобальт положительно действует на синтез белков в листьях хлопчатника. Под влиянием кобальта наблюдается ускорение синтеза амидов, аминокислот и белков в растительном организме.

По данным Б.М. Исаева (1979), кобальт способствует повышению содержания органического фосфора в органах растений.

В опытах Н.А. Тимашова (1958), Ю. Кадырова (1977) в результате дополнительных подкормок кобальтом повышалось общее содержание нуклеиновых кислот при одновременном увеличении отношения ДНК и РНК.

Согласно М.В. Вершек (1987), устойчивость яровой пшеницы к бурой листовой ржавчине при использовании микроэлементов в богарных условиях возрастает на 45%, при орошении – на 90%; кукурузы к пузырчатой головне – на 40%. Особенно хорошие результаты наблюдаются при совместном применении микроэлементов с фосфорными удобрениями.

В исследованиях Б.А. Ягодина (1987) коэффициент использования кобальта при обработке семян пшеницы в 1983 г. составлял 34.3%, в 1984 г. – 54.4%. Содержание кобальта в растениях определяется наличием подвижных форм этого элемента в почвах. Растения, произрастающие на почвах, бедных кобальтом, содержат его в незначительных количествах.

По материалам Я.В. Пейве (1980), кобальт в почве входит в состав почвенных алюмосиликатов, а также может находиться в поглощенном состоянии на поверхности минеральных и органических коллоидов. С органическими веществами кобальт также может образовывать комплексные соединения. Подвижный, доступный растениям кобальт легко извлекается из почвы слабыми кислотами. Автор установил, что при поступлении в растения ионов кобальта, марганца и некоторых других микроэлементов между ними наблюдается антагонизм. Марганец может ограничить токсичность избыточных количеств кобальта. Такое же действие оказывает кобальт на токсичность марганца. Марганец и железо задерживают поступление кобальта в растения.

Положительное действие кобальта на качество и величину урожая сельскохозяйственных культур установлено в работах ряда авторов (Гюльяхмедов, 1958; Мамедова, 1963; Кадыров, 1977; Круглова и др., 1980; Кадыров, Азизов, 1980; Яминов, 1981, 1988). Е.К. Кругловой установлены районы новоорошаемых сероземов Ташкентского оазиса и Голодной степи с недостаточным содержанием кобальта и меди. Распределение кобальта по почвенным профилям различное: чаще он концентрируется в породе. В староорошаемых тяжелосуглинистых почвах его несколько больше. Существует прямая зависимость между содержанием в почвах валового кобальта и карбонатов.

Многочисленными опытами в разных районах РУз доказано; что кобальт для хлопчатника может иметь значение и как микроудобрение (Круглова, 1962; Дехконходжаева, Круглова, 1975; Кадыров, 1977; 1983). Кобальт определен во всех органах хлопчатника. Наибольшее его количество отмечено в листьях, затем в семенях, створках, стеблях, волокне (Круглова, 1983). Среди отщуждаемых с поля органами хлопчатника микроэлементов кобальт преобладает и это обуславливает

возможный дефицит доступных растениям соединений в почвах и необходимость применения кобальтовых микроудобрений. Отличительной особенностью кобальта в сравнении с некоторыми другими микроэлементами является то, что он может поступать в растение в количествах, значительно превышающих их потребности (Кедров-Зихман, Розенберг, Проташин, 1956; Ягодин, 1978).

По данным Я.Ф. Агафонова (1956), Б.А. Ягодина (1970), в ранний период развития растений кобальт поступает в верхние листья, в большем количестве, чем в нижние, в более поздние фазы — наоборот. Также установлено, что наиболее интенсивное поступление его в растение происходит в ранний период развития. Аналогичные данные были получены Т.А. Даниловой (1969).

Б.А. Ягодин и Г.А. Овчаренко (1969) установили, что кобальт в начале вегетации сосредоточивается преимущественно в листьях, а к периоду бутонизации — в стеблях и репродуктивных органах. С увеличением доз кобальта, вносимого с удобрением, повышалось его содержание в растениях.

По данным З.И. Мамедова (1960), К. Халилова (1979), Ю. Кадырова (1980), Т.И. Яминова (1981, 1988), подкормка хлопчатника кобальтом положительно влияла на рост, развитие, способствовала росту урожайности на 9,0–21,0% по сравнению с контролем. По мнению этих авторов, лучший эффект получается при внесении кобальта до посева семян хлопчатника.

С.М. Ибрагимов и Я.И. Паканасев (1964) установили, что в условиях Бухарской области замочка семян хлопчатника с последующим опрыскиванием в период цветения растворами кобальта дает прибавку урожая хлопка-сырца 4,4 ц/га.

По данным С. Аскаровой и Р.Я. Иоффе (1970), при внесении 5 кг/га сернокислого кобальта снижается зараженность вертициллезным вилтом и повышается урожайность на 4,6 ц/га.

В опытах Б.М. Исаева, Б. Альжанова (1976) замочка семян 0,01% раствором соли сернокислого кобальта обеспечила повышение урожайности хлопчатника в среднем на 2,5 ц/га. По данным К. Халилова (1979), применение кобальта на разных фонах засоления в условиях вегетационного опыта способствовало росту урожайности хлопчатника с 7,0 до 12,4 г на одно растение.

Исучая влияние хлористого кобальта на хлопчатник, Т. Яминов (1981, 1988) обнаружил, что в 50% случаев цветение под воздействием кобальта наступает на 1–2 дня, а созревание — на 1–4 дня раньше, чем в контроле. При использовании хлористого кобальта в дозе 10 кг/га

повышалась урожайность всех сортов хлопчатника. Наибольший рост урожайности наблюдался у сорта АН-Фархад (на 10,6 ц/га), наименьший — у сорта АН-505 (на 3,4 ц/га). При этом следует указать, что сорта хлопчатника реагируют на действие хлористого кобальта по-разному.

В опытах Т. Яминова, К. Иватова, Ю. Сыранова и С. Одилова (1988) применение хлористого кобальта в количестве 10 кг/га на вилтовом фоне снижало заболевание хлопчатника сорта Юлдуз в три, у сорта Фархад — в шесть раз. Наиболее отзывчивыми на внесение хлористого кобальта в условиях вилтового поражения были сорта Фархад, Юлдуз, менее — Ок-Олтин и Самар-канд-3. При этом урожайность сорта Самарканд-3 повышалась на 5,4 ц/га, Юлдуз — на 7,3 ц/га, Ок-Олтин — на 7,6.

По данным И. Урунова и М. Ташкузиева (1989), в результате применения на площади 310 га кобальтового кека (отход цветной металлургии) с основными удобрениями снизилась заболеваемость хлопчатника вилтом. Урожай хлопка-сырца возрос в среднем на 4,2 ц/га. Под действием кобальтовых микроудобрений улучшается рост, развитие растений и повышается урожайность сельскохозяйственных культур, в том числе хлопчатника.

Таким образом, для получения устойчивых урожаев с высоким качеством хлопка-сырца все большее значение наряду со сбалансированным азотно-калийным и фосфорным питанием приобретает применение микроэлементов. Так как они играют важную роль в процессах метаболизма растений, недостаток их может привести к существенным нарушениям роста и развития, снижению урожайности и ухудшению качества продукции.

Многолетние результаты научно-исследовательских работ и практика применения микроэлементов в составе минеральных удобрений под хлопчатник показывают низкую эффективность неорганических солей микроэлементов в карбонатных почвах хлопковых районов Средней Азии. Это связано с тем, что при внесении неорганические соли микроэлементов в почву превращаются в нерастворимые, малодоступные для растений формы (Школьник, 1974; Рерих, Зырин, Тихомиров, 1975; Кадыров, 1977; Исаев, 1979; Островская, 1986, 1987).

В последние годы в агрохимии питания растений микроэлементами и практике их применения в сельском хозяйстве большое внимание уделяется внутрикомплексным соединениям микроэлементов под названием комплексоны, или хелаты. Целесообразность использования комплексных соединений микроэлементов под сельскохозяйственные культуры определяется тем, что они характеризуются прочностью связи

металла с хелатообразователем и трудностью замесы его другим металлом, способностью противостоять микробиологическому воздействию, устойчивостью гидролиза и растворимостью, отсутствием способности к осаждению, хорошей усвояемостью растением. Теоретической основой для конструирования новых хелатных микроудобрений, по мнению М.Х. Най, П.Б. Тинкер (1980), Б.А. Ягодина (1983), является хелатная конвенция, отражающая основные положения миграции, обмена металлов-комплексообразователей в системе почва-растение.

Хелатирование микробиогенных металлов аминокислотами препятствует образованию плохорастворимых соединений металлов и создает возможность их существования в растворе при pH 7. Хелатирование микробиогенных металлов уменьшает токсическое действие металлов путем снижения скорости реакции между ними, переводит в раствор труднорастворимые соединения металлов — оксиды, гидроксиды, карбонаты и др.

Важнейшей особенностью комплексонов является не только способность транспортировать микроэлементы в усвояемом растением виде, но и самим проявлять биологическую активность, так как они содержат фрагменты аминокислот (аспарагиновой, глутаминовой). Комплексы микроэлементов поступают через корневую систему в стебель растения без изменений, однако в стеблях начинается разрушение этих комплексов и переход микроэлементов в метаболиты растительных тканей (Островская, 1986).

Большой интерес представляют хелаты с природными лигандами, обладающие высокой биологической активностью.

По данным Б.М. Исаева (1979), комплексные органические соединения меди более эффективны, чем простые технические соли. Так, на типичных сероземах под влиянием неорганической соли меди урожай хлопка-сырца увеличивается на 2.9–3.4 ц/га, координационного соединения меди — на 4.0–5.3. Результат технологического анализа качества хлопка-сырца показывает, что микроэлементы, особенно их координационные соединения, способствуют увеличению выхода волокна, улучшению метрического номера, крепости волокна и повышению масляности семян. В варианте с координационным соединением меди вынос фосфора составляет 1.63 г на одно растение, у неорганической меди — 1.83 против 1.20 в контроле.

В исследованиях Ю. Кадырова (1977, 1983) координационные соединения цинка, меди и кобальта обеспечивают рост урожайности хлопчатника на 13–17%, а их неорганические соединения — на 5–7%.

Б.А. Ягодиным (1987) показано, что влияние микроэлементов на

поступление и превращение азота в органах хлопчатника начинается с развития проростков. Содержание общего азота, в том числе белкового, у опытных растений выше, чем у контрольных, благодаря замочке семян растворами микроэлементов. При этом координационные соединения микроэлементов способствовали ускорению поступления и синтеза азотистых соединений в большей степени, чем их неорганические соли. В опыте Б.В. Григорян и др. (1986) координационные соединения меди в полевых опытах с ячменем стимулировали накопление хлорофилла в 1.5 раза больше по сравнению с неорганической медью.

По мнению Л.К. Островской и др. (1987), «комплексоны представляют собой настолько мощный фактор регулирования почвенного питания растений, что их использование для улучшения многих почв может дать второе рождение применению микроэлементов в земледелии».

Достижение потенциального урожая хлопчатника путем продуктивного использования высоких доз удобрений вызывает необходимость улучшения условий питания растений нужными элементами.

Впервые в условиях хлопководства Ю. Кадыров (1977), Б.М. Исаев (1979) изучали новые формы микроудобрений — комплексные органические соединения цинка, меди и кобальта. В результате исследований установлены высокая эффективность этих микроудобрений, преимущество перед неорганическими солями, что обусловлено их высокой биологической активностью и сравнительно лучшей доступностью. Благодаря этим свойствам, микро-элементы комплексных соединений лучше, чем неорганические соли способствуют усилению физиолого-биохимических процессов, образованию и накоплению плодоорганов и повышению урожайности хлопчатника.

На кафедре бионеорганической химии САМПИ синтезируются новые комплексные соединения кобальта, меди и марганца, которые отличаются от ранее существовавших препаратов сравнительно низкой стоимостью, высокой биологической активностью и большим содержанием микроэлемента в комплексе.

Остается малоизученной разработка способов повышения урожайности хлопчатника путем применения микроэлементов в идее их координационных соединений как важного резерва в формировании высокого урожая хлопка-сырца, улучшения его качества и охране окружающей среды.

Содержание соединений азота и фосфора в листьях хлопчатника

По результатам полевых опытов установлено, что замочка семян в растворах неорганических солей и координационных соединений микроэлементов — меди и кобальта, с последующим внесением их в составе аммофоса в фазу бутонизации способствует увеличению общего, белкового и небелкового азота в тканях листьев хлопчатника. В этих условиях питания усиливается включение небелкового азота в состав белков листьев. Во все фазы определения координационные соединения меди и кобальта оказывали более положительное влияние на содержание различных соединений азота в листьях хлопчатника, чем их неорганические соли.

Важно отметить, что в первой половине вегетации хлопчатника в вариантах с внесением координационных соединений содержание различных форм азота в тканях листьев было выше, чем в вариантах с использованием неорганических солей микроэлементов, а в последующих фазах развития оно поддерживалось на еще более высоком уровне. В вариантах с неорганическими солями этот показатель находился на относительно низком уровне (рис. 15).

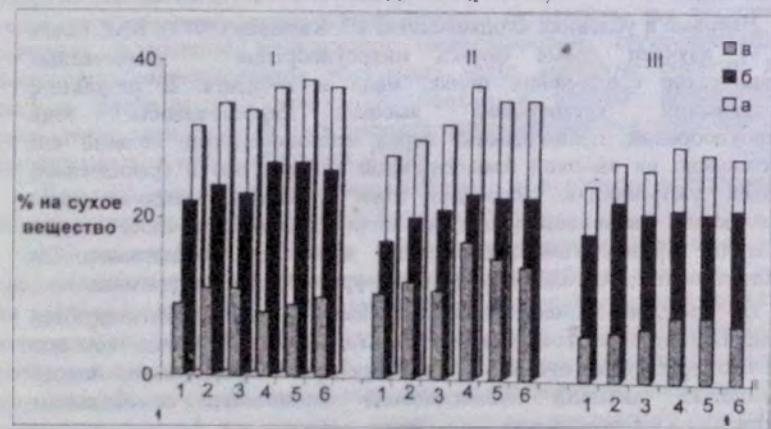


Рис. 15. Содержание общего (а), белкового (б) и небелкового (а) азота в листьях хлопчатника в зависимости от применения неорганических и координационных соединений микроэлементов.

I — фаза 2-3 настоящих листьев, II — бутонизация, III — цветение.

Варианты опыта: 1 — $N_{250}P_{175}K_{125}$ (фон), 2 — фон + $CoSO_4$ (неорг. соед.), 3 — фон + $CuSO_4$ (неорг. соед.), 4 — фон + Co-31 (коорд. соед.), 5 — фон + Co-34 (коорд. соед.), 6 — фон + Cu-12 (коорд. соед.).

Ю. Кадыров (1977) показал, что под влиянием координационных соединений микроэлементов, особенно меди и кобальта, накапливается больше как общего, так и органического фосфора. По его данным, координационные соединения микроэлементов усиливают поступление и превращение фосфора в растение, положительно влияют на его обмен, чего не наблюдается в вариантах с неорганическими солями.

Результаты анализов показали, что микроэлементы способствуют значительному повышению содержания фосфорных соединений в листьях хлопчатника (рис. 16). При идентичных условиях питания координационные соединения в большей мере обеспечивают увеличение количества общего и органического фосфора в листьях, чем неорганические соли. Так, в фазу 2-3 настоящих листьев сернокислый кобальт способствует повышению содержания общего фосфора на 0.11%, а органического — на 0.04%, сернокислая медь — соответственно на 0.14 и 0.10%, координационные соединения микроэлементов — соответственно на 0.18-0.26% и 0.19-0.23% в сравнении с контролем.

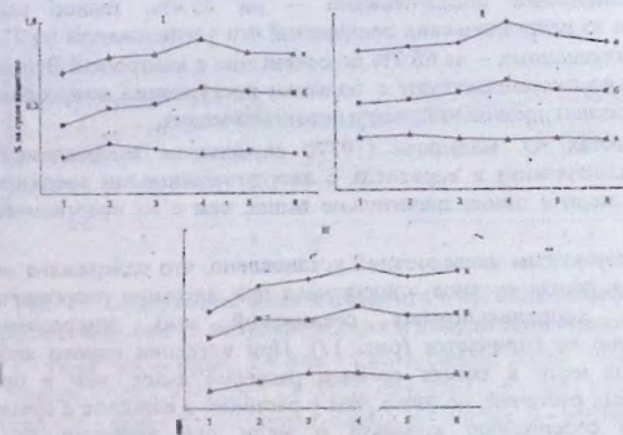


Рис. 16. Содержание общего (а), органического (б) и неорганического (а) фосфора в листьях хлопчатника в зависимости от применения неорганических и координационных соединений микроэлементов.

I — фаза 2-3 настоящих листьев, II — бутонизация, III — цветение.

Варианты опыта: 1 — $N_{250}P_{175}K_{125}$ (фон), 2 — фон + $CoSO_4$ (неорг. соед.), 3 — фон + $CuSO_4$ (неорг. соед.), 4 — фон + Co-31 (коорд. соед.), 5 — фон + Co-34 (коорд. соед.), 6 — фон + Cu-12 (коорд. соед.).

Аналогичная закономерность при использовании неорганических и координационных соединений микроэлементов наблюдалась и в фазу бутонизации. С наступлением у хлопчатника фазы цветения содержание всех изучаемых форм фосфорных соединений в листьях хлопчатника по отношению к контролю заметно снижалось, что следует объяснить реутилизацией фосфора из листьев в плодозлементы. Это подтверждается данными по изменению соотношения органического фосфора к неорганическому. Так, в фазы 2-3 листьев и бутонизации соотношение органического фосфора к неорганическому более широкое, чем в фазу цветения-плодообразования.

Содержание и вынос хлопчатником микроэлементов, азота и фосфора

По данным Б.М. Исаева (1979), при предпосевной замочке семян и корневой подкормке с неорганическими солями меди поступление данного элемента в растение увеличивается на 23.7%, а с координационными соединениями — на 45.4%. Вынос кобальта растением из неорганических соединений его увеличивается на 27.7%, а из координационных — на 66.7% по сравнению с контролем. Эти данные убедительно свидетельствуют о большем поступлении микроэлементов из комплексных соединений, чем из неорганических.

В опытах Ю. Кадырова (1977) содержание микроэлементов в органах хлопчатника в вариантах с координационными соединениями кобальта, меди и цинка значительно выше, чем с их неорганическими солями.

По результатам исследований установлено, что содержание меди и кобальта в тканях органов хлопчатника при внесении неорганических солей и координационных соединений этих микроэлементов существенно не отличается (рис. 17). При внесении одного кобальта содержание меди в тканях органов растений выше, чем в органах контрольных растений, но ниже, чем у растений в варианте с внесением меди. По содержанию кобальта и меди при внесении их виде неорганических солей варианты различаются незначительно, а при выращивании хлопчатника с использованием координационных соединений отмечена тенденция к большему увеличению их в органах хлопчатника.

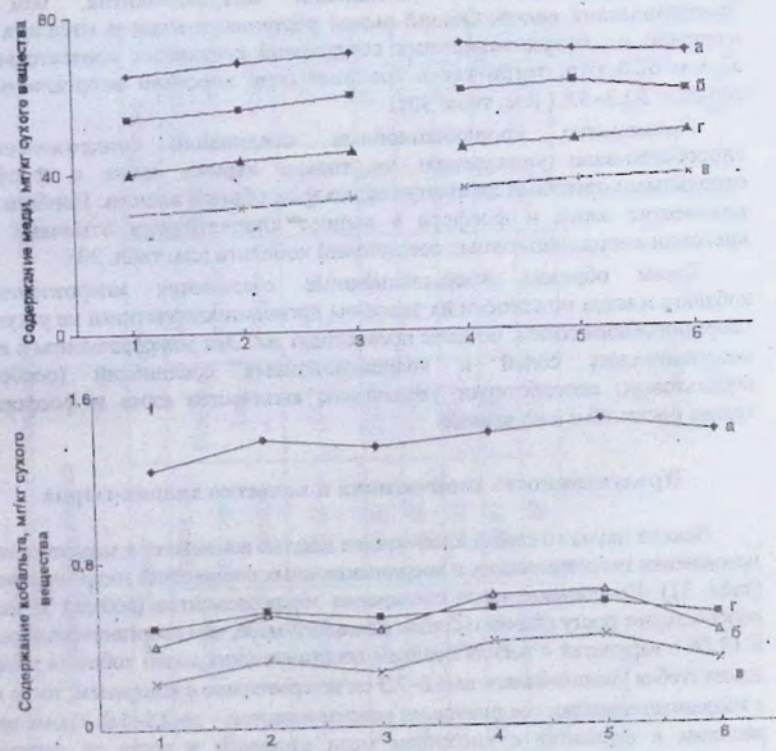


Рис. 17. Содержание меди и кобальта в органах хлопчатника при использовании их неорганических и координационных соединений. 1 — $N_{250}P_{175}K_{125}$ (фон), 2 — фон + $CoSO_4$ (неорг. соед.), 3 — фон + $CuSO_4$ (неорг. соед.), 4 — фон + $Co-31$ (коорд. соед.), 5 — фон + $Co-34$ (коорд. соед.), 6 — фон + $Cu-12$ (коорд. соед.); а — листья, б — стебли, в — хлопко-сырец, г — створки.

Вынос меди и кобальта одним растением при внесении этих элементов питания в форме координационных соединений превышает показатель в варианте с применением их неорганических соединений (табл. 30). Это еще раз подтверждает мнение о меньшем закреплении в

почве координационных соединений микроэлементов, чем их неорганических солей. Общий вынос растениями меди и кобальта при внесении их координационных соединений составляет соответственно 57.6 и 62.8 г/га, тогда как в контроле (при внесении неорганических солей) – 52.3–55.1 (см. табл. 30).

Применение координационных соединений микроэлементов способствовало увеличению не только выноса азота и фосфора отдельными органами хлопчатника, но и их общего выноса. Наибольшее количество азота и фосфора в выносе хлопчатником отмечено при внесении координационных соединений кобальта (см. табл. 30).

Таким образом, координационные соединения микроэлементов кобальта и меди по степени их усвоения органами хлопчатника не уступает неорганическим солям, но даже превосходят их. Эти микроэлементы в виде неорганических солей и координационных соединений (особенно кобальтовых) способствуют увеличению количества азота и фосфора в тканях растений и в их выносе.

Продуктивность хлопчатника и качество хлопка-сырца

Высота главного стебля хлопчатника заметно изменяется в зависимости от применения неорганических и координационных соединений микроэлементов (табл. 31). Координационные соединения микроэлементов (кобальт и медь) способствуют росту главного стебля в большей мере, чем неорганические соли. К 01.06 в вариантах с использованием неорганических солей кобальта и меди длина стебля увеличивалась на 1.8–2.3 см по сравнению с контролем, тогда как с координационными соединениями микроэлементов – на 2.5–5.0. Кроме того, растения в вариантах с внесением меди отставали в росте от растений, выращенных на кобальте.

Таблица 30

Вынос и расход меди, кобальта (г/га) азота и фосфора (г/га) хлопчатником при внесении их неорганических и органических соединений

Вариант опыта	Медь		Кобальт		Азот		Фосфор	
	Вынос с 1 га	Расход на 1 т хлопчатника сырца	Вынос с 1 га	Расход на 1 т хлопчатника сырца	Вынос с 1 га	Расход на 1 т хлопчатника сырца	Вынос с 1 га	Расход на 1 т хлопчатника сырца
Контроль (без микро-элементов)	49.99	13.96	6.59	1.84	184.7	51.16	60.7	16.80
CeSO ₄ (неорг. соед.)	52.31	13.52	7.64	1.97	201.3	51.22	65.5	16.67
CuSO ₄ (неорг. соед.)	55.15	14.40	7.13	1.86	199.7	51.34	66.2	17.02
Co-31 (коорд. соед.)	57.67	13.70	8.45	2.01	230.0	54.89	72.6	17.33
Co-34 (коорд. соед.)	62.77	15.20	8.56	2.07	238.7	57.80	72.2	17.48
Cu-12 (коорд. соед.)	62.84	15.75	7.52	1.88	232.0	56.72	69.99	17.11

Примечание. Доза удобрений (г/га) N:20 P:15 K:15.

Таблица 31

Рост и развитие плодоеlementов хлопчатника при внесении неорганических и координационных соединений микроэлементов

Вариант опыта	Высота главного стебля, см				Количество плодоеlementов на 1 растение, шт.		
	01.06	01.07	01.08	01.09	Бутоны 01.07	Завязи 01.08	Коробочки 01.09
Контроль (без микр-элементов)	25.1	40.2	60.3	87.2	5.4	6.5	10.6
CoSO ₄ (неорг. соедин.)	27.4	42.9	63.2	89.5	6.0	7.8	11.4
CuSO ₄ (неорг. соедин.)	26.0	42.5	62.4	88.7	5.7	7.2	11.2
Co-31 (коорд. соедин.)	29.3	44.4	64.7	91.6	8.5	9.7	13.2
Co-34 (коорд. соедин.)	30.1	44.2	64.0	92.5	7.4	9.3	13.0
Cu-12 (коорд. соедин.)	27.6	43.5	63.0	90.6	7.9	8.2	12.5

Примечание. Годовая норма удобрений N = 250 кг/га, P₂O₅ = 175, K₂O = 125.

Внесение микроэлементов в составе аммофоса положительно влияет на плодоношение хлопчатника. Плодоеlementов (бутоны, завязи и коробочки) больше образуется в вариантах с внесением микроэлементов. При внесении неорганических солей кобальта и меди к 01.08 завязей образовалось на 0.6–0.8 шт., а в вариантах с координационными соединениями – на 1.3–1.8 больше по сравнению с контрольными растениями.

Взросшие сформировавшиеся коробочки больше в вариантах с использованием под хлопчатник координационных соединений микроэлементов. При этом в вариантах с внесением сернокислой меди и кобальта коробочек на 1 растение было на 0.6–0.8 меньше, чем при внесении координационных соединений микроэлементов.

Результаты учета урожая хлопка-сырца показали, что неорганические и координационные соединения микроэлементов способствовали увеличению урожая хлопка-сырца в разной степени (табл. 32).

Таблица 32

Урожайность хлопчатника при внесении неорганических и координационных соединений микроэлементов на оптимальном фоне минерального питания (полевой опыт)

Вариант опыта	Год			Урожай хлопка-сырца, ц/га		
	1979	1980	1981	Среднее за 3 года	Прибавка к контролю	Урожай 1-го сбора (в среднем, %)
Контроль (без микр-элементов)	33.1	35.8	39.5	36.1	—	60.9
CoSO ₄ (неорг. соедин.)	36.3	38.7	42.8	39.3	3.2	67.1
CuSO ₄ (неорг. соедин.)	36.0	38.3	42.5	38.9	2.8	66.7
Co-31 (коорд. соедин.)	38.9	42.1	44.7	41.9	5.8	74.6
Co-34 (коорд. соедин.)	38.1	41.3	44.4	41.3	5.2	73.8
Cu-12 (коорд. соедин.)	37.8	39.9	44.9	40.9	4.8	69.2
HCP ₀₅	1.26	1.54	1.71			

Примечание. Годовая норма удобрений: N=250 кг/га, P₂O₅=175, K₂O=125.

При внесении неорганических солей сернокислого кобальта урожай хлопка-сырца в среднем за три года повысился на 3.2 ц/га, а в варианте с сернокислой медью – на 2.8. При этом прибавка урожая хлопка-сырца первого сбора в варианте с сернокислым кобальтом составила 6.2%, с сернокислой медью – 5.8. Наибольшее повышение урожайности хлопчатника наблюдалось в вариантах с координационными соединениями кобальта – на

5.8 ц/га. Доля первого сбора хлопка-сырца в этом варианте составляла 74.6%, т.е. на 13.9% больше, чем в контроле.

В вариантах с внесением координационных соединений кобальта и меди урожайность повышалась на 5.2 ц/га. Соединения меди способствовали росту урожайности хлопчатника на 4.8 ц/га по сравнению с контролем. Доля первого сбора в этих условиях увеличивалась на 8.3–12.0% по сравнению с контрольным вариантом, в 1.5–2.0 раза – по сравнению с внесением под хлопчатник неорганических солей кобальта и меди.

По данным Б.М. Исаева (1979), при исключении меди из питательной среды ухудшаются сортность хлопкового волокна, его крепость, коэффициент зрелости, резко уменьшается масса семян. При внесении меди под хлопчатник выход волокна увеличивался на 2.3%, разрывная длина – на 0.1–0.2 км, наблюдалось повышение разрывной нагрузки волокна.

По данным Ю. Кадырова (1977), комплексные соединения микроэлементов оказывали лучшее действие на технологические свойства волокна и на содержание масла в семени, чем неорганические соли. Такое же улучшение технологических свойств волокна и качества семян наблюдалось при внесении кобальта, марганца и цинка (Пирахунов, 1977; Яминов, 1981; Муталов, 1983).

Результаты наших исследований показали более положительное влияние применения координационных соединений по сравнению с неорганическими солями микроэлементов на технологические свойства волокна. Использование неорганических солей микроэлементов под хлопчатник способствовало увеличению длины волокна по отношению к контролю на 0.1–0.3 мм, относительной разрывной нагрузки – на 0.2–0.4 гс/с, массы 1000 семян – на 0.6–1.2 г. При этом наблюдалось увеличение масличности ядра семян на 0.4–0.7% (по сравнению с вариантом без микроэлементов (табл. 33). Использование же при возделывании хлопчатника координационных соединений микроэлементов обеспечивало увеличение длины волокна по сравнению с контролем на 0.4–0.6 мм, относительной разрывной нагрузки – на 0.6–0.9 гс/текс, массы 1000 семян – на 1.2–2.7 г.

Таблица 33

Технологические свойства волокна и масличность семян при возделывании хлопчатника с использованием неорганических и координационных соединений микроэлементов (полевой опыт)

Вариант опыта	Промыш- ленный сорт	Длина волокна, мм	Относитель- ная разрывная нагрузка, гс/текс	Коэффи- циент зрелости	Разрывная нагрузка, г/с	Масса 1000 семян, г	Выход ядра, %	Маслич- ность, %
Контроль (без мик- роэлемента)	1	31.3	25.1	2.0	4.7	116.3	47.9	41.6
CoSO ₄ (неорг. соед.)	1	31.6	25.5	2.0	4.8	117.5	49.1	42.3
CuSO ₄ (неорг. соед.)	1	31.4	25.3	2.0	4.8	116.9	48.7	42.0
Co-31 (коорд. соед.)	Отб.	31.9	26.0	2.1	4.9	119.0	51.3	43.9
Co-34 (коорд. соед.)	Отб.	32.1	25.8	2.1	4.9	117.5	50.6	42.8
Cu-12 (коорд. соед.)	1	31.7	25.7	2.0	4.8	118.3	51.0	42.3

Примечание. Годовая норма удобрений: N=250 кг/га, P₂O₅=175, K₂O=125.

Глава 8. ПОГЛОЩЕНИЕ И ПОТРЕБЛЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАЗНЫМИ СОРТАМИ И ИХ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПРИ ВНЕСЕНИИ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ

Содержание соединений азота и фосфора в листьях хлопчатника

Д.С. Сатаров, М. Тешабас (1982) установили, что сортовые особенности и содержание азотистых веществ в листьях проявляются с начальных фаз развития хлопчатника. Наибольшее количество общего и белкового азота в этом время отмечалось у сортов С-4727, Ташкент-1, затем у сорта 108-Ф. Высокий показатель сорта С-4727 объясняется его скороспелостью, физио-логические процессы в нем протекают интенсивнее. Однако в последующие периоды развития содержание форм азота у этого сорта резко снижалось, так как реутилизация азота у сорта С-4727 происходит более интенсивно, чем у других сортов.

По данным Х. Хайтбасва (1988), у сортов 108-Ф и С-4727 содержание соединений азота в листьях в результате реутилизации снижалось в большей мере, чем у сорта Ташкент-1. Внесение микроэлементов способствовало сохранению содержания различных форм азота в тканях листьев на более высоком уровне, чем в варианте без микроэлементов.

По результатам наших исследований установлено, что применение координационных соединений микроэлементов обеспечивало увеличение количества не только общего, но и белкового и небелкового азота в листьях различных сортов хлопчатника (рис. 18). В фазу двух-трех настоящих листьев наибольшее содержание указанных азотистых соединений отмечено у сорта С-4727.

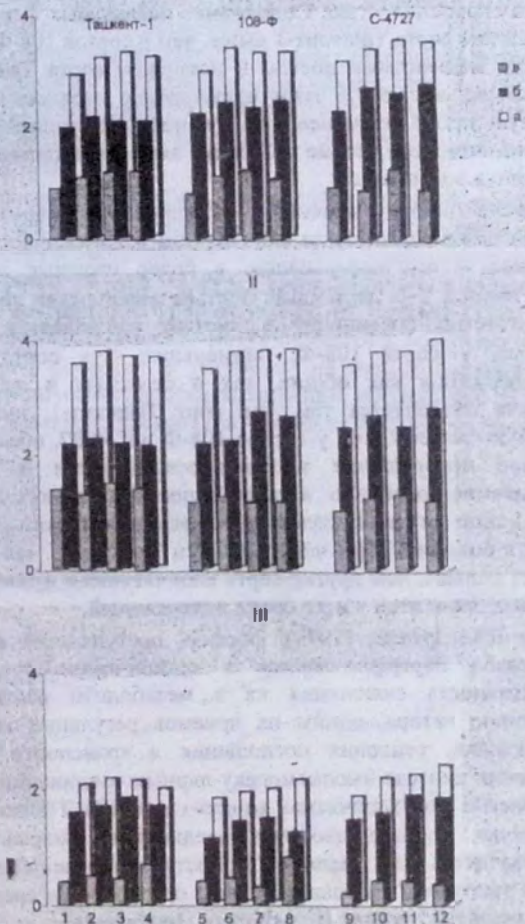


Рис. 18. Содержание общего (а), белкового (б) и небелкового (в) азота в листьях хлопчатника в зависимости от сортовых особенностей и применения координационных соединений микроэлементов.

I — фаза 2-3 настоящих листьев, II — бутонизация, III — цветение. Варианты: 1, 5, 9 — $N_{20}P_{125}K_{125}$ (фон), 2, 6, 10 — фон + Co-31 (коорд. соед.), 3, 7, 11 — фон + Co-34 (коорд. соед.), 4, 8, 12 — фон + Cu-12 (коорд. соед.).

Установлено, что у сорта С-4727 в отличие от других сортов содержание белкового азота в листьях преобладает над небелковым, что объясняется его скороспелостью. Содержание небелковых форм азота в листьях хлопчатника сорта Ташкент-1 выше, чем у сортов 108-Ф, С-4727. Это обусловлено медленными ростом и развитием сорта Ташкент-1 в начальные периоды, в связи с этим превращение небелковой формы азота в белковую проходит менее интенсивно. С наступлением фазы массовой бутонизации содержание азотистых веществ в листьях разных сортов хлопчатника повышается.

Использование координационных соединений микроэлементов кобальта и меди при возделывании хлопчатника усиливает поступление азота в растение и его превращение в более сложные азотистые соединения. В период 2-3 настоящих листьев наибольшее увеличение содержания азотистых соединений в листьях наблюдается у сорта Ташкент-1, затем у сорта 108-Ф, наименьшее — у сорта С-4727. Повышение содержания как общих, так и белковых и небелковых соединений азота объясняется тем, что сорт Ташкент-1, имея более мощную корневую систему, чем у сортов 108-Ф и С-4727, обеспечивает более усиленное превращение неорганического азота в сложные белковые соединения, особенно в период репродуктивного развития хлопчатника. В конце вегетации содержание соединений азота у сорта С-4727 снижается в большей мере, чем у 108-Ф и Ташкент-1, так как сорт С-4727 созревает раньше, чем другие сорта хлопчатника и в связи с этим отток питательных элементов у него более интенсивный.

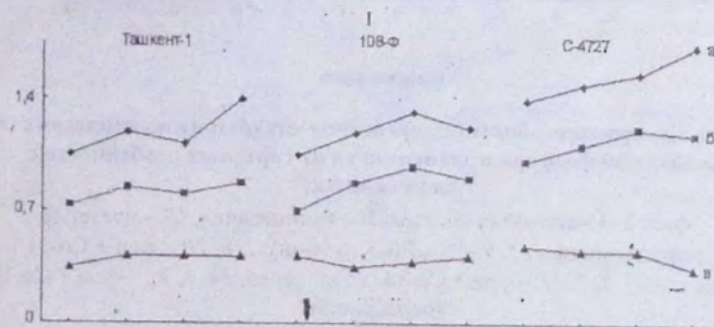
По данным Б.М. Исаева (1979), фосфор, поступивший в органы хлопчатника, слабо перерабатывается в органические соединения, замедляется активность включения их в метаболизм растительной клетки. По мнению автора, одним из приемов регуляции корневого питания хлопчатника, усиления поглощения и транспорта азота и фосфора, ускорения синтеза высокомолекулярных соединений следует признать применение под хлопчатник микро-элементов. Независимо от сорта хлопчатника координационные соединения микроэлементов способствуют значительному увеличению поступления неорганических форм фосфора в растение и превращения его в органические соединения. В начальные периоды роста и развития наибольшее содержание фосфорных соединений в листьях хлопчатника наблюдается у сорта С-4727, затем у сортов 108-Ф и Ташкент-1.

При внесении координационных соединений микроэлементов кобальта и меди в листья сорта С-4727 содержание общего и органического фосфора повышается, а неорганического значительно снижается по сравнению с сортами 108-Ф и Ташкент-1. Это указывает на

усиление синтетических процессов в тканях листьев разных сортов под воздействием испытываемых микроэлементов (рис. 19).

В начальные фазы роста и развития сорт Ташкент-1 характеризуется меньшим содержанием фосфорных соединений в сравнении с сортом С-4727. С наступлением генеративной фазы развития у сортов Ташкент-1 и 108-Ф повышается содержание как общих, так и органических и минеральных форм фосфора. У сорта С-4727 наблюдается тенденция к снижению содержания фосфорных соединений, что объясняется скороспелостью.

По мнению П.М. Смирнова (1982), если фосфорное питание протекает нормально, минеральные соли фосфорной кислоты не накапливаются в значительных количествах в вегетативных органах, тем более в семенах. Однако избыток легкодоступного фосфора в почве или запоздалое внесение фосфорных удобрений, а также недостаток азота и других питательных веществ могут привести к повышению содержания минеральных фосфатов в растении, не использованных в процессе синтеза органических фосфорсодержащих соединений. В результате в растениях резко преобладают органические соединения фосфора.



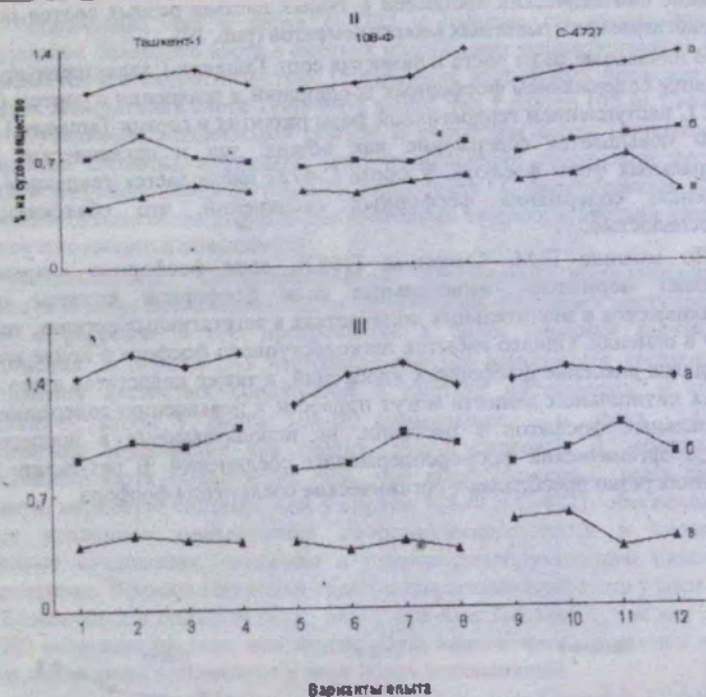


Рис. 19. Содержание общих (а), органических (б) и неорганических (в) соединений фосфора в зависимости от сортовых особенностей хлопчатника.

I – фаза 2–3 настоящих листьев, II – бутонизация, III – цветение.
Варианты опыта: 1, 5, 9 – $N_{250}P_{175}K_{125}$ (фон), 2, 6, 10 – фон + Co-31 (коорд. соедин.), 3, 7, 11 – фон + Co-34 (коорд. соедин.), 4, 8, 12 – фон + Cu-12 (коорд. соедин.).

Внесение микроэлементов более способствует росту содержания общей и органической форм фосфора, чем его минеральные соединения. В период 2–3 настоящих листьев микроэлементы медь и кобальт обеспечивают большее увеличение количества общего и органического фосфора в листьях сортов C-4727 и 108-Ф, чем у сорта Ташкент-1.

Неорганический фосфор наиболее интенсивно включается в состав фосфорорганических соединений тканей листьев сорта C-4727, затем – у сорта 108-Ф:

Содержание меди, кобальта, азота и фосфора в органах разных сортов и их вынос

Известно, что поглощение и распределение элементов питания по органам хлопчатника зависит от многих факторов, в том числе от сортовых различий и структуры урожая. По данным Н.А. Творина (1988), содержание меди в растениях коррелирует с обеспеченностью почв этим элементом в доступной форме. Наибольшее количество меди содержится в растениях, выращенных на такыр-ных почвах – 32.7 мг/кг, наименьшее – на среднесуглинистых сероземах – 23.4. Результаты анализа зольного состава тонковолокнистого хлопчатника показали, что содержание меди в различных органах резко различается. Например, листья накапливают ее в несколько раз больше, чем другие органы.

Данные исследований Х. Алимова (1978) подтверждают неодинаковую потребность различных сортов хлопчатника в микроэлементах при выращивании их в идентичных условиях питания. Вынос кобальта сильно колеблется в зависимости от сорта хлопчатника (от 2.44 до 4.41 г/га). Наибольший вынос характерен для сорта 108-Ф. Небольшое количество кобальта выносят сорта Ташкент-2 и 153-Ф. По данным автора, величина выноса кобальта различными сортами хлопчатника может быть представлена следующим образом в убывающем порядке: 108-Ф, C-6030, 159-Ф, Ташкент-1, 152-Ф. Наименьшее потребление и вынос микроэлементов характерны для средневолокнистого сорта 153-Ф. Близок к нему сорт Ташкент-2. По содержанию меди в листьях хлопчатника существенных различий между сортами нет – колебания в пределах 8.8–11.6 мг/кг сухого вещества, в створках коробочек – 3.69–4.40 мг/кг.

Установлено, что замочка семян в растворе координационных соединений кобальта и меди и затем внесение этих соединений в составе аммофоса в фазу бутонизации способствовали увеличению количества меди и кобальта в тканях органов хлопчатника. Координационные соединения Co-34 эффективнее действовали на повышение содержания кобальта в органах, чем Co-31. При внесении кобальта содержание меди (как и в предыдущих опытах) в органах разных сортов хлопчатника превышало контроль. Относительное количество меди и кобальта в тканях растений, особенно при внесении координационных соединений микроэлементов, было больше у сорта 108-Ф, затем у сорта Ташкент-1, самым низким показателем харак-

теризовался сорт С-4727. При этом применение Со-34 способствовало большему повышению содержания кобальта и меди в органах растений, чем Со-31, но в обоих случаях показатели превышали контроль.

Интерес представляют данные о выносе меди и кобальта хлопчатником при использовании их координационных соединений. Как и в предыдущих опытах, больше всего выносили меди листья и плодозлементы, меньше – стебли и створки. Размеры выноса меди варьировали в зависимости от сортовых особенностей хлопчатника при оптимальных нормах минеральных удобрений – $N_{250}P_{175}K_{125}$ кг/га. По результатам наших полевых опытов, хлопчатник сорта 108-Ф выносил меди больше – 0,785 мг/растение, чем сорт Таш-кент-1 – 0,579. Относительно низкий вынос меди наблюдался у сорта С-4727 – 0,498 мг/растение. В соответствии с этими данными потребление меди хлопчатником сорта 108-Ф характеризовалось большими величинами, чем у Ташкента-1, и, особенно, у С-4727 – соответственно 53,62, 43,40, 37,33 г/га.

Приводим данные о зависимости выноса и расхода меди и кобальта от сортовой особенности хлопчатника и уровня минерального питания и применения координационных соединений микроэлементов (г/га).

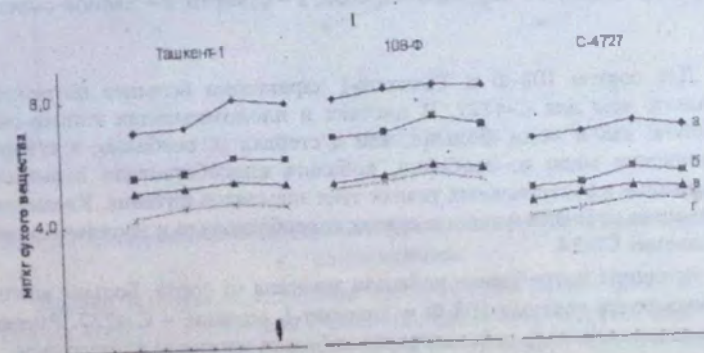
Вариант	Вынос		Расход Со и Си на образование 1 т хлопка-сырца	
	Со	Си	Со	Си
<u>Ташкент-1</u>				
Контроль (без микроэлемента)	5,4	43,4	1,61	12,8
Со-31 (коорд. соед.)	7,3	49,6	1,82	12,4
Со-34 (коорд. соед.)	9,4	51,6	2,38	13,1
Си-12 (коорд. соед.)	7,2	51,8	1,91	13,7
<u>108-Ф</u>				
Контроль (без микроэлемента)	5,7	53,6	1,59	15,1
Со-31 (коорд. соед.)	7,4	60,5	1,80	14,7
Со-34 (коорд. соед.)	8,2	65,3	1,99	15,8
Си-12 (коорд. соед.)	6,8	61,2	1,69	15,3

С-4727

Контроль (без микроэлемента)	4,5	37,3	1,43	11,8
Со-31 (коорд. соед.)	5,7	42,2	1,50	11,2
Со-34 (коорд. соед.)	6,2	46,2	1,69	12,0
Си-12 (коорд. соед.)	5,8	43,5	1,65	12,3

С применением меди заметно усиливалось потребление хлопчатником этого элемента, особенно сортами 108-Ф и Ташкент-1. Внесение кобальта также активизировало усвоение меди из почвенного субстрата. Это можно объяснить тем, что между кобальтом и медью существуют (по нашему мнению) синергетические отношения: присутствие в больших количествах кобальта в почвенном субстрате способствует усилению потребления хлопчатником меди.

Примерно такая же закономерность в зависимости от биологических особенностей сортов наблюдается в содержании кобальта в органах хлопчатника: его в 10–12 раз меньше, чем меди (рис. 20).



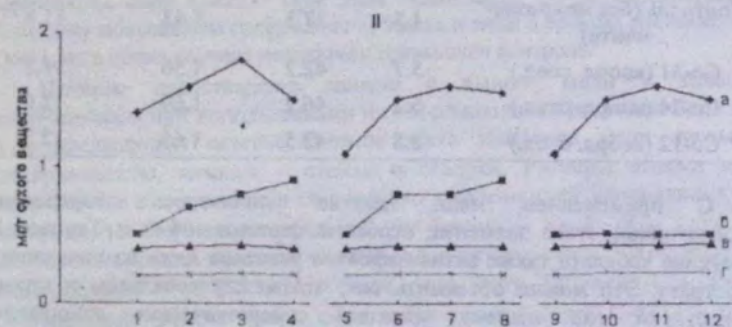


Рис. 20. Содержание меди (I) и кобальта (II) в органах различных сортов хлопчатника в зависимости от сортовых особенностей.

Варианты опыта: 1, 5, 9 – $N_{250}P_{175}K_{125}$ (фон), 2, 6, 10 – фон + Co-31 (коорд. соед.), 3, 7, 11 – фон + Co-34 (коорд. соед.), 4, 8, 12 – фон + Cu-12 (коорд. соед.); а – листья, б – стебли, в – створки, г – хлопок-сырец.

Для сортов 108-Ф и Ташкент-1 характерно большее потребление кобальта, чем для С-4727. В листьях и плодозементах хлопка-сырца кобальта, как и меди, больше, чем в стеблях и, особенно, в створках. Применение меди и, особенно, кобальта способствовало повышению содержания в растительных тканях этих элементов питания. Увеличению количества кобальта и меди в тканях способствовало и координационное соединение Co-34.

Величина потребления кобальта зависела от сорта. Больше всего он использовался сортами 108-Ф и Ташкент-1, меньше – С-4727. Внесение меди активизировало использование кобальта органами хлопчатника.

Обеспеченность хлопчатника координационными соединениями микроэлементов оказала положительное влияние на содержание азота и фосфора в органах хлопчатника. Количественные показатели содержания фосфора и азота в них заметно увеличивались при внесении координационных соединений меди и кобальта (рис. 21).

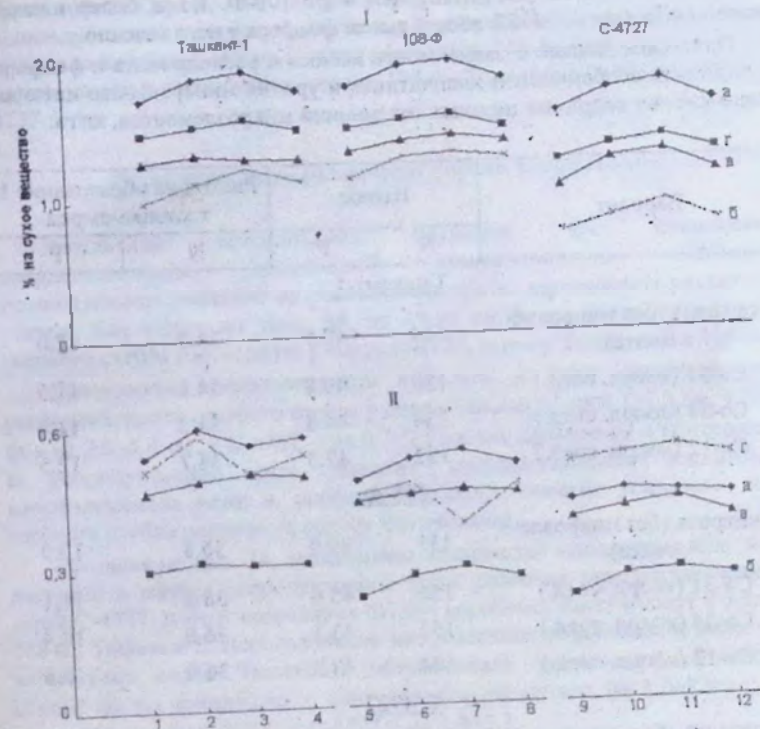


Рис. 21. Содержание общего азота (I) и фосфора (II) в органах сортов хлопчатника.

Варианты опыта: 1, 5, 9 – $N_{250}P_{175}K_{125}$ (фон), 2, 6, 10 – фон + Co-31 (коорд. соед.), 3, 7, 11 – фон + Co-34 (коорд. соед.), 4, 8, 12 – фон + Cu-12 (коорд. соед.); а – листья, б – стебли, в – створки, г – хлопок-сырец.

При этом содержание азота у сортов 108-Ф и Ташкент-1 было заметно выше, чем у С-4727. Наоборот, валового фосфора больше всего аккумулировалось в плодозементах (в хлопке-сырце) сорта Ташкент-1 и, особенно, у сорта С-4727. Это объясняется тем, что указанные сорта формируют на одну и ту же календарную дату больше плодозементов и

в возрастном отношении выше, чем сорт 108-Ф. Из-за более низкой урожайности сорта С-4727 общий вынос фосфора у него меньше.

Приводим данные о зависимости выноса и расхода азота и фосфора от сортовых особенностей хлопчатника и уровня минерального питания и применения координационных соединений микроэлементов, кг/га.

Вариант	Вынос		Расход на образование 1 т хлопко-сырца	
	N	P	N	P
<u>Ташкент-1</u>				
Контроль (без микроэлемента)	114	40.5	34.0	12.0
Со-31 (коорд. соедин.)	136	49.8	34.1	12.5
Со-34 (коорд. соедин.)	134	44.8	34.2	11.4
Си-12 (коорд. соедин.)	132	47.5	34.7	12.5
<u>108-Ф</u>				
Контроль (без микроэлемента)	131	39.0	36.8	10.9
Со-31 (коорд. соедин.)	156	45.6	38.6	11.1
Со-34 (коорд. соедин.)	152	43.1	36.8	10.4
Си-12 (коорд. соедин.)	144	43.3	36.0	10.8
<u>С-4727</u>				
Контроль (без микроэлемента)	97	34.8	30.8	11.0
Со-31 (коорд. соедин.)	114	40.5	30.3	10.8
Со-34 (коорд. соедин.)	120	41.4	32.8	11.3
Си-12 (коорд. соедин.)	111	40.9	31.5	11.6

Примечание. Годовая норма удобрений (кг/га) $N_{250}P_{175}K_{125}$.

Из приведенных данных видно, что вынос органами хлопчатника азота и фосфора у сортов 108-Ф и Ташкент-1 характеризуется большими величинами, чем у С-4727. Применение координационных соединений меди и кобальта способствует повышению выноса азота, особенно у

сорта 108-Ф. Сорт С-4727 по сравнению с сортами 108-Ф и Ташкент-1 использует азота меньше, а величина использования фосфора находится примерно на уровне использования его сортом 108-Ф. Расход азота на 1 т хлопко-сырца у хлопчатника сортов 108-Ф, Ташкент-1 больше, чем у С-4727.

Продуктивность различных сортов хлопчатника

Результаты исследований показали, что применение координационных соединений микроэлементов оказывает положительное действие на ростовые процессы хлопчатника различных сортов. Как видим из табл. 34, на 10.06 наиболее интенсивный рост главного стебля наблюдался у сорта С-4727, затем у Ташкент-1 и 108-Ф.

Применение микроэлементов кобальта и меди способствовало ускорению роста главного стебля у сорта Ташкент-1 на 0.5–1.3 см, у 108-Ф – на 2.5–5.4 см, у С-4727 – на 0.7–2.3 см (по сравнению с контролем). В репродуктивной фазе развития координационные соединения микроэлементов меди и, особенно, кобальта заметно усиливали рост главного стебля различных сортов хлопчатника.

По данным табл. 34, наибольшее количество плодозлементов на 1 растение в начале репродуктивной фазы развития зарегистрировано у сорта С-4727. В фазу созревания (01.09) коробочек было больше у сортов 108-Ф, Ташкент-1. Использование микроэлементов кобальта и меди под хлопчатник сорта Ташкент-1 обеспечивало увеличение количества коробочек по сравнению с контрольным вариантом на 1.0–2.4 шт., у сорта 108-Ф – на 0.7–2.6, у С-4727 – на 1.0–2.1.

Таблица 34

Рост и развитие хлопчатника в зависимости от сортовых особенностей и применения координационных соединений микроэлементов

Вариант	Высота главного стебля, см			Количество коробочек		
	10.06	10.07	10.08	01.07	01.08	01.09
<u>Ташкент-1</u>						
1	29.9	61.5	100	3.7	8.5	9.7
2	31.2	66.8	109	4.9	10.3	12.1
3	30.6	64.9	106	4.2	9.7	11.4
4	30.4	62.5	104	4.5	9.0	10.7

108-Ф						
5	28.0	68.2	102	2.8	9.4	10.5
6	30.5	70.3	111	4.0	11.2	13.1
7	33.4	71.4	106	3.5	9.8	12.6
8	31.4	69.3	107	3.8	10.3	11.2
С-4727						
9	34.0	68.9	90	4.4	8.8	9.2
10	35.8	74.1	95	5.4	10.6	11.3
11	36.3	73.2	96	5.7	10.2	10.9
12	34.7	70.3	92	5.0	9.7	10.2

Примечание. 1 – контроль (без микроэлемента), 2 – Со-31 (коорд. соедин.), 3 – Со-34 (коорд. соедин.), 4 – Си-12 (коорд. соедин.), 5 – контроль (без микроэлемента), 6 – Со-31 (коорд. соедин.), 7 – Со-34 (коорд. соедин.), 8 – Си-12 (коорд. соедин.), 9 – контроль (без микроэлемента), 10 – Со-31 (коорд. соедин.), 11 – Со-34 (коорд. соедин.), 12 – Си-12 (коорд. соедин.), Годовая норма удобрений: N = 250 кг/га, P₂O₅ = 175, K₂O = 125.

Результаты исследований показали, что под воздействием координационных соединений микроэлементов заметно увеличивалась урожайность различных сортов. Так, при внесении Со-31 урожай хлопка-сырца у сортов 108-Ф, С-4727 и Ташкент-1 был выше соответственно на 5.6, 5.7 и 5.9 ц/га (или на 15.8, 17.7 и 17.8%) по сравнению с контролем (табл. 35).

Таблица 35

Урожайность хлопчатника в зависимости от сортовых особенностей и внесения координационных микроэлементов (полевой опыт)

Вариант	Урожайность хлопка-сырца, ц/га				
	1982 г.	1983 г.	1984 г.	Среднее за 3 года	Прибавка к контролю
Ташкент-1					
1	33.8	32.5	34.2	33.5	–
2	40.0	38.4	39.8	39.4	5.9

3	39.4	37.9	39.6	39.0	5.5
4	37.9	37.4	38.7	38.0	4.5
HCP ₀₅	1.63	1.32	1.23		
108-Ф					
5	35.6	34.7	36.3	35.5	–
6	41.1	39.9	42.2	41.1	5.5
7	40.6	40.5	42.5	41.5	6.0
8	40.0	39.1	41.0	40.0	4.5
HCP ₀₅	1.16	1.46	1.58		
С-4727					
9	31.7	31.8	33.1	32.2	–
10	37.6	37.0	39.1	37.9	5.7
11	36.7	36.0	39.2	37.3	5.1
12	35.4	35.6	37.7	36.2	4.0
HCP ₀₅	1.84	1.71	1.12		

Примечание. Варианты те же, что и в табл. 34. Годовая норма удобрений: N = 250 кг/га, P₂O₅ = 175, K₂O = 125.

Применение Си-12 при замочке семян с последующим внесением его в фазу бутонизации в составе аммофоса способствовало повышению урожая хлопка-сырца на 4.0–4.5 ц/га против контроля, тогда как при использовании координационных соединений микроэлемента кобальта (Со-34) прибавка урожая составляла 5.1–6.0 ц/га, т.е. на 15.8–16.4% больше, чем в контроле.

Таким образом, результаты исследований дают основание считать, что применение координационных соединений микроэлементов оказывает положительное влияние на урожай различных сортов хлопчатника.

При этом необходимо отметить, что различия в прибавке урожая в зависимости от сортовых особенностей хлопчатника незначительны. В среднем за три года прибавка урожая составила от 12.4 до 17.7% в зависимости от сорта хлопчатника.

Координационные соединения микроэлементов по-разному влияют на технологические качества волокна и масличность семян различных

сортов. По данным табл. 36, наибольшая длина волокна у сорта С-4727, затем у сортов 108-Ф и Ташкент-1. Масса семян у сорта 108-Ф больше, чем у сортов Ташкент-1 и С-4727.

Обработка семян перед посевом и подкормка кобальтом Со-31 способствуют улучшению технологических свойств волокна хлопчатника. При этом длина волокна по сравнению с контрольным вариантом увеличивается на 0,2–0,8 мм, относительная разрывная нагрузка – на 0,3–1,4 гс/текс, масса 1000 семян – на 1,24–4,0 г, масличность ядра – на 1,1–1,5%.

Действие координационных соединений Со-34 и Си-12 также заметно улучшает технологические свойства волокна и повышает масличность ядра.

Таблица 36

Технологические свойства волокна и масличность семян в зависимости от сортовых особенностей и внесения координационных соединений микроэлементов (полевой опыт)

Вариант	Промышленный сорт	Длина волокна	Относительная разрывная нагрузка, гс/текс	Разрывная нагрузка, г/с	Коэффициент зрелости	Масса 1000 семян, г	Выход ядра, %	Масличность, %
Ташкент-1								
1	1	30,9	24,8	4,6	2,0	118,2	46,1	41,1
2	Отб.	31,5	25,5	4,8	2,1	122,4	48,6	42,6
3	1	31,2	25,4	4,7	2,1	124,0	46,9	42,4
4	1	31,2	24,9	4,7	2,0	119,0	49,7	41,8
108-Ф								
5	1	31,4	25,3	4,7	2,0	122,2	46,7	41,9
6	Отб.	31,5	25,6	4,9	2,1	123,4	48,1	43,4
7	Отб.	31,6	25,5	4,9	2,0	122,7	47,2	42,5
8	1	31,5	25,4	4,8	2,1	122,4	44,6	42,3

С-4727								
9	1	31,8	25,4	4,8	2,0	111,0	47,0	41,0
10	1	32,6	25,8	5,0	2,2	115,0	49,6	42,1
11	Отб.	32,4	26,0	4,9	2,1	113,4	49,6	41,8
12	Отб.	32,8	25,7	5,0	2,1	121,2	50,7	41,6

Примечание. Варианты те же, что и в табл. 34. Годовая норма удобрений: N = 250 кг/га, P₂O₅ = 175, K₂O = 125.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование стабильного изотопа ^{15}N позволило проследить за превращением азота удобрений и потреблением его хлопчатником в течение вегетации в условиях типичного и светлого (среднезасоленного) серозема и луговой почвы.

При возделывании хлопчатника на луговой почве с высокими соотношением C:N и содержанием полуразложившихся растительных остатков иммобилизация азота в первой половине вегетации (фаза появления 2-3 настоящих листьев и бутонизации) происходит более интенсивно. Одновременно снижается содержание неорганических соединений азота удобрений и почвы по отношению к типичным сероземам. На последующих этапах развития растений в связи с уменьшением количества энергетического материала для микроорганизмов усиливается минерализация ранее иммобилизованного азота и повышается содержание доступных хлопчатнику неорганических азотистых соединений. В то же время на луговых почвах количество остаточного, неиспользованного растением неорганического азота нитратов, который может подвергнуться выщелачиванию, больше, чем на типичном сероземе. При этом на луговой почве под воздействием осенне-зимних и весенних атмосферных осадков подвижные соединения азота, прежде всего нитраты, подвержены миграции в грунтовые воды, т.е. теряются безвозвратно, загрязняя водоносчики. Внесение навоза сопровождается усилением иммобилизации неорганического азота в органический.

Отмеченные особенности трансформации азота в зависимости от почвенных разностей и других условий сказались своеобразно на поглощении и потреблении азота удобрений и почвы хлопчатником. На ранних этапах вегетации хлопчатник на луговой почве более требователен к азоту, чем на типичном сероземе, потому свои потребности удовлетворяет за счет почвенных источников. На фоне навоза эти взаимоотношения становятся обостренными. С наступлением массовой бутонизации и цветения на луговой почве поступление и превращение азота удобрений в растениях протекают с большей активностью, соответственно в этом снижается доля участия азота почвы в этих процессах.

Выявленная специфика превращения и использования хлопчатником азота удобрений и почвы потребовала специального изучения этого вопроса в зависимости от сроков внесения, имеющего наряду с научным огромный практический интерес с точки зрения повышения

эффективности азотных удобрений и создавшейся экологической ситуацией.

Внесение 30% годовой нормы азота перед посевом с распределением остальной части в подкормки (в фазы бутонизации и цветения) ускоряет поглощение и превращение азота удобрений, стимулирует отток его из вегетативных органов в генеративные. В условиях луговой почвы это более выражено, чем на типичном сероземе. В соответствии с этим снижается (особенно на луговой почве) содержание остаточного азота удобрений и почвы. Указанный характер потребления азота положительно коррелирует с продуктивностью хлопчатника и качеством хлопка-сырца. Следует отметить, что на луговой почве коэффициент полезного действия азота на хлопчатник выше, чем на типичном сероземе.

Другим важным фактором повышения эффекта азотных удобрений и предупреждения загрязнения окружающей среды является применение медленно действующих удобрений, в частности карбамидоформальдегидных (КФУ). В год внесения медленнодействующие удобрения по сравнению со стандартными туками сдерживают потребление хлопчатником азота удобрений, одновременно усиливая поглощение его из почвенных резервов. Одновременно в почве снижается нитроаккумуляция и выщелачивание нитратов. В год последствия хлопчатник больше использует азот КФУ, потребление им азота почвы снижается. Как в год действия, так и в год последствия на фоне КФУ значительно сокращаются газообразные потери азота. Благоприятный режим азотного питания хлопчатника обеспечивается при замене КФУ мочевиной в качестве подкормки в период бутонизации. Коэффициент использования хлопчатником азота из КФУ с учетом последствия выше, а потерь меньше, чем из мочевины. Эффективность КФУ в условиях засоленной почвы более значительна, чем на незасоленном типичном сероземе, что подтверждается данными о продуктивности хлопчатника.

Интенсивность использования хлопчатником азота зависит от формы азотных удобрений и фосфорной обеспеченности почвы. Внесение сульфата аммония и мочевины по сравнению с нитратом кальция и нитратом аммония способствует повышению поступления и потребления азота и фосфора растениями, снижению их непроизводительных газообразных потерь, сокращению использования азота из почвы. На среднеобеспеченных подвижным фосфором почвах эти показатели выше.

Действие сульфата аммония и мочевины повышает подвижность почвенных фосфатов более всего в условиях среднеобеспеченной

подвижным фосфором почвы. Выявлено значение координационных соединений микроэлементов — кобальта и меди, в питании хлопчатника. Благодаря своим физико-химическим свойствам они сохраняются более длительное время по сравнению с неорганическими солями в доступной для растений форме. Координационные соединения кобальта и меди приводят к ускоренному усвоению растениями основных питательных элементов. В этой связи мы считаем необходимым расширить площади с применением координационных соединений микроэлементов.

Выявлена зависимость потребления микроэлементов от сортовых различий. Сорта Ташкент-1 и 108-Ф более отзывчивы на внесение координационных соединений кобальта и меди, чем С-4727.

ЛИТЕРАТУРА

Абаева С.С. Влияние бора и меди на рост и урожайность хлопчатника // Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. Рига 1956.

Абаева С.С., Ходжаев Д.Х. Динамика поступления микроэлементов в семена и молодые растения хлопчатника в зависимости от температуры среды, сопутствующих микроэлементов и продолжительности обработки // Биологические науки. 1968. № 8.

Абуталибов И.Г., Алиев Д.А., Самедова А. Значение микроэлементов в азотном обмене растений // Роль минеральных элементов в обмене веществ и продуктивности растений. М. 1964.

Авдонин Н.С. Критические периоды и периоды максимальной эффективности в питании растений // Подкормка сельскохозяйственных растений. М.: Гос. изд-во с.-х. литературы. 1954.

Агафонова О.О. Распространение кобальта в растении // Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. Рига: изд-во АН ЛатвССР. 1956.

Алиева М.М., Круглова Е.К. К методике составления картограмм по микроэлементам на новоосвоенных светлых сероземах // Сообщ. 1. Тр. ИПА АН УзССР. Ташкент. 1979. Вып. 17.

Алиева М.М., Шарафутдинова Ф.К., Круглова Е.К. Содержание и превращение меди, цинка в орошаемых почвах Ферганской долины УзССР // Тр. Ин-та почвоведения. Вып. 4. Ташкент. 1964.

Алимов Х. Влияние почвенных условий и сортовых особенностей хлопчатника на поступление и вынос микроэлементов растением. Автореф. дисс. ...канд. с.-х. наук. Ташкент. 1978.

Алисов Б.П., Дроздов О.А., Рубинштейн Е.С. Курс климатологии. М.: Гидрометиздат. 1952. Ч. I, III.

Аллаберганов К.С. Превращение в почве и использование хлопчатником азота аммофоса при основном его внесении с ингибиторами нитрификации и навоза. Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. Ташкент. 1988.

Андреева Е.А., Щеглова Г.М. Использование растениями азота почвы и азота удобрений // Почвоведение. 1964. № 12.

Андреева Е.А., Щеглова Г.М. Использование растениями азота почвы и азота удобрений // Агрохимия. 1966. № 10.

Андреева Е.А., Щеглова Г.М., Куренева Л.Н. Распределение азота удобрений по фракциям азота почвы // Применение стабильного изотопа ^{15}N в исследованиях по земледелию. М.: Колос. 1974.

Андреева Е.А., Щеглова Г.М., Куренева Л.Н. Трансформация азота минеральных удобрений в типичном мощном черноземе // Круговорот и баланс азота в системе почва-удобрение-растение-вода. М.: Наука. 1979.

Андреюк Б.И., Иутинская Г.А., Деревчеров А.Н. Почвенные микроорганизмы и интенсивное землепользование. Киев: Наукова Думка. 1988.

Аскарлова С.А., Иоффе Р.Я. Об использовании микроэлементов в борьбе с вилтом // Хлопководство. 1964. № 12.

Аширов Д. Влияние цинка на урожай хлопчатника в условиях северного Туркменистана. Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. Ашхабад. 1967.

Аширов Х. Эффективность сложных полимерных удобрений под хлопчатник на засоленных аллювиально-луговых почвах Хорезмского оазиса. Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. Баку. 1986.

Баиров А.Ж. Превращение в почве и использование хлопчатником азота различных форм удобрений при внесении его с ингибиторами нитрификации. Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. Ташкент. 1984.

Белоусов М.А. Физиологические основы корневого питания хлопчатника. Ташкент: Узбекистан. 1964.

Белоусов М.А. Физиологические основы корневого питания хлопчатника. Ташкент: Фан. 1975.

Беспалов Н.Ф. Гидромодульное районирование и режим орошения культур хлопкового севооборота в Голодной степи. Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. Ашхабад. 1970.

Беспалов Н.Ф., Артамонова Н.В., Сейтумерова С. Сложные полимерные удобрения на засоленных почвах // Химическая промышленность. 1985. Т. 23. № 4.

Блюм Б.Г., Микрова И.Л., Блохина Н.И. Агрохимическая эффективность модифицированного карбамидоформальдегидного удобрения // Агрохимия. 1991. № 4.

Бобрицкая М.А. Вымывание питательных элементов из пахотных почв нечерноземной зоны РСФСР // Агрохимия. 1974. № 11.

Бобрицкая М.А. Закрепление азота удобрений в почвах под

посевами и в пару // Круговорот и баланс азота в системе почва-удобрение-растение-вода. М.: Наука. 1975.

Борисова Н.И. и др. Определение потерь азота из почвы в ходе различных окислов и аммиака в полевых условиях // Почвоведение. 1972. № 9.

Борисова Н.И., Зериалов В.В. Потери азота удобрений в форме молекулярного азота и закиси азота // Агрохимия. 1966. № 1.

Братчева М.И. О составе поглощенных оснований орошаемых почв Узбекистана. Ташкент: Изд-во АН УзССР. 1947.

Братчева М.И. Окультуренность орошаемых почв Средней Азии // Тр. Ин-та почвоведения МСХ УзССР. Ташкент. 1966. Вып. 5.

Бурцева С.В. Использование растениями азота удобрений с применением ^{15}N в полевых условиях // Бюлл. Всес. НИИ удобрений и агропочвоведения. 1969. № 6.

Бутов В.В. Основные направления работ Чирчикского филиала ГИАП по созданию новых и улучшенного качества выпускаемых минеральных удобрений // Узб. Хим. Журн. 1979. № 1.

Буторина Л.К., Третьякова А.Н., Балежина Л.Ц. Влияние мочевиноформаль-дегидных удобрений на урожайность озимой ржи и развитие почвенных водорослей // Состав и свойства почв северо-востока Европейской части СССР и воспроизводство их плодородия в связи с обработкой и применением удобрений. М. 1986.

Варюшкина Н.М., Кирпанова Л.И., Никитина М.М. Роль азота удобрений в балансе азота почвы // Агрохимия. 1974. № 7.

Варюшкина Н.М., Никифорова М.В. Превращение азота минеральных удобрений при ежегодном их внесении в дерново-подзолистые почвы // Агрохимия. Сообщ. 1. 1982. № 7.

Вершек М.В. Интенсификация земледелия и современные проблемы агрохимии // Агрохимия в сельском хозяйстве. 1987. № 4.

Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР. 1987.

Витриховский П.И., Артюшенко О.Ф., Никифорова Л.И., Шаповал А.В. Использование растениями картофеля азота удобрений в зависимости от способов их внесения // Применение ^{15}N в агрохимических исследованиях. Новосибирск: Наука (Сиб. отделение). 1988.

Владимиров А.В. Физиологические основы применения азотистых и калийных удобрений. М.: Сельхозгиз. 1948.

Власюк П.А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений. Киев: Наукова Думка. 1969.

Власюк П.А. Итоги 1965 г. и задачи изучения биологической роли микро-элементов в жизни растений, животных и человека в Украинской и Молдавской ССР // Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. Киев: Наукова Думка. 1967.

Власюк П.А. Физиологические функции микроэлементов и их топография в живых организмах // Применение микроэлементов в сельском хозяйстве. Киев. 1965.

Воллейдт Л.П. Поступление и ассимиляция азота в озимой пшенице в зависимости от времени внесения азотных удобрений // Круговорот и баланс азота в системе почва-удобрение-растение-вода. М.: Наука. 1979.

Вольфович С.И. Новые виды минеральных удобрений // Земледелие. 1960. № 9.

Воробьев В.К., Мосолов И.В. Динамика соединений азота в почве при внесении удобрений // Тр. ВИУА. 1940. Вып. 26.

Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири. М.: Наука. 1981.

Гамзиков Г.П. Азот в системе удобрения полевых культур на черноземах Западной Сибири // Пути повышения эффективности удобрений в Сибири и Дальнем Востоке. Сб. науч. Трудов САО ВАСХНИИ. Новосибирск. 1976. Вып. 2.

Гамзиков Г.П. Азот удобрений в агрохимических условиях Сибири. Успехи в почвоведении. Сов. Почвоведы к 13-му Междунар. конгрессу почвоведов в Гамбурге. М. 1986.

Гамзиков Г.П. Азотный фонд почв Западной Сибири и эффективность азотных удобрений. Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. Новосибирск. 1978.

Гамзиков Г.П. Баланс и превращение азота удобрений. Новосибирск: Наука. 1985.

Гамзиков Г.П. Итоги и основные направления исследований с применением стабильного изотопа в Сибири // Применение ^{15}N в агрохимических исследованиях. Новосибирск: Наука (Сиб. отделение). 1988.

Гамзиков Г.П., Кострик Г.И. Баланс азота удобрений в системе почва-растение // Круговорот и баланс азота в системе почва-удобрение-растение-вода. М.: Наука. 1979.

Гамзиков Г.П., Кострик Г.И., Емельянова В.Н. Баланс и превращение азота удобрений. Новосибирск: Наука (Сиб. отделение). 1985.

Генкель П.А. Основные пути изучения солеустойчивости сельскохозяйственных растений // Сельскохозяйственная биология. 1970. Т. 5.

Герасимов И.П. О почвенно-климатических фракциях равнин СССР и прилегающих стран // Тр. почвенного института им. В.В. Докучаева. Л. 1933. Т. 8. Вып. 5.

Гинзбург К.Е., Щеглова Г.М., Вульфус Е.В. Ускоренный метод сжигания почв и растений // Почвоведение. 1963. № 15.

Голобородько С.П., Иутинская Г.А. Влияние орошения и интенсивного удобрения культурного пастбища на его продуктивность и численность микроорганизмов в условиях юга Украинской ССР // Докл. ТСХА. 1978. Вып. 239.

Горбунов Б.В. и др. Сравнительная характеристика почв Северного и Южного Казахстана. Ташкент: Фан. 1972.

Горбунов Б.В. Климат и растительность // Почвы Узбекистана. Ташкент: Фан. 1975.

Горбунов Б.В. Орошаемые почвы Средней Азии // География и классификация почв Средней Азии. М.: Наука. 1965.

Горбунов Б.В. Условия и факторы почвообразования // Почвы Узбекистана. Ташкент: Фан. 1975.

Горобчук А.В. Влияние засоления и влажности почвы на нитрификацию мочевино-формальдегидных удобрений // Агрохимия. 1970.

Григорян Б.Р., Юльметьев Р.М., Асафова Е.В., Ибатулина Л.М. Тез. докл. 10-й Всес. науч. Конф. «Микроэлементы в биологии и их применение в медицине и сельском хозяйстве». Чебоксары. 1986.

Гудько Е.Н. Влияние микроэлементов на урожай хлопчатника // Микроэлементы в жизни растений и животных. М.: 1952.

Гюльяхмедов А.Н. Микроэлементы в почвах зоны хлопководства Азербайджана и эффективность их применения под хлопчатник. Баку. 1961.

Гюльяхмедов А.Н. Содержание микроэлементов в почвах Азербайджанской ССР и отзывчивость на них сельскохозяйственных культур // Тез. докл. 3-го Всес. совещ. по микроэлементам. Баку. 1958.

Данилов Т.А. Действие кобальта на урожай некоторых

сельскохозяйственных растений // Тез. докл. симпози. Биологическая роль кобальта. М. 1969.

Данилов Т.А., Попов И.В. Действие кобальта на рост и обмен веществ в растениях // Агрохимия. 1964. № 2.

Дехконходжаева С.Х., Круглова Е.К. Молибден в почвах Андижанской области и перспективы применения молибденовых микроудобрений // Почвоведение. 1975. № 6.

Джалилов И.А. Влияние бора и других микроэлементов на развитие и урожай хлопчатника. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Душанбе. 1958.

Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1979.

Екилсев Х.Х., Андрищенко В.К. Влияние микроэлементов на поступление азота в хлопчатник // Хлопководство. 1965. № 1.

Енкина О.В. Биологическая активность почвы в связи с длительным применением удобрений // Агротехника и химизация масличных культур. Краснодар. 1983.

Ерматов У.И. Об азотном питании хлопчатника в период плодобообразования // Сб. научных работ аспирантов СоюзНИХИ. 1964. Вып. 4.

Жизневская Г.Я. Медь, молибден и железо в азотном обмене бобовых растений. М. 1972.

Жориков Е.А. Агрохимическое свойство и эффективность органо-минеральных смесей // Удобрение хлопчатника. Ташкент. 1948.

Жориков Е.А. Повышение эффективности минеральных удобрений путем применения их с органическими веществами // Советская агрономия. 1950. № 6.

Жукова О.К., Калинина Н.И. О вертикальном перемещении нитратного азота в сероземах // Тр. Таджикского НИИ земледелия. Душанбе. Т. 6. Вып. 3.

Задорожный Г.П., Батьяев Ж.Я. Изучение эффективности применения цинка, меди, молибдена под хлопчатник в зависимости от доз и соотношений микроудобрений // Физиология хлопчатника и агрохимия в хлопководстве. Тр. Союз. НИХИ. Ташкент. 1975. Вып. 29.

Задорожный Г.П., Вениченко И.И. Влияние микроэлементов на урожай, технологические свойства волокна и масличность семян хлопчатника // Вопросы физиологии и биохимии хлопчатника.

Ташкент. 1973.

Замятина В.Б. и др. Применение ^{15}N для изучения превращения азотных удобрений в почве и их использование растением. М.: Изд-во АН СССР. 1967.

Замятина В.Б. и др. Применение ^{15}N при изучении превращения азотных удобрений в почве и использование азота растением // Докл. ВАСХНИЛ. 1963. Вып. 2.

Замятина В.Б. Применение ^{15}N в агрохимических исследованиях // Удобрения и основные условия их эффективного применения. М.: Колос. 1970.

Замятина В.Б., Варюшкина Н.М., Кирпанова Л.И. и др. Превращение и баланс азота удобрений // Применение стабильного изотопа азота ^{15}N в исследованиях по земледелию. М.: Колос. 1973.

Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. М.: Изд. МГУ. 1987.

Зглинская Н.Л. Содержание и соотношение форм фосфора, извлекаемых углекислотой и углеаммонийной вытяжками в некоторых почвах сероземного пояса // Вопросы географии, химии, физики и биологии почв. Изд. НИИ почвоведения. 1974. Вып. 9.

Зимина Н.И. Агрофизические свойства почв Голодной степи // Почвы Голодной степи и их агрономическая характеристика. Ташкент: изд. СоюзНИХИ. 1961.

Зиямухамедов И.А., Рыжов С.Н. Органическое вещество целинных и орошаемых почв. Ташкент. 1975.

Ибрагимов Г.А. Использование минеральных вод на орошение хлопчатника. Ташкент. 1973.

Ибрагимов С.М., Паханаев Я.Н. О применении микроэлементов в Бухарской области // Хлопководство. 1964. № 6.

Ивченко В.И. Физиологическое значение молибдена для растений. Киев. 1973.

Измайлов С.Ф. Азотный обмен в растениях. М.: Наука. 1986.

Ильин В.В. Биогеохимия и агрохимия микроэлементов в южной части Западной Сибири. Новосибирск. 1973.

Исаев Б.М. Особенности постановки опытов с микроэлементами // Методика полевых и вегетационных опытов с хлопчатником в условиях орошения. Ташкент. 1973.

Исаев Б.М. Состояние и перспективы применения микроудобрений в хлопководстве // Химизация в хлопководстве. Ташкент. 1972.

Исаев Б.М. Физиологические и агротехнические основы питания хлопчатника микроэлементами. Ташкент: Фан. 1979.

Исаев Б.М., Альжанов Б. Эффективность микроэлементов под хлопчатник на луговых почвах Каракалпакии // Физиология и биохимия хлопчатника. Ташкент, 1976.

Исаев Б.М., Альжанов Б. Эффективность микроэлементов цинка и меди на хлопчатнике на засоленных луговых почвах ККАССР в зависимости от уровня минерального питания // Тез. регион. совещ. по итогам работ с удобрением в республиках Средней Азии и Казахстана. Ташкент, 1975.

Исаев Б.М., Махмудов А.А. Баланс азота удобрений на типичных сероземах при возделывании хлопчатника после люцерны // Агрохимия. 1990. № 10.

Исаев Б.М., Рустамов К. Значение меди в питании, обмене веществ и продуктивности хлопчатника // Физиология хлопчатника и агрохимия в хлопко-водстве. Ташкент, 1975.

Исаев Б.М., Рустамов К. Способы применения микроэлемента меди // Хлопководство. 1975. № 4.

Исаков М. Влияние схемы размещения и различного уровня азотного питания на рост, развитие и продуктивность хлопчатника в условиях засоления // Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ташкент, 1981.

Кадыров Ю.К. Влияние координационных соединений кобальта на азотный обмен и продуктивность хлопчатника // Узб. биол. журн. 1983. № 3.

Кадыров Ю.К. Влияние неорганических и координационных соединений цинка на азотный обмен и урожайность хлопчатника // Узб. биол. журн. 1980. № 6.

Кадыров Ю.К. Действие координационных соединений микроэлементов на рост, обмен веществ и продуктивность хлопчатника. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ташкент, 1977.

Кадыров Ю.К., Азизов М.А. Сравнительная биологическая активность некоторых координационных соединений кобальта и их влияние на физиологические показатели хлопчатника // ДАН УзССР. 1980. № 12.

Калинkevич А.Ф. О некоторых процессах обмена веществ при ассимиляции серы растениями // Физиология растений. М. 1985. Т. 6. Вып. 3.

Камилов О.К., Каримов М.У. Агрохимические особенности

почв Голодной степи. Ташкент: Узбекистан, 1975.

Канивец В.И., Кисель А.И., Кононюк Л.А. Микробиологический режим дерново-подзолистой выветрело-песчаной почвы в условиях интенсивного земледелия // Тез. докл. делегатск. съезда Всес. об-ва почвоведов (Ташкент, 13-19 сент. 1985). Ташкент, 1985.

Каплунова Л. И др. Изучение агрохимической эффективности полимерных удобрений на основе мочевино-формальдегидных соединений // Комплексные азотно-фосфорные удобрения. Ташкент, 1982.

Касицкий Ю.И., Мучу Р.Х., Лунина А.А. Об оптимальном уровне обеспеченности подвижным фосфором предкавказского выщелоченного чернозема // Агрохимия. 1985. № 4.

Касицкий Ю.И., Мучу Р.Х., Лунина А.А. Об оптимальном уровне обеспеченности подвижным фосфором предкавказского выщелоченного чернозема // Агрохимия. 1988. № 10.

Касицкий Ю.И., Хачатрян С.М., Трофимов С.Н., Трофимова Н.П., Скапишва А.Ф. Эффективность возрастающих доз фосфорных удобрений в зависимости от времени взаимодействия с различными типами почвы в одинаковых климатических условиях // Агрохимия. 1988. № 5.

Каталимов И.Б., Ширинов А.А. Содержание кобальта в растениях и удобрениях // ДАН СССР. 1965. № 5.

Каутская Л.В. Некоторые микробиологические показатели чернозема мощного слабовыщелоченного при длительном применении (микроорганизмы как компонент биогеоценоза). Алма-Ата: Изд. КазГУ. 1982.

Кедров-Зихман О.К., Розерберг Р.С., Протошин Л.Н. Действие Си и Мо на урожай сельскохозяйственных растений на дерново-подзолистых торфяных почвах Белоруссии // Микроэлементы в сельском хозяйстве. Рига, 1956. № 51.

Кидин В.Б., Смирнов П.М. Превращение продуктов метаболизма азотных удобрений в почве // Изв. ТСХА. 1974. № 6.

Кидин В.В., Смирнов П.М., Ионов О.Н. Использование растениями меченого азота удобрений и превращение его в почве // Изв. ТСХА. 1980. Вып. 6.

Ким Л.М. Превращение в почве азота КФУ и его использование хлопчатником // Интенсивная технология возделывания хлопчатника в УзССР. Тр. ТашСХИ. Ташкент, 1988.

- Кимберг Н.В., Кочубей М.И., Шувалов С.А. Почвы Узбекской ССР. Ташкент: Узбекистан. Т. 3. 1964.
- Кобзева Т.И. Содержание фосфатов в типичных сероземах в зависимости от давности освоения и окультуренности // Тр. Ин-та почвоведения. Ташкент. 1974. Вып. 9.
- Ковда В.А. Биогеохимические циклы в природе и их нарушение человеком. М.: Наука. 1975.
- Колосов И.И. Изучение поглощения фосфора и распределения его в растении в целях обоснования приемов внесения удобрений. М. 1954. Т. 3. Вып. 2.
- Колосов И.И. Поглотительная деятельность корневых систем растений. М.: Изд-во АН СССР. 1962.
- Кондратьев К.Н. Изменение плодородия почвы в саду под влиянием двадцатилетнего применения удобрений // Рациональное использование почв Саратовской области. Саратов. 1987.
- Кононова М.М. Микробиологическая характеристика почв некоторых районов Средней Азии // Тр. Ак-Кавакской опытной станции. Ташкент. 1930. Вып. 7.
- Кононова М.М. Органические вещества почвы. М.: Изд. АН СССР. 1963.
- Кононова М.М., Александрова И.В. Влияние продуктов гумификации на использование растениями минерального азота // Применение стабильного изотопа ^{15}N в исследованиях по земледелию. М.: Колос. 1973.
- Кореньков Д.А. Агрохимия азотных удобрений. М.: Наука. 1976.
- Кореньков Д.А. Вопросы теории и практики применения азотных удобрений. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. 1966.
- Кореньков Д.А. Использование ^{15}N в исследованиях по превращению азота удобрений в почве. М. 1968.
- Кореньков Д.А., Лаврова И.А. Превращение азотных удобрений в почве при внесении их под разные культуры // Агрохимия. (Сообщ. 1). 1973. № 1.
- Кореньков Д.А., Лаврова И.А. Превращение азотных удобрений в почве при внесении их под разные культуры. Агрохимия. (Сообщ. 2). 1974. № 3.
- Кореньков Д.А., Романюк Л.И., Варюшкина Н., Кирпанева Л.И. Баланс азота удобрений при изучении действия и последствий азотных удобрений в полевых лизиметрах // Бюлл. ВИАУ. М. 1975. 25.

- Корицкая И.А. Использование $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ яровой пшеницей при внесении удобрений в разные фазы роста // Агрохимия. 1969. № 9.
- Корицкая И.А. Превращение азотных удобрений в почве и коэффициент их использования яровой пшеницей в полевом опыте с применением удобрений, меченных ^{15}N // Агрохимия. 1968. № 2.
- Кочергин А.Е., Орлова Л.М. Нитрифицирующая способность черноземных почв Западной Сибири и эффективность азотных удобрений // Агрохимия. 1970. № 4.
- Кретович В.Л. Обмен азота в растениях. М.: Наука. 1972.
- Круглова Е.К. Медь и ее формы в почвах Голодной степи и хлопчатнике // Почвоведение. 1962. № 5.
- Круглова Е.К. Методика определения микроэлементов и их форм в карбонатных почвах, хлопчатнике, водах // Методы агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований в поливных хлопковых районах. Ташкент. 1963.
- Круглова Е.К. Микроэлементы в орошаемых почвах Узбекской ССР и применение микроудобрений. Ташкент. 1984.
- Круглова Е.К. Микроэлементы в почвах Голодной степи // Почвы Голодной степи и их агрономическая характеристика. Ташкент. 1961.
- Круглова Е.К. Микроэлементы в почвах и их влияние на хлопчатник. Ташкент: Фан. 1966.
- Круглова Е.К. Рекомендации по использованию картосхем содержания микроэлементов в орошаемых почвах Узбекской ССР. Ташкент. 1983.
- Круглова Е.К., Дехконходжаева С.Х., Тураев Т., Мухамеджанова А. Микроэлементы в орошаемых почвах Хорезмской области и применение микроудобрений. Ташкент. 1980.
- Круглова Е.К., Мухамеджанова А., Тураев Т. Методика определения формы соединений микроэлементов (Mn, Cu, Co) в карбонатных почвах // Узб. лим. журн. 1979.
- Кудяров В.Н., Беникин В.Н., Кудярова А.Ю., Бочкаров А.Н. Экологические проблемы применения удобрений. М.: Наука. 1984.
- Кудяров В.Н., Кудярова А.Ю. Экологические проблемы применения минеральных удобрений // Докл. симп. 7-го делегатского съезда Всес. об-ва почвоведов (Ташкент, 9-13 окт. 1985). Ташкент. 1985. Ч. 6.

Кудеяров В.Н., Никитишен В.И. Экологические последствия интенсификации сельского хозяйства // *Агрохимия*. 1988. № 6.

Кудрин С.А. Агрохимическое обоснование системы удобрений в хлопковых севооборотах // *Удобрение в севообороте*. М. 1936. Вып. 2.

Кудрин С.А. О выносе хлопчатником элементов пищи из почвы // *Удобрение хлопчатника*. Сб. научных работ ЦСУА СоюзНИХИ. Ташкент. 1948.

Кудрин С.А. О сроках внесения азотных удобрений в орошаемом хозяйстве // *Хлопководство*. 1941. № 11.

Кудрин С.А. Химия сероземов // *Почвоведение*. 1940. № 6.

Курсанов А.Л. Внутренняя организация физиологических процессов у растений и новые принципы в растениеводстве // *Вестник АН СССР*. 1962. № 9.

Лаврова И.А. Превращение в почве и использование растениями азота разных форм азотных удобрений. М. 1968.

Левченко Л.А. Тезисы докл. 10-й Всес. науч. конф. «Микроэлементы в биологии и их применение в медицине и сельском хозяйстве». Чебоксары. 1986. Т. 1.

Мадраимов И. Калийные удобрения в хлопководстве. Ташкент: Узбекистан. 1972.

Мадраимов И., Джакилов М. Эффективность использования мочевино-формальдегидных удобрений под хлопчатник на сероземах // *Применение удобрений в хлопководстве*. Ташкент: Фан. 1966.

Макаров Б.Н. Газообразные потери азота удобрений и их формы // *Агрохимия*. 1969. № 12.

Макаров Б.Н. Использование медленнодействующих удобрений и ингибиторов нитрификации // *Агрохимия*. 1975. № 10.

Макаров Б.Н., Геращенко Л.Б. Газообразные потери азота из почвы при внесении разных доз форм азотных удобрений // *Агрохимия*. 1981. № 1.

Мамедов З.И. Влияние кобальта на урожайность и некоторые физиологические особенности хлопчатника // *Социалистическое сельское хозяйство Азербайджана*. 1960. № 3.

Мамедов З.И. Влияние микроэлементов на солеустойчивость хлопчатника // *Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине*. Киев. 1963.

Мамченков И.П., Ташева Р.М. Влияние органического вещества на превращение соединений азота в почве // *Органическое удобрение*.

М. 1972.

Мачигин Б.П. Агрохимические свойства почвы и влияние удобрений на развитие хлопчатника // *Сб. научных работ ЦСУА СоюзНИХИ*. Ташкент. 1957.

Мачигин Б.П. Поглощение фосфатов почвами Средней Азии // *Удобрение хлопчатника*. Сб. работ ЦСУА СоюзНИХИ. Ташкент. 1948.

Машарилов Э.Н. Баланс азота навоза и минеральных удобрений при раздельном и совместном их внесении под хлопчатник. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ташкент. 1984.

Минглиева А.З. Влияние орошения на питательный режим засоленных луговых почв // *Агрохимия*. 1966. № 10.

Минеев В.Г. Экологические аспекты агрохимии. М.: Изд-во МГУ. 1988.

Миронова Л.М. Микробиологические процессы и трансформация органического вещества при разных системах удобрения дерново-подзолистых почв Полесья // *Агрохимия и почвоведение*. Киев. 1988. № 51.

Мосолов И.В. Белково-углеводный обмен в листьях пшеницы и картофеля в зависимости от сортовых особенностей и условий азотного питания // *Вестник сельскохозяйственной науки. Удобрение и агротехника*. 1941. № 9.

Мосолов И.В. Физиологические основы применения удобрений. М.: Колос. 1979.

Мосолов И.В. Физиологическое обоснование питания растений по фазам роста и развития // *Тр. ВИУА*. М. 1960. № 36.

Мосолов И.В., Воллейдт Л.Н. Влияние серы на урожай сельскохозяйственных культур, удобрение и урожай. М. 1967. Т. 57.

Муталов Ж.Х. Влияние марганца на некоторые физиолого-биохимические показатели и продуктивность хлопчатника. Ташкент. 1983.

Муханова В.Л. Влияние многолетнего применения удобрений на агрохимические свойства сероземов. Автореф. дис. ... канд. 1950.

Муханова В.Л. Влияние многолетнего применения удобрений на агрохимические свойства сероземов. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ташкент. 1950.

Най П.Х., Тинкер П.Б. Движение растворов в системе почва-растение. М.: Колос. 1980.

Нестерова Е.И. Эффективность азотного удобрения и

использование растениями азота в зависимости от уровня плодородия подзолистых почв // Азот в земледелии нечерноземной полосы. М.: Колос. 1973.

Никитишён В.И., Неретин Г.И., Никитишина И.А., Терехова Л.М., Шабнова Н.И. Эффективность удобрений и баланс питательных веществ в полевых севооборотах на серой лесной почве // Агрохимия. 1981. № 3.

Ониони О.Г., Кохадзе Д.М. Баланс азота удобрений в дренированных и недренированных почвах Колхидской низменности // Агрохимия. 1980. № 9.

Островская Л.К. Микроэлементы в биологии и их применение в медицине и сельском хозяйстве // Тез. докл. 10-й Всес. науч. конф. Чебоксары. 1986. Т. 3.

Островская Л.Н., Зайцева Н.А., Акатнова А.Г., Ченская Н.И. Комплексоны для регулирования питания растений и борьбы с карбонатным хлорозом // Химия в сельском хозяйстве. 1987. № 1.

Павлов А.Н., Любанова Н.В., Колесник Т.И. Азотистые соединения, в виде которых ^{15}N поступает в развивающиеся зерновки ячменя // Физиология растений. 1973. Т. 20. № 4.

Панков М.А. Почвоведение (учебник для с.-х. вузов). Ташкент: Укитувчи. 1970.

Панков М.А. Почвы хлопковых оазисов // Справочник по хлопководству. 1949.

Панков М.А. Процессы засоления и рассоления почв Голодной степи. Ташкент. 1962.

Пейве Я.В. Биохимия почв. М.: Сельхозгиз. 1961.

Пейве Я.В. Медьсодержащие оксиредуктазы растений // Биологическая роль меди. Рига. 1970.

Пейве Я.В. Роль микроэлементов в питании растений и животных // Сообщения и доклады на 3-м Международном ботанич. конгрессе в Брюсселе. М.: Изд-во АН СССР. 1980.

Петербургский А.В. Азот в современном земледелии // Экологические последствия применения агрохимикатов (удобрения) // Тез. докл. Всес. совещ. Пушкино. Изд-во Науч. центра биол. иссл. АН СССР. 1982.

Петербургский А.В., Никитишён В.И. О взаимосвязи азотного и фосфорного питания озимой пшеницы // Химия в сельском хозяйстве. 1970. № 12.

Пивоваро Г.Е., Гамонова Н.Ф., Ширская Г.М. Биологическая активность дерно-во-среднеподзолистых почв при длительном применении минеральных удобрений и извести // Агрохимия. 1985. № 1.

Пирахунов Т.П. Фосфорное питание хлопчатника в различных почвенных условиях. Ташкент. 1977.

Пирахунов Т.П., Кариев А.А. Эффективность применения молибдена и цинка под хлопчатник и люцерну. Ташкент: Фан. 1974.

Помазкин Л.В. Использование растениями и превращение меченого азота удобрений в почвах подтаежной зоны Средней Сибири // Агрохимия. 1980. № 4.

Потатусева Ю.А. Перспективный ассортимент микроудобрений для сельского хозяйства // Физиологическая роль и практическое применение микро-удобрений. Рига. 1976.

Протасов П.В. Применение калийных удобрений под хлопчатник в Средней Азии // Тр. СоюзНИХИ. Ташкент. 1953.

Протасов П.В., Катаев Б.Н. Изменение агрохимических свойств почвы при систематическом применении минеральных удобрений // Агрохимия. 1968. № 2.

Прянишников Д.Н. Агрохимия // Избр. соч. М.: Колос. 1965. Т. 1.

Прянишников Д.Н. Азот в жизни растений в земледелии СССР. М.: Изд-во АН СССР. 1945.

Прянишников Д.Н. Избранные сочинения. М.: Изд-во АН СССР. 1952. Т. 3.

Прянишников Д.Н. Физиологические и биохимические исследования. М.: Изд-во АН СССР. 1948.

Рабинович Г.М. Технология мочевины и удобрений из ее основе // Медленнодействующие удобрения. М.: ВНИИТИ. 1971.

Расулов А.М. Повышение плодородия почв хлопковой зоны. М.: Колос. 1976.

Рафикова Г.А., Рахматов И., Нугманов А. Эффективность микроэлементов и их смесей под хлопчатник на староорошаемых почвах // Физиология и биохимия хлопчатника. Тр. СоюзНИХИ. Ташкент. 1976. Вып. 32.

Рахимова Д. Содержание и распределение органических форм азота и качественный состав гумуса // Матер. науч. конф. молодых ученых. Ташкент. 1970.

Ремпе Е.Х., Мишунина М.П., Грачева И.К., Черная В.И. Влияние возрастающих доз удобрений на микробиологические процессы

дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы, содержание нитратов в почве и корнеплодах кормовой свеклы // Агрохимия. 1987. № 8.

Рерих В.И., Зырин Н.Г., Тихомиров Ф.А. О формах кобальта в почве // Вестник Моск. ун-та. Биология, почвоведение. 1975. № 93.

Ризаев З.Н., Абдукаримов А.Т., Ермоленко Л.Г. Тезисы докладов 10-й Всес. науч. конф. «Микроэлементы в биологии и их применение в медицине и сельском хозяйстве». Чебоксары. 1986. Т. 3.

Рискиева Х.Т. Охрана почв и водоемов от загрязнения азотными соединениями УЗНИИТИ. Ташкент. 1982.

Розанов А.Н. Об изменении сероземов под влиянием орошения // Тр. Почвенного института им. В.В. Докучаева. Вопросы генезиса и географии почв. М.; Л.: Изд-во АН СССР. 1948. Т. 27.

Розанов А.Н. Сероземы Средней Азии. М.: Изд. АН СССР. 1951.

Руделев Е.В. Баланс азота удобрений, внесенных под различные сельскохозяйственные культуры // Бюлл. ВИУА. 1975. № 25.

Руделев Е.В. Трансформация азота удобрений в органическом веществе некоторых почвенных разностей нечерноземной зоны СССР // Почвоведение. 1980. № 2.

Руделев Е.В., Филимонов Д.А. Превращение азотных удобрений в дерново-подзолистой, дерново-луговой, торфянистой почвах (по данным с ^{15}N) // Агрохимия. 1981. № 5.

Рыжов С.Н., Алиев А.Т., Пирахунов Т., Ташкузиева М.М., Кариев А. Баланс азота удобрений на типичном сероземе при выращивании хлопчатника (по данным лизиметрических опытов) // Применение стабильного изотопа ^{15}N в исследованиях. 1980.

Рыжов С.Н., Жиемуратов М. Зависимость роста, развития, урожайности хлопчатника от концентрации и осмотического давления почвенного раствора // Узб. биол. журн. 1968. № 5.

Рыжов С.Н., Зимина Н.И. Эффективность применения удобрений под хлопчатник при одностороннем и смешанном засолении почвы // Докл. ВАСХНИЛ. 1971. № 3.

Рыжов С.Н., Пирахунов Т.П., Ташкузиев М.М., Алиев А.Т. Баланс азота удобрений на типичном сероземе при выращивании хлопчатника (по данным лизиметрических опытов) // Применение стабильного изотопа ^{15}N в исследованиях по земледелию. 4-е Всес. конгр. науч. метод. совещ. Тбилиси. 1979.

Рыжов С.Н., Ташкузиев М.М. Состав и миграционный ряд основных химических элементов типичного серозема. Ташкент. 1976.

Саакянц К.Б. К вопросу о формах соединений фосфорной кислоты в различных почвах сероземной зоны // Науч. тр. ТашГУ. Ташкент. 1966. Вып. 291.

Сабинин Д.А. Минеральное питание как фактор формирования // Бюлл. Моск. об-ва испытателей природы, отдел биологии. Нов. Сер. Изд. ОПТИ. М., Л.: 1937. Т. 11. Вып. 1.

Сабинин Д.А. Минеральное питание растений. М.: Изд-во АН СССР. 1940.

Сабинин Д.А. Физиологические основы питания растений. М.: Изд-во АН СССР. 1955.

Саникидзе Г.С. Влияние удобрений на биологическую активность красноеземных почв Грузии // Структура и функции микробных сообществ с различной антропогенной нагрузкой. Киев: Наукова Думка. 1982.

Сапожников Н.А. Баланс азота в земледелии нечерноземной полосы и основные пути улучшения азотного питания культурных растений // Азот в нечерноземной полосе. М.: Колос. 1973.

Сапожников Н.А., Корнилов М.Ф. Научные основы системы удобрения в нечерноземной полосе. Л.: Колос. 1969.

Сапожников Н.А., Нестерова Е.И., Башинская Л.В. Влияние азотных удобрений на использование растениями азота почв различной окультуренности // Докл. на Всес. науч. конф. М. 1968.

Сатаров Д.С., Тешабаев М. Сорт хлопчатника и удобрение. Ташкент: Фан. 1982.

Сирота Л.Б. Влияние азотных удобрений на использование растениями азота почвы // Азот в земледелии нечерноземной полосы. Л.: Колос. 1973.

Скрябин Ф.А. Навоз в системе удобрения хлопчатника. Ташкент. 1970.

Скрябин Ф.А. Накопление, хранение и применение навоза под посевы хлопчатника // Удобрение и хлопчатник. Сб. ЦСУА СоюзНИХИ. Ташкент. 1948.

Смирнов П.М. Вопросы агрохимии азота (в исследованиях с ^{15}N). М.: Изд. ТСХА. 1977.

Смирнов П.М. Вопросы агрохимии азота (в исследованиях с ^{15}N). М.: ТСХА. 1982.

Смирнов П.М. Газообразные потери азота почвы и удобрений и пути их снижения // Круговорот и баланс азота в системе

почва-удобрение-растение-вода. М. 1979.

Смирнов П.М. и др. Закрепление азота удобрений в почве и трансформация его в последствии // Докл. ТСХА. 1976. Вып. 218.

Смирнов П.М. Использование растениями, потери и превращение в почве разных форм азотных удобрений // Изв. ТСХА. 1968. Вып. 6.

Смирнов П.М. Превращение азота удобрений в почве и его использование растениями // Применение стабильного изотопа ^{15}N в исследованиях по земледелию. М.: Колос. 1973.

Смирнов П.М. Превращение азотных удобрений в почве и их использование растениями. Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. М. 1970.

Смирнов П.М. Проблемы азота в земледелии и результаты исследований с ^{15}N // Агрохимия. 1977. № 1.

Смирнов П.М., Вуйцик-Войтковая Д., Лаврова И.А. Превращение различных форм азотных удобрений в почве и их использование растениями (по данным ^{15}N) // Изв. ТСХА. 1967. Вып. 2.

Смирнов П.М., Дегтярева Н.И. Использование растениями и превращение в почве иммобилизованного азота удобрений // Докл. ТСХА. 1972. 188.

Смирнов П.М., Кидин В.В., Иванникова Л.А. Влияние окультуренности почв на баланс меченного ^{15}N и азота удобрений в длительном опыте // Агрохимия. 1980. № 8.

Смирнов П.М., Кидин В.В., Торшин С.П. Влияние почвенного плодородия на газообразные потери азота почвы и удобрений // Почвоведение. 1981. № 11.

Смирнов П.М., Лаврова И.А. Особенности превращения разных форм азотных удобрений в почве и их использование растениями // Докл. ТСХА. 1967. Вып. 133.

Смирнов П.М., Педипос Р.К. Газообразные потери азота удобрений из почвы при различных условиях // Докл. ТСХА. 1974. Вып. 203.

Смирнов П.М., Суков А.А. Доступность растениям и превращение в почве иммобилизованного азота удобрений в последствии // Агрохимия. 1970. № 2.

Соколов А.В. Агрохимия фосфора. М.: Изд-во АН СССР. 1950.

Соколов А.В. Методы диагностики недостатка в почве питательных веществ по внешнему виду и анализу растений // Руководство для полев. и лабор. исслед. Почв. М.: Изд-во АН СССР.

1947. Т. 5. Вып. 2.

Соколов А.В. Распределение питательных веществ в почве и урожай растений. М.: Изд-во АН СССР. 1947.

Соколов О.А. Формирование белкового комплекса растений при участии азота удобрений // Круговорот и баланс азота в системе почва-удобрение-растение-вода. М.: Наука. 1979.

Строгонов Б.П. Особенности булково-нуклеинового обмена при форматальных изменениях растений в условиях засоления // Физиология растений. 1970. Т. 17. Вып. 2.

Строгонов Б.П. Растения и засоление почв. М. 1958.

Сучков С.П. Типичные сероземы // Хлопчатник. Ташкент: Изд-во АН УзССР. 1957. Т. 2.

Тадессе Р.Г. Эффективность применения серы под хлопчатник в зависимости от уровня минерального питания // Интенсивная технология возделывания хлопчатника в УзССР. Тр. ТашСХИ. Ташкент. 1988.

Тарвис Т.В. Влияние продуктов гумификации на использование растениями минерального азота // Применение стабильного изотопа ^{15}N в исследованиях по земледелию. М.: Колос. 1973.

Тарвис Т.В. Использование поглощенного микроорганизмами азота удобрений растениями в зависимости от их биологических особенностей // Круговорот и баланс азота в системе почва-удобрение-растение-вода. М.: Наука. 1979.

Тарвис Т.В. Использование растениями азота удобрений, поглощенного микроорганизмами // Азот в земледелии нечерноземной полосы. М.: Колос. 1973.

Ташкузис М.М., Авазов М., Каримов А. Тезисы докл. 10-й Всес. науч. конф. Микроэлементы в биологии и их применение в медицине и сельском хозяйстве. Чебоксары. 1986. Ч. 3.

Творина Н.А. Микроэлементы в системе почва-растение Сурхандарьинского базиса. Автореф. дис. ... канд. Ташкент. 1968.

Тимашев Н.Д. Влияние микроэлементов меди и кобальта на содержание нуклеиновых кислот в листьях картофеля // ДАН СССР. 1958. Т. 119.

Туев Н.А. Микробиологические процессы гумусообразования. М.: Агропромиздат. 1989.

Туев Н.А. Экологические проблемы интенсивного земледелия // Вестник с.-х. науки. 1988.

Турчин Ф.В. Азотное питание растений и применение азотных удобрений // Изб. труды. М.: Колос. 1972.

Турчин Ф.В. Взаимодействие азота, фосфора и калия в питании растений при использовании ими аммиачных форм азота // Агрохимия. 1964. № 5.

Турчин Ф.В. Методы определения соединений азота в почве // Агрохим. Методы исследования почв. М.: Наука. 1965.

Турчин Ф.В. Превращение азотных удобрений в почве и усвоение их растениями // Агрохимия. 1964. № 3.

Турчин Ф.В. Роль минерального и биологического азота в земледелии // Почвоведение. 1956. № 6.

Турчин Ф.В., Блюм В.Т., Кондратьев И.Т. и др. Превращение азота в почве по данным исследований с применением изотопа ^{15}N // Докл. советских почвоведов к 7-му Междунар. конгрессу в США. М.: Изд-во АН СССР. 1960.

Турчин Ф.В., Гуминская Т.А., Плышевская Е.Г. Исследование азотного обмена растений с применением изотопа ^{15}N // Физиология растений. 1955. № 1. Т. 2.

Урунов И., Ташкузиев М.М. Кобальтовый кек и нитрификация //хлопко-водство. 1989. № 2.

Усманов А.Н. Рост, развитие и корневое питание хлопчатника в условиях гидропоники. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ташкент. 1968.

Усманов Х.У., Якубов А.М., Рахманов Р.Р. О производственных опытах по применению марганца в хлопководстве Узбекистана // Микроэлементы в сельском хозяйстве. Ташкент. 1965.

Филимонов Д.А., Руделев Е.В. Потери азота удобрений и почвы при вымывании на основных почвенных разностях нечерноземной зоны // Круговорот и баланс азота в системе почва-удобрение-растение-вода. М.: Наука. 1979.

Фридман С.Д., Клевке В.А. Мочевиноформальдегидные удобрения. Прикладная химия. 1961. Т. 34. Вып. 10.

Фридман С.Д., Свешникова В.С. и др. Мочевиноформальдегидные удобрения // Химия и технология азотных удобрений. Тр. ГИАП. 1963. Вып. 15.

Хаитбаев Х.Х. Продуктивность хлопчатника в зависимости от сортовых особенностей и уровня питания на типичных сероземах Ташкентского оазиса. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ташкент. 1988.

Халилов К. Влияние микроэлементов на продуктивность

хлопчатника и некоторые стороны обмена веществ в условиях засоления. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ташкент. 1979.

Ходжаев Д.Х. Микроэлементы повышают холодоустойчивость и урожайность хлопчатника // Хлопководство. 1968. № 1.

Ходжиев Т.Х. Потери азота в типичном сероземе и луговой почве под хлопчатником // Тез. докл. совещ. по ^{15}N . Ташкент. 1974.

Чириков Ф.В. Агрохимия калия и фосфора. М.: Сельхозгиз. 1956.

Чуманов Я.И. Удобрение хлопчатника в условиях орошения. М.: Сельхозгиз. 1953.

Шарафутдинова Ф.Х. Роль меди в развитии хлопчатника. Ташкент. 1983.

Ширская Г.М., Пивоваров Г.Е., Гомонова Н.Ф. Микроорганизмы как компонент биогеноценоза // Матер. Всес. симпози. (Алма-Ата, 27-29 сент. 1972) Алма-Ата: Изд. КазГУ. 1982.

Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. Л. 1974.

Школьник М.Я. О биологической роли в растительных организмах // Успехи совр. биологии. 1965. 40. № 2.

Шконде Э.И., Королева И.В. О методах определения потребности почв в азотных удобрениях // 3-й делегатский съезд почвоведов. М. 1968.

Юрко Е.П. Влияние удобрений на урожай озимой пшеницы, трансформацию и миграцию азота в почве // Применение ^{15}N в агрохимических исследованиях. Новосибирск: Наука (Сиб. отделение). 1988.

Ягодин Б.А. Интенсификация земледелия и современные проблемы агрохимии // Химия в сельском хозяйстве. 1987. № 4.

Ягодин Б.А. Кобальт в жизни растений. М. 1970.

Ягодин Б.А. Основные направления развития исследований по агрохимии микроэлементов // Биологическая роль микроэлементов и их применение в сельском хозяйстве и медицине. Иваново-Франковск. 1978. № 2.

Ягодин Б.А., Буторина Е.М. Тезисы докладов 10-й Всес. науч. конф. «Микро-элементы в биологии и их применение в медицине и сельском хозяйстве». Чебоксары. 1986. Т. 1.

Ягодин Б.А., Овчаренко Г.А. Поступление кобальта в растения кормовых бобов в зависимости от содержания этого элемента в семенах и питательной среде // Агрохимия. М. 1969. № 3.

Яминов Т. Влияние хлористого кобальта на хлопчатник // Хлопководство. 1981. № 7.

Яминов Т., Иватов К., Сырянов Ю., Одилов С. Влияние кобальта на урожай // Хлопководство. 1988. № 6.

Янишевский Ф.В. Задачи совершенствования ассортимента азотных удобрений // Вестник с.-х. науки. 1984. № 5.

Яровенко Г.И. Действие мочевиноформальдегидных удобрений на хлопчатник в условиях Узбекистана // Химия в сельском хозяйстве. 1964. № 9.

Яровенко Г.И. Минеральные удобрения – важный фактор под хлопчатник. Ташкент: Изд-во ЦК КП УзССР. 1963.

Яровенко Г.И. Физиологические основы корневого питания хлопчатника. Ташкент: Фан. 1969.

Яровенко Г.И. Физиолого-биохимические основы повышения эффективности азотных удобрений в хлопководстве. Ташкент: Узбекистан. 1969.

Яровенко Г.И., Умаров А. Действие мочевиноформальдегидных удобрений на биологическую способность почв, нитратонакопление, урожайность хлопчатника // Узб. биол. журн. 1963. № 6.

Allison F.E., Rolier E.M., Rancy W.A. Soil fertility studies in Lysimeters containing Lake-land-sand // US Dep. Agr. Techn. Bull. 1959. N 1199.

Basaraba J. Mineralization of Urea-formaldehyde compounds at different pH levels and temperatures // Canad. J. Soil Sci. 1964. V. 44. P. 1.

Beneditta A. Fertilita biologica del terreno e concimi ad arto ento // Ann. 1^{re} Sper. Nutr. Pianta. 1983–1984 (1987). N 12. P. 1–14.

Bortolomejev W.V., Clark F.E. Nitrogen transformations in soils in relation to the Rhizosphere microflora // Fourth. Intern. Congr. Soil Science. Amsterdam. 1950. V. 2–4. Soil Biology.

Bufe L. Dungung und Umweltschutz // Fortschrittsber. Isudwirt und Manrugsgutereit. 1986. 24. N 5. P. 40.

El-Kherbawy M., Daif M.A., Allam N.A., Hegazi M.N. Studies on slow-release fertilizers // Beitr. Trop. Landwirt. und Veterinformed. 1987. 25. N 2.

Hellekes R., Rutten P. Nitratreintrag und Masnahmen aus der sicht eines Wasserversorgungunternehmens // Trans. 13 Congr. Int. Soc. Sci. Hamburg. 13–20 Aug., 1996. Hamburg. 1987.

Jung J. Prüfung verschiedener Mischungen von Crotonylidendihaatns loff (CD-Harsloff) mit schnell wirkenden stickstoffformen // Landevirtsch. Forsch. 1961. Bd. 14. S. 246–254.

Legg J.O., Allison F.E. A tracer study of N-baiahce and residual N-availability with 12 Soil Sci. Amer. Proc. 1967. V. 31.

Lewis A.M., Chadwick K.S., Withers J. The assimilation of ammonium by roots planta. 1983. V. 159. N 6.

Me Gune D., Strangel P. Problems and priorities of research in soil fertility and fertilizers // Trans of the 124 Inter. Congr. Of soil science New Delhi. 1982.

Nelson W. The effect of nitrogen, phosphorus and potash on certain lint and seed properties of cotton // Agronomy Journ. 1947. V. 47. N 7.

Olson R.A., Frank K.O., Seim E.C., Mutr J., Dreier A.F. Significance of residual mineral N in soils from fertilizer application. 1974.

Paul E.A., Myers R.J.K. Effect of soil moisture stress on uptake and recovery of tagged nitrogen by wheat // Canad. J. Soil Sci. 1971. V. 51. N 1.

Shimixu Toshio. Glacoloril as a slow release nitrogen fertilizer // Soil sci. and Plant Nutr. 1987. 33. N 2.

Skirde W. Wirkungen verschiedener N-Träger bei hoher nährstoffanreicherung der rasentragsschicht // Vegetationstech. Landschafts und Sportstätteban. 1984. 7. N 1.

Stefanic G., Reichbuch L., Huzdugan I., Sirbee M., Chinogeanu L., Moga E. Modification of certain chemical and biological features of the soil due to chemical fertilization // 5 Symp. Soil Biol. Febr. 1981. Bucharest. 1984.

Tang Shude. Acta pedol. Sin. 1987. 24. N 3.

Toshi D.P., Khan H., Haneed, Biddappa C.C., Manikandan P. Transformation of slow release nitrogenous fertilizers in a red sandy loam soil // Indian Sci. 1986. 34. N 3.

Wenter F., Cutser R. Masnahmen zur Verminderung der Naturstoffverlagerung in Boden // Sayer, Landwirt. Jarh. Sonder dern. 2. 1987. 64. N 3.

Westerman R.L., Kurtz L.T., Hauck K.D. Recovery of ¹⁵N-labelled fertilizers in field experiment // Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1972. V. 36. N 1.

Wild K., Cameron R.C. Soil nitrogen and nitrate lonohing // Soils and Agriculture. 1981. N 2. P. 35–70.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Объекты, методы и условия проведения исследований	8
Почвенно-климатические условия	8
Методика закладки и условия проведения опытов	16
Глава 2. Азотное питание растений и трансформация азота удобрений в системе почва-растение-удобрение	22
Глава 3. Потребление хлопчатника азота и его трансформация в системе почва-растение-удобрений в зависимости от почвенных условий и внесения навоза	35
Использование хлопчатником и превращение азота удобрений в почве	35
Использование хлопчатником азота удобрений и почвы	43
Поступление ^{15}N в листья и плодовые элементы хлопчатника	46
Содержание в почве и лизиметрических водах аммиачного и нитратного азота	51
Рост, плодоношение и урожай хлопка-сырца в зависимости от почвенных условий	56
Глава 4. Баланс и превращение азота удобрений в зависимости и от сроков его внесения и почвенных условий	59
Использование хлопчатником и превращение азота удобрений в почве	59
Поступление и распределение азота в органах хлопчатника	64
Рост, плодоношение и урожай хлопка-сырца	68
Глава 5. Баланс и превращение азота мочевины и медленнодействующего карбамидаформальдегидного удобрения (КФУ) и их влияние на продуктивность хлопчатника	73
Превращение в почве и использование хлопчатником азота из мочевины и КФУ	79
Использование хлопчатником азота из удобрений и почвы	83
Поступление в хлопчатник азота удобрений, меченных ^{15}N	85
Содержание аммиака и нитратов в почве	87
Рост, плодоношение и урожай хлопка-сырца	88
Баланс азота мочевины и КФУ	91

Содержание аммиачного и нитратного азота в почве и лизиметрической воде	97
Влияние различных форм удобрений на рост, плодоношение и урожай хлопка-сырца	99
Глава 6. Использование хлопчатником и превращение в почве разных форм азотных удобрений, их влияние на усвоение фосфатов почвы и урожай хлопка-сырца	104
Баланс и превращение в почве азота разных форм азотных удобрений	107
Содержание в листьях хлопчатника соединений азота и фосфора	114
Содержание в почве подвижных соединений азота и фосфора	122
Вынос питательных элементов хлопчатником, рост стебля, плодоношение и урожай хлопка-сырца	130
Глава 7. Влияние координационных соединений и неорганических солей микроэлементов на поглощение и потребление питательных элементов и продуктивность хлопчатника	137
Содержание соединений азота и фосфора в листьях хлопчатника	148
Содержание и вынос хлопчатником микроэлементов, азота и фосфора	150
Продуктивность хлопчатника и качество хлопка-сырца	152
Глава 8. Поглощение и потребление питательных элементов разными сортами и их продуктивность при внесении координационных соединений микроэлементов	158
Содержание соединений азота и фосфора в листьях хлопчатника	158
Содержание меди, кобальта, азота и фосфора в органах разных сортов и их вынос	163
Продуктивность различных сортов хлопчатника	169
Заключение	174
Литература	177

АБЗАЛОВ АКМАЛ

**АЗОТНОЕ ПИТАНИЕ ХЛОПЧАТНИКА И ПУТИ ЕГО
УЛУЧШЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Утверждено к печати

Ученым советом факультета защиты растений Ташкентского
государственного аграрного университета, Отделением биологических
наук АН РУз

Ответственный редактор проф. А.Э.Эргашев

Редактор Б.Ш.Нурматов

Художественный редактор Р.И. Кривошей

Художник Е.И. Владимиров

Технический редактор Г.Каримова

Корректор Д.И.Алимулов

Подписано в печать 10.09.2008. формат (60х84 1/16. Условные печатные листы:
12,8. Издательские печатные листы 12,8. тираж 500 экз. заказ №10

Отпечатано в типографии ТашГЛУ на основе свидетельства №21-0941.
700140, г. Ташкент, ул. Университетская, 1.