

УДК 631.8+631.95:[631.816:631.84:631.445.41:634.13]

**АГРОХИМИЧЕСКИЕ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
ПРИМЕНЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ В  
ИНТЕНСИВНЫХ САДАХ ГРУШИ**

Б.С. НОСКО<sup>1</sup>, Т.В. МАЛЮК<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии  
им. А.Н. Соколовского» УААН, 61024 Харьков, ул. Чайковского, 4, Украина,

E-mail: [pochva@meta.ua](mailto:pochva@meta.ua)

<sup>2</sup> Институт орошаемого садоводства им. М.Ф. Сидоренко УААН, 72311  
Мелитополь, ул. Вакуленчука, 99, Украина, E-mail: [iosuaan@zp.ukrtel.net](mailto:iosuaan@zp.ukrtel.net)

Показана определяющая роль системы внесения азотных удобрений в регуляции интенсивности и направленности азотминерализационных процессов в черноземе южном, а также оптимизации минерального питания интенсивных насаждениях груши. Установлено, что дробное внесение небольших доз азота ( $N_{30}$ - $N_{45}$ ), в том числе фертигация, в периоды наибольшей потребности плодовых культур в данном элементе обеспечивает повышение урожайности на 23,8-35,3 %, что наряду с меньшей интенсивностью минерализации его почвенных запасов и снижением нитратного напряжения может служить одним из механизмов сохранения устойчивости садового агроценоза.

## ВВЕДЕНИЕ

Поиск оптимальных вариантов использования ресурсов доказал необходимость внедрения новых интенсивных технологий производства плодов на юге Украины, направленных на уменьшение размеров деревьев и

сокращения сроков вступления в плодоношение, уплотнение насаждений, применение иммунных сортов и т.д. Особое значение в таких технологиях принадлежит обеспеченности плодовых растений азотом и влагой. Это, с одной стороны, связано с интенсивным вегетативным ростом и наращиванием урожайности, с другой – с поверхностным залеганием корневой системы, осваивающей незначительный объем почвы, что диктует необходимость многократных поливов и поддержания оптимального уровня азотного питания в течение вегетации даже при отсутствии конкурентной культуры при содержании почвы под черным паром [1].

Современные подходы к развитию практических аспектов применения азотных удобрений связаны с оценкой азотного режима почвы [2]. Ведь активность азотминерализационных процессов, пространственная и временная динамика азотных соединений и процессы их трансформации в почве являются одними из главных факторов, определяющих условия минерального питания, и, как следствие, эффективность удобрений, урожайность и качество сельскохозяйственных культур [3-6, 7].

В тоже время применение удобрений нарушает естественное равновесие между процессами агрохимического цикла азота в почве, обуславливает дополнительную мобилизацию почвенного азота в минеральной форме, появление «экстра-азота» и т.д. [4, 9, 10]. Поэтому для построения рациональной системы удобрения и во избежание ее негативного влияния на окружающую среду, необходимы детальные исследования источников и величины доступного для растений азота в течение всего периода вегетации.

Приоритетным направлением признано создание таких типов регулирования круговорота азота, которые обеспечивают максимальное его участие в продукционном процессе и минимальное экологическое напряжение в агроландшафте [6, 11-13]. Диспропорция в наличии в почве и потребности растений в азоте приводит к существенному снижению эффективности удобрений и повышает опасность загрязнения среды азотными соединениями. То есть необходимо удобрения размещать в почве таким образом, чтобы они были более доступными для активной части корневой системы, а также приблизить сроки их внесения к периодам наибольшей потребности растений.

Одним из путей реализации данных принципов в питании плодового сада является фертигация, интерес к которой усиливается в связи с использованием прогрессивных способов орошения и новых полимерных материалов для строительства оросительных систем.

Целью данных исследований было изучение закономерностей изменения азотного режима орошаемого чернозема южного в корнеобитаемом слое, миграции нитратов по профилю почвы, а также продуктивности и качества плодов молодых интенсивных насаждений груши под влиянием системы внесения азотных удобрений.

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования были проведены в двух полевых и одном лабораторном опытах. Опытные насаждения заложены на землях научно-производственного участка «Научный» ИОС им. М.Ф. Сидоренко УААН в Запорожской области. Климат региона умеренно-континентальный, обеспеченность температурными

ресурсами высокая, однако дефицит влаги (в течение вегетационного периода выпадает в среднем 264 мм осадков) необходимо компенсировать орошением.

Почва – чернозем южный тяжелосуглинистый на лессе, характеризуется следующими показателями в 0-60 см слое: гумус - 2,33 %,  $P_2O_5$  и  $K_2O$  (по Мачигину) – 2,6 и 28 мг/100г почвы соответственно,  $N_{\text{общ.}}$  – 0,17 %,  $pH_{\text{водн.}}$  - 7,8, сумма поглощенных оснований – 39,9 м-экв/100 г почвы. Содержание легкорастворимых солей не превышает уровень токсичности для груши. Содержание почвы в саду – черный пар. Влажность поддерживается на уровне 75-80 % НВ с помощью стационарной системы капельного орошения с расходом капельницы 5,5 л/час.

Опыт 1 заложен в 2005 году в саду 2002 года посадки по схеме 5x3 м (667 деревьев на 1 га) с сортами груши Конференция и Изюминка Крыма на вегетативном подвое айва А. Схемой опыта предусмотрены варианты: контроль – без удобрений, внесение  $N_{\text{aa}30}$ ,  $N_{\text{aa}45}$ ,  $N_{\text{aa}60}$ ,  $N_{\text{aa}90}$  твердыми туками перед поливами. Удобрения применяли одноразово перед цветением и дробно (по ¼ дозы) в фазу обособления бутонов, после опадания лепестков, физиологического осыпания завязи и в начале дифференциации плодовых почек. Повторность в опыте 3-кратная, размещение вариантов рендомизированное. Каждая повторность включает 8 деревьев (6 опытных, 2 защитных).

Опыт 2 заложен в 2006 году на других рядах этих насаждений с сортом Конференция. Схемой опыта предусмотрены варианты: без внесения азота,  $N_{\text{aa}15}$ ,  $N_{\text{aa}30}$ ,  $N_{\text{aa}45}$ ,  $N_{\text{aa}60}$  вместе с поливной водой (фертигация). Удобрительные поливы проводились дробными дозами (по ¼) в периоды,

аналогичные опыту 1. Расположение вариантов – систематическое, в каждом варианте 6 деревьев (4 опытных, 2 защитных).

Для определения азотминерализующей способности в лабораторном опыте, образцы почвы, смешанные из 0-60 см слоя, компостировали 14 дней в термостате при 28 °С и влажности 60 % НВ, предварительно добавив азот в виде раствора  $N_{aa}$  из расчета 0-300 кг/га д.в. или 0-40 мг/100 г почвы.

Почвенные образцы отбирали в динамике: в период активной вегетации деревьев до глубины 0-60 см, где сосредоточено до 85 % корневой системы груши на вегетативном подвое, через каждые 20 см на расстоянии 50 см от штамба дерева в ряду и междурядье, весной и осенью - до 100-500 см для отслеживания миграции нитратных соединений.

В свежих почвенных образцах определяли содержание нитратного азота с дисульфифеноловой кислотой, аммиачного - с реактивом Нессера, минерального – по их сумме, легкогидролизуемого - по методике [14], микробную массу по методике [15], подвижное органическое вещество по Егорову (0,2 н. NaOH). В плодах трижды по мере их созревания определяли содержания нитратов ионоселективным методом. Математическую обработку проводили дисперсионным и корреляционно-регрессионным методами.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Наблюдения за характером динамики минерального азота ( $N_{мин.}$ ) свидетельствует, что самое низкое его содержание в течение вегетационных периодов 2005-2008 гг. было на контрольных вариантах ( $11,2 \pm 1,9$  мг/кг), а динамика проявлялась в постепенном увеличении к фазе затухания ростовых

процессов и снижении в конце вегетации. Внесение возрастающих доз азотных удобрений существенно влияло на уровень  $N_{\text{мин}}$  в черноземе южном тяжелосуглинистом. Применение  $N_{15}$ - $N_{90}$  увеличивало уровень этого показателя в 0-60 см слое почвы в среднем за вегетационный период груши до 16,1 - 40,4 мг/кг в зависимости от способа внесения (табл.1). Статистический анализ выборок объемом 36-64 наблюдений по каждой из доз показал, что содержание  $N_{\text{мин}}$  в течение вегетационного периода отмечается высокой относительной изменчивостью, то есть имеет большую динамичность во времени (коэффициент вариации достигает 52,7-74,0 %).

Таблица 1. Содержание минерального азота в среднем за вегетационный период груши (статистическая характеристика при  $P=0,95$ )

Доза азота, кг/га	x	s	V	Доверительный интервал
$N_0$	11,2	5,9	52,7	9,3÷13,1
$N_{15}$	16,1	8,9	55,3	14,3÷17,9
$N_{30}$	21,7	13,4	61,8	18,4÷25,0
$N_{45}$	28,3	18,1	64,0	23,8÷32,8
$N_{60}$	31,4	20,9	66,7	26,2÷36,6
$N_{90}$	40,4	29,9	74,0	33,4÷47,4

Однако темп и размеры накопления отличаются при однократном и дробном внесении. Как свидетельствуют 4-летние исследования, максимальное содержание  $N_{\text{мин}}$  в первом случае отмечено в мае – в начале июня, при дробном - в конце июля – августе (рис.1). Такая динамика была характерной и для делянок с фертигацией, однако количественные показатели  $N_{\text{мин}}$  были несколько ниже, чем при поверхностном применении аналогичных доз.

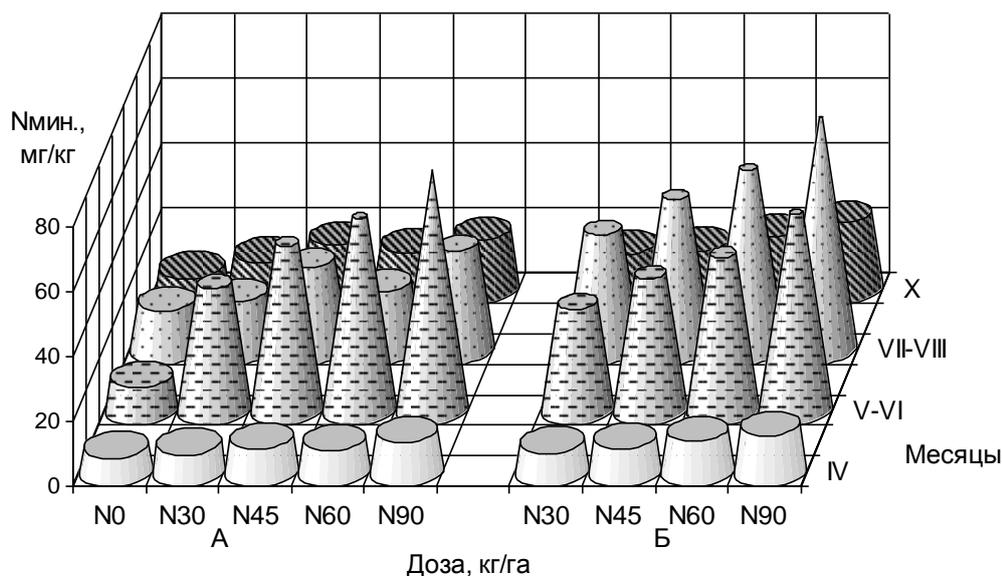


Рис. 1 - Динамика содержания минерального азота в 0-60 см слое почвы: А – одноразовое внесение годичной нормы; Б - дробное по  $\frac{1}{4}$  дозы (опыт № 1)

Вообще известно, что интенсивность мобилизационных процессов, при которых накапливается  $N_{\text{мин.}}$ , зависит от суммы факторов, которую можно отобразить в виде функции:  $Y = f(X_1 + X_2 + \dots + X_n)$ , где определяющими являются: запас мобильного органического вещества в почве, обеспеченность влагой, температурный режим, агротехнические приемы, влияние удобрений на дополнительную мобилизацию почвенного азота [4]. При условии поддержания в наших опытах принципа единственного различия (начальное содержание азота, влажность и агротехнические мероприятия были одинаковыми для всех вариантов), важно было определить зависимость содержания  $N_{\text{мин.}}$  от системы удобрения и условий года периода исследований.

Проведение многофакторного анализа выявило, что уровень накопления подвижных форм азота в почве в период активной вегетации груши (май – август) определялся, с уровнем вероятности 95 %, дозой, сроком удобрения и

годом исследования, доля влияния которых составила 35,3, 8,5 и 39,0 % соответственно. То есть накопление  $N_{\text{мин}}$  в черноземе южном, наряду с системой удобрения, обусловлено особенностями погодных условий года.

Одним из основных факторов, характеризующих агрометеорологические показатели эффективности удобрений, является гидротермический режим почвы, в частности сумма активных (выше  $10^{\circ}\text{C}$ ) температур почвы на глубине 20 см, динамика влажности, глубина промерзания почвы [4, 16]. Эти показатели обуславливают интенсивность процессов нитрификации и аммонификации и непосредственно влияют на весь азотный режим. Поскольку в наших исследованиях поддерживалась постоянная влажность почвы, то во внимание был взята сумма накопления активных температур почвы. Проведение регрессионного анализа показало наличие тесной криволинейной зависимости ( $R^2 = 0,68-0,87$ ) между этим показателем и содержанием  $N_{\text{мин}}$  (данные 2005-2008 гг.). Отмечено, что характер линий регрессии идентичный на контроле и вариантах с дробными дозами и описывается квадратичным уравнением, но при внесении удобрений накопление  $N_{\text{мин}}$  происходит в большем количестве. Динамика содержания азота проявляется в постепенном увеличении с начала вегетации по июль-начало августа (фаза дифференциации плодовых почек) и снижении в конце вегетации. Накопление температур почвы в пределах  $950-1150^{\circ}\text{C}$  отвечает наибольшим значениям этого показателя в черноземе южном без удобрения (15,6 мг/кг) и на вариантах с дробными дозами (19,9-71,5 мг/кг в зависимости от дозы и способа внесения). Зависимость  $N_{\text{мин}}$  от температуры почвы при ранневесеннем внесении нормы лучше описывается полиномом

третьего порядка, его максимум отмечен после цветения деревьев груши, с дальнейшим резким снижением в течение вегетации почти до уровня контроля.

Таким образом, при условии поддержания оптимального уровня влажности накопление  $N_{\text{мин}}$  в почве происходит в течение всего вегетационного периода груши, а его активность и величина обусловлены суммой температур почвы выше  $10^{\circ}\text{C}$ , дозами и сроком внесения удобрений.

Количественные значения  $N_{\text{мин}}$  определенным образом связаны и с урожайностью молодых насаждений. Так, в годы, этот показатель не превышал 5 т/га, отмечено более высокое содержание азота в почве в среднем за вегетацию (11,7-55,8 мг/кг) по сравнению с годами, отмеченными повышением ее до 8,8-16,8 т/га (8,8-31,4 мг/кг в зависимости от дозы).

Накопление значительного количества  $N_{\text{мин}}$  в начале вегетации (39,6-74,3 мг/кг) при однократном внесении удобрений в большинстве случаев не отразилось на продуктивности деревьев (табл. 2). Однако здесь отмечено значительное увеличение годичного прироста, особенно при внесении двойных доз ( $N_{60}$ - $N_{90}$ ), что может свидетельствовать о смещении баланса вегетативно-генеративной деятельности в нежелательную для интенсивного садоводства сторону - продления непродуктивного периода [17]. В то же время внесение дробных доз, даже минимальной ( $N_{15}$ -фертигация), в изучаемые фазы развития плодового дерева во все годы исследований (кроме 2005 г. до вступления в плодоношение) обусловили существенный прирост урожайности молодых насаждений. Отмечено, что увеличение содержания  $N_{\text{мин}}$  при дроблении доз

$N_{60}$ - $N_{90}$ , обеспечивая достоверный прирост урожая относительно контроля, в большинстве случаев уступало вариантам с меньшими дозами (табл. 2).

Проведенный корреляционный анализ между содержанием  $N_{мин.}$  во вторую половину лета и урожаем следующего года выявил наличие прямой зависимости средней силы ( $r = 0,64-0,73$ ). Таким образом, поддержание оптимального азотного режима почвы в течение всей вегетации, в том числе в фазу дифференциации плодовых почек, способствует не только повышению урожая текущего года, но и несколько лучшим прогнозам на следующий.

Таблица 2. Урожайность молодых деревьев груши в зависимости от системы внесения азотных удобрений, т/га, 2006-2008 гг.

Вариант опыта 1	А	Б	Вариант опыта 2	А
Без азотного удобрения	4,7	6,6	Без азотного удобрения	4,9
Одноразово $N_{30}$	5,0	7,1	Дробно путем фертигации $N_{15}$	5,5
—«— $N_{45}$	5,3	7,3	—«— $N_{30}$	6,2
—«— $N_{60}$	5,2	7,0	—«— $N_{45}$	6,7
—«— $N_{90}$	4,8	7,1	—«— $N_{60}$	6,4
Дробно $N_{30}$	5,8	7,9	НСР <sub>05</sub>	0,5
—«— $N_{45}$	6,1	8,8	-	-
—«— $N_{60}$	6,4	8,8	-	-
—«— $N_{90}$	5,8	8,6	-	-
НСР <sub>05</sub>	0,6	0,9	-	-

Примечание. А - урожайность сорта Конференция, Б – сорта Изюминка Крыма.

Известно, что удобрения имеют не только самостоятельное значение в питании растений, но и являются активаторами мобилизации почвенного азота, особенно под влиянием орошения [7, 9, 18]. Считается, что для черноземов

южных, которые формируются в жестких гидротермических условиях, характерна высокая минерализация азота подвижных фракций гумуса, обусловленная узким соотношением C:N [4].

В наших исследованиях действие удобрений привело к формированию дополнительного количества  $N_{\text{мин}}$ . (без учета азота контроля и удобрений) на вариантах с внесением удобрений. Наибольших значений этот показатель достигал после цветения при однократном и во второй половине лета – при дробном внесении. Так, например, при применении дробных доз путем фертигации в период наибольшей минерализационной активности величина дополнительного азота составляла 3,4-26,9 мг/кг (табл. 3). Показатели дополнительно минерализованного азота не абсолютны, так как не включают газообразных потерь и расходов азота на построение биомассы, (поскольку методы изотопной диагностики не применялись в опытах с грушей), однако они позволяют отследить зависимость этого показателя от разных доз удобрений.

Следует отметить, что однократное внесение удобрений в начале вегетации приводит к накоплению уже после цветения деревьев 24,7-51,4 мг/кг «экстра-азота». В тоже время внесение дробных доз в весенне-летний период, особенно путем фертигации, способствовало меньшему его накоплению даже в период пика минерализационной активности, что, очевидно, связано с меньшим влиянием невысоких доз на превращения азотных соединений в почве. Это совпадает с исследованиями, в которых наибольший минерализующий эффект азотных удобрений проявлялся в начальный период вегетации растений, а затем ослабевал [10].

Таблица 3. Влияние доз азотных удобрений на дополнительную минерализацию азота в 0-60 см слое почвы, мг/кг, 2006-2008 гг.

Доза	Содержание $N_{\text{мин.}}$	$N_{\text{мин.}}$ дополнительно к контролю ( $N_{\text{вар.}} - N_{\text{к.}}$ ).	$N_{\text{мин.}}$ дополнительно к контролю, без учета азота удобрений ( $N_{\text{вар.}} - N_{\text{к.}} - N_{\text{уд.}}$ )
Без азотного удобрения	14,1±3,3	-	-
$N_{15}$	19,5±3,6	5,4	3,4
$N_{30}$	27,7±4,0	13,6	9,6
$N_{45}$	38,9±7,4	24,8	18,8
$N_{60}$	49,0±7,3	34,9	26,9

Дополнительно мобилизованный азот почвы под действием удобрений в начале вегетации молодых садов не всегда оценивается как положительный фактор, поскольку в определенных условиях может привести к потерям азота почвы и удобрений и создать угрозу загрязнения окружающей среды. В этом случае средние дозы, внесенные дробно, больше отвечают современным требованиям к применению удобрений.

Согласно исследованиям В.И. Башкина [8], оценка трансформации азота в почве под влиянием внешних факторов может быть сделана на основе определения азотминерализационной способности. То есть, оценки того количества азота, которое может минерализоваться за вегетацию при оптимальных условиях под влиянием удобрений из органического вещества почвы. Этот показатель определяется путем решения квадратичного уравнения зависимости накопления  $N_{\text{мин.}}$  от дозы удобрений.

После компостирования образцов почвы в лабораторном опыте отмечено увеличение содержания  $N_{\text{мин.}}$ , обусловленное усилением нитрификации, очевидно за счет окисления аммиачных соединений, количество которых уменьшилось относительно исходных значений. Повышение  $N_{\text{мин.}}$ , по сравнению с суммой начального азота и азота удобрений, наблюдалось в диапазоне доз 2-32 мг/кг (15-240 кг/га). С повышением до 40 мг/кг (300 кг/га) количество азота оказалось несколько меньшим, чем было внесено с удобрениями (рис. 2). Это может свидетельствовать о направленности минерализационных и иммобилизационных процессов после определенной границы в сторону последних либо об усилении денитрификации.

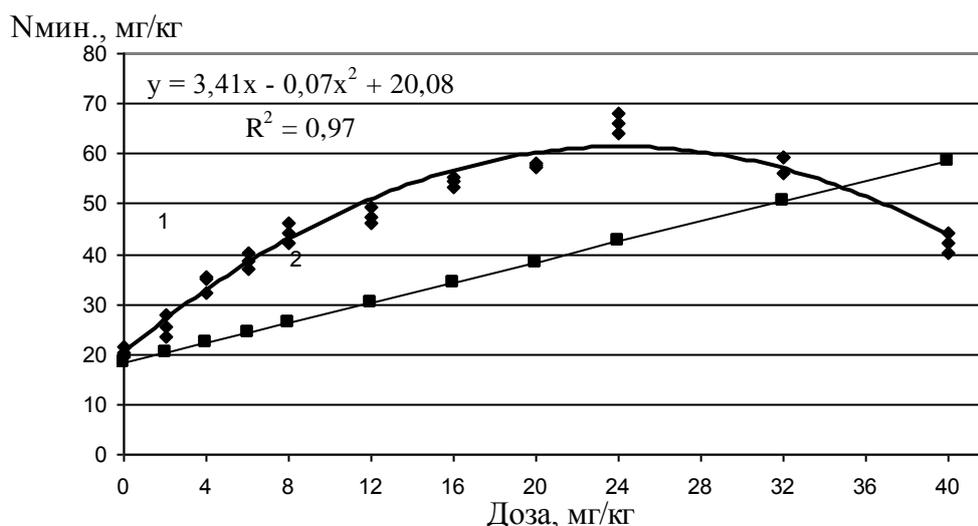


Рис. 2. Зависимость накопления  $N_{\text{мин.}}$  после 14-суточного компостирования от доз азотных удобрений (линия 1); линией 2 показана сумма  $N_{\text{нач.}}$  и  $N_{\text{удобр.}}$ .

Рост показателей нетто-минерализации (разница между содержанием  $N_{\text{мин.}}$  до компостирования и суммой  $N_{\text{нач.}}$  и  $N_{\text{удобр.}}$ ) и «экстра-азота» (разница между нетто-минерализацией при внесении удобрений и нетто-минерализацией без удобрения), происходило в диапазоне доз 2-24 мг/кг. Дальнейшее их

увеличение привело к снижению этих показателей. В целом, накопление «экстра-азота» под действием удобрений колебалось в пределах 2,8-14,5 мг/кг. То есть данные лабораторного опыта подтверждают закономерности накопления дополнительного азота в полевых опытах, однако в меньшем размере, что, очевидно, связано с действием неконтролируемых факторов.

Известно, что в почвах большая часть азота находится в составе органических соединений (95-99% валового) и, естественно, что процессы, связанные с их изменениями, неизбежно влияют на количество и формы азота. Поэтому мы считаем необходимым в разрезе изучения вопросов о влиянии удобрений на минерализацию азота, привести некоторые данные о содержании и изменении органического вещества почвы под влиянием антропогенного использования земель в интенсивном садоводстве.

Сельскохозяйственное использование почвы привело к уменьшению гумуса в 0-60 см слое на 17,2-19,9 % по сравнению с целиной, при этом наибольшие изменения произошли в пахотном горизонте. Различия по этому показателю на участках пашни не выявлены, кроме несколько более высоких значений на неорошаемой почве (табл. 4).

Наиболее информативным относительно влияния систем удобрения на свойства почвы является показатель подвижного органического вещества, характеризующий конкретную биохимическую ситуацию в определенный промежуток времени [19]. Наши исследования выявили четкую тенденцию к увеличению его в пашне в 2-3 раза по сравнению с целинной землей, а также на удобряемых участках по сравнению с неудобряемыми и неорошаемыми (табл.

4). Таким образом, формирование достаточно больших запасов подвижных форм и повышение доступности почвенного азота, очевидно, связаны с увеличением подвижности гумусовых веществ и усилением их минерализации под действием удобрений и системы содержания почвы.

Таблица 4. Показатели гумусового состояния почвы

Система содержания	Слой почвы, см	Содержание органического вещества, %	
		Гумус	Подвижные органические вещества по Егорову (0,2н. NaOH)
1.Целина	0-60	2,96	0,03
	60-100	0,69	0,02
	100-150	0,14	0,02
2. Пашня в грушевых насаждениях (черный пар):			
Без удобрения, без орошения	0-60	2,45	0,05
	60-100	0,69	0,04
	100-150	0,22	0,03
Без удобрения	0-60	2,38	0,07
	60-100	0,71	0,04
	100-150	0,23	0,03
N <sub>60</sub> - ежегодно	0-60	2,37	0,11
	60-100	0,73	0,04
	100-150	0,28	0,05

К соединениям, составляющим ближайший резерв для минерализации, относится легкогидролизуемый азот. В свою очередь минерализация-иммобилизация азотных соединений осуществляются почвенной биотой, которая таким образом практически полностью контролирует азотный режим почвы [20]. С целью определения характера связи между вышеупомянутыми

показателями и минерализационной активностью были проанализированы зависимости содержания  $N_{\text{мин}}$  в период его максимального накопления (при одноразовой дозе после цветения деревьев, при дробных дозах и контроле – в начале дифференциации плодовых почек), легкогидролизуемого азота, общей микробной массой и дозами удобрений (табл. 5).

Таблица 5. Связь между показателями в период максимальной минерализационной активности почвы

Показатели		Срок внесения	
		Однократно	Дробно
Легкогидролизуемый азот	Дозы	-0,77	-0,88
$N_{\text{мин}}$	Дозы	0,99	0,99
Микробная масса	Дозы	-0,81	-0,80
Легкогидролизуемый азот	$N_{\text{мин}}$	-0,84	-0,87
Легкогидролизуемый азот	Микробная масса	0,29	0,98
Микробная масса	$N_{\text{мин}}$	-0,75	-0,78

Анализируя данные табл. 5, можно предположить, что меньшая активность минерализации совпадает с активизацией иммобилизационных процессов, относительным выражением которых являются показатели микробной массы и подвижных форм органического азота и, наоборот, при максимальном содержании  $N_{\text{мин}}$ , их значения уменьшаются. Снижение доли азота в составе органических соединений и синхронное увеличение  $N_{\text{мин}}$  может свидетельствовать об усилении нежелательных микробиологических процессов, направленных на мобилизацию почвенных запасов, что обуславливает потери азота удобрений и почвы.

В фазу активного вегетативного роста (при накоплении активных температур почвы в пределах  $530-600^{\circ}\text{C}$ ) уравнение зависимости содержания  $N_{\text{мин}}$  ( $y$ ) от дозы удобрения ( $x_1$ ), легкогидролизуемого азота ( $x_2$ ), общей микробной массы ( $x_3$ ) имеет вид:  $y=0,67x_1+0,30x_2+0,03x_3$ ,  $R^2=0,97$ ,  $S_{yx}=7,6$  мг/кг. В фазу дифференциации плодовых почек (при  $950-1150^{\circ}\text{C}$ ):  $y=0,48x_1+0,47x_2+0,06x_3$ ,  $R^2=0,91$ ,  $S_{yx}=11,6$  мг/кг.

В развитых странах наряду с достижением оптимума эффективности удобрений пристальное внимание уделяется решению экологических проблем и гармонизации практики применения удобрений соответственно с почвенно-экологическими условиями [21]. В этом аспекте вопросы вертикального перемещения нитратов по профилю почвы приобретают все большую актуальность. Это касается и плодовых агроценозов, в почве которых, как предполагается, усиливается миграция элементов и активизируется круговорот влаги, связанные с дренажной функцией корневой системы деревьев [13].

Относительно черноземов преобладала точка зрения о слабой миграции нитратов. Однако все чаще появляются сообщения о значительном их вымывании, особенно при бессменном паровании почвы и орошении даже при умеренной системе удобрения, приводящее к отрицательному балансу в метровом и позитивному - в 5-10-метровом слоях почвы [5, 22, 23].

Условия удобрения совместно с уровнем увлажнения почвы имели определенное влияние на миграцию нитратов вне зоны основного размещения корневой системы деревьев груши. В среднем за период исследований их содержание в начале вегетации в 60-150 см слое превышало контроль (2,3 мг/кг)

в 1,5-10 раз в зависимости от доз, сроков удобрения и условий года. Наибольшее перемещение  $N-NO_3$  отмечено в годы с количеством осадков за вегетацию или период вынужденного покоя выше средней многолетней нормы, как, например, в 2005 и 2006 годах. Таким образом, увеличение запасов нитратного азота наблюдалось по всей глубине, изучаемой в опытах (до 150 см), что подтверждает существование нисходящей миграции нитратов под влиянием осадков и орошения. Для более детального изучения этого вопроса в конце вегетации 2008 г. были отобраны образцы до глубины 500 см.

Выявлено, что более низким содержанием  $N-NO_3$  характеризуются варианты без удобрения. Сопоставление данных орошаемых и неорошаемых контрольных участков, несмотря на невысокие значения содержания нитратов, показывает отличия в их накоплении до глубины 250 см. Орошение несколько усиливает их миграцию, что, очевидно, связано с его влиянием на все внутрипочвенные процессы, в том числе и образование  $N-NO_3$ . Специальных исследований по удобрению неорошаемой почвы нами не проводилось, но, принимая во внимание эти данные, можно предположить, что орошаемые участки будут отличаться большей глубиной проникновения  $N-NO_3$ .

Полученные данные свидетельствуют, что применение азотных удобрений обуславливает второй (после 0-150 см слоя) максимум накопления нитратов на глубине 250-300 см, где их количество в зависимости от дозы и строка внесения было в 3,0-10,6 раза большей, чем на контроле. Так, например, на вариантах с дробным внесением  $N_{30}-N_{90}$ , показанных на рис. 3, отмечено накопление 4,5-

19,2 мг/кг (или 33,9-132,5 кг/га) нитратов, тогда как в почве контрольного варианта - только 2,1 мг/кг (или 15,9 кг/га).

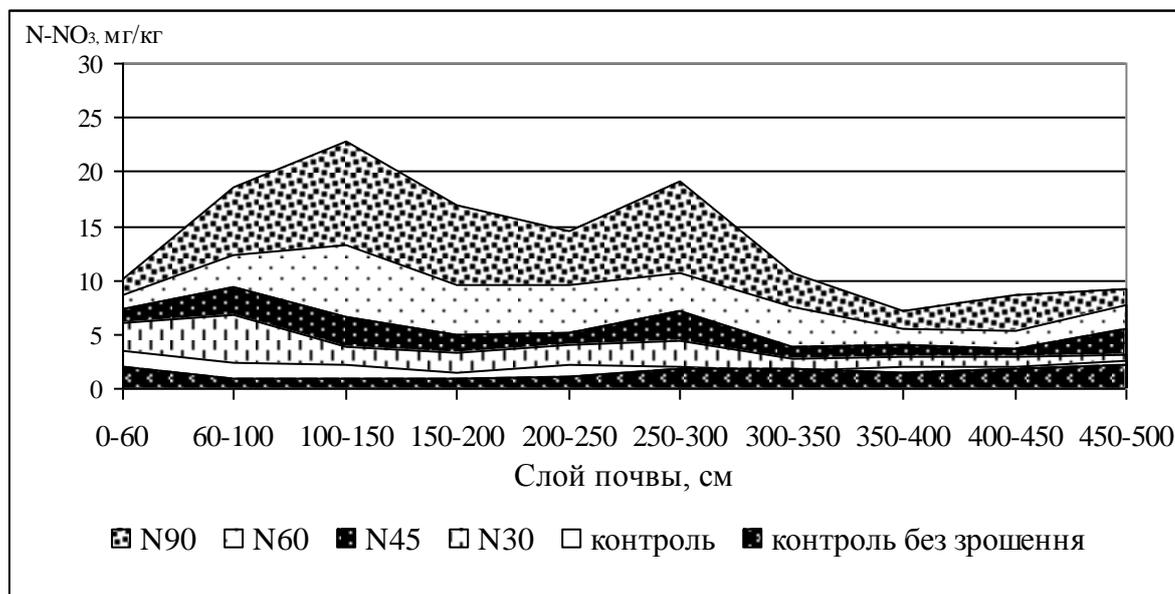


Рис. 3. Содержание нитратов и их распределение по профилю почвы при систематическом внесении азотных удобрений

Дробные дозы отличаются несколько меньшей миграцией азота, что, возможно, связано с лучшим его усвоением деревьями груши. Внесение удобрений путем фертигации почти не отличалось по характеру распределения N-NO<sub>3</sub>, за исключением большей их аккумуляции в периферийной части смоченного профиля по сравнению с поверхностным внесением.

Максимальная нисходящая миграция N-NO<sub>3</sub> наблюдалась при большем суммарном количестве удобрений: увеличение дозы азота со 120 до 360 кг/га сопровождалось ростом их содержания в слое 450-500 см с 22,4 до 72,4 кг/га по сравнению с 18,8 кг/га на контроле.

Итак, установлена возможность миграции нитратных соединений по профилю чернозема южного тяжелосуглинистого, в зависимости от системы

удобрения, вплоть до глубины 500 см. Однако подавляющее их большинство благодаря климатическим условиям региона и составу почвы все же накапливается в 0-150 см слое.

Считается, что нитраты, мигрирующие за пределы 1,5-2 м, утрачены для большинства культур [6]. К сожалению, вопросы доступности нитратов из разных горизонтов плодовым деревьям на вегетативном подвое достаточно не изучены. Однако в исследованиях с другими культурами выявлено частичное их возвращение в результате восходящего тока, зависящего от водного и температурного режимов, глубины промерзания, гумусового профиля и др. [16, 24]. Возможно, это явление, наряду с минерализацией органических веществ, является одной из причин появления в наших полевых опытах значительного количества дополнительного азота под действием удобрений, которое в пересчете на 0-60 см слой достигало 21,9-372,6 кг/га в зависимости от дозы.

Еще одним экологическим аспектом применения азотных удобрений является качество продукции, а именно накопление в ней нитратов [25]. Известно, что количество N-NO<sub>3</sub> в растениях зависит от многих факторов и определяется как генетическими, так и почвенно-экологическими условиями [26]. Несмотря на то, что для древесных растений свойственна высокая активность корней к нитратной редукции, часть N-NO<sub>3</sub> поступает с ксилемным током к листьям и плодам [27]. Поэтому для груши, наряду с другими продуктами, введено ГДК, составляющая 60 мг NO<sub>3</sub>/кг сырой массы.

Низкое содержание N-NO<sub>3</sub> в почве контрольных вариантов определило меньшее, по сравнению с другими вариантами, их накопление в плодах груши

по мере их созревания. Так, в период роста плодов (начало августа) содержание N-NO<sub>3</sub> в них составляло 43,6-54,5 мг/кг сырого вещества (табл. 6). Уже в начале сентября количество N-NO<sub>3</sub> в плодах уменьшилось на 6,7-11,0 %, а на момент сбора урожая (конец сентября – октябрь в зависимости от сорта) - была значительно меньшей ГДК. То есть, по мере дозревания плодов содержание нитратов уменьшалось.

Аналогичная динамика была присуща и вариантам с внесением удобрений. Однако результаты исследований указывают на существование связи между накоплением N-NO<sub>3</sub> в плодах и насыщенностью почвы азотом. При внесении N<sub>60</sub>-N<sub>90</sub> в плодах сорта Конференция и N<sub>45</sub>-N<sub>90</sub> – Изюминка Крыма на момент первого определения наблюдалось превышение ГДК. Далее четко прослеживается уменьшение N-NO<sub>3</sub> в плодах во время перехода от стадии роста к стадии зрелости, что свидетельствует об их интенсивном вовлечении в процессы синтеза азотсодержащих соединений. В момент съемной зрелости плоды обоих сортов на всех вариантах содержали N-NO<sub>3</sub> меньше установленной ГДК. Между содержанием N-NO<sub>3</sub> в плодах и почве в этот период выявлена прямая корреляционная связь ( $r=0,63\pm 0,03$ ). Заслуживает внимания тот факт, что в плодах зимнего сорта (Изюминка Крыма) содержание нитратов было выше по сравнению с осенним сортом (Конференция).

Таким образом, потенциальная угроза превышения содержания нитратов в продукции садоводства увеличивается в случае сбора плодов, не достигших полной зрелости, то есть на более ранних фазах развития, в сочетании с применением высоких норм азотных удобрений.

Таблица 6. Динамика содержания N-NO<sub>3</sub> в плодах груши

Вариант, доза удобрений, кг д.в./га	Содержание нитратов, мг/кг сырой массы плодов					
	Сорт Конференция, фаза развития плода			Сорт Изюминка Крыма, фаза развития плода		
	рост	начало созревания	съемная зрелость	Рост	начало созревания	съемная зрелость
Одноразовое внесение удобрений						
Контроль (без удобрений)	43,6	40,7	30,9	54,5	48,2	40,6
Одноразово N <sub>30</sub>	44,6	40,7	30,1	59,5	49,4	39,6
—«— N <sub>45</sub>	44,6	42,6	32,4	59,5	45,9	39,6
—«— N <sub>60</sub>	53,6	51,2	33,4	66,5	51,9	41,6
—«— N <sub>90</sub>	61,6	50,1	35,1	69,7	61,1	42,7
НСР <sub>05</sub>	2,1	3,0	F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>	4,1	3,6	F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>
Дробное внесение						
Дробно N <sub>30</sub>	52,4	52,4	35,0	56,7	46,3	41,6
—«— N <sub>45</sub>	54,9	48,9	33,3	60,9	55,0	40,6
—«— N <sub>60</sub>	63,1	61,6	34,1	60,9	46,3	42,7
—«— N <sub>90</sub>	67,5	60,2	35,0	73,9	62,3	44,8
НСР <sub>05</sub>	2,2	3,2	2,4	3,8	2,1	F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>
Дробное внесение с поливной водой						
Контроль (без удобрений)	45,7	42,6	26,5		-	
Дробно (фертигация) N <sub>15</sub>	46,7	42,6	30,1		-	
—«— N <sub>30</sub>	48,9	44,6	29,3		-	
—«— N <sub>45</sub>	52,4	44,6	32,4		-	
—«— N <sub>60</sub>	60,1	45,7	33,3		-	
НСР <sub>05</sub>	2,2	F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>	3,4		-	

## ВЫВОДЫ

Активность и величина накопления минерального азота в черноземе южном в течение вегетационного периода груши при условии поддержания оптимального уровня влажности обусловлены системой внесения азотных удобрений, накоплением активных температур почвы, а также нагрузкой деревьев урожаем.

Дробное внесение азота в периоды наибольшей потребности деревьев в питании дозами  $N_{30}$ - $N_{45}$ , особенно совместно с поливной водой, способствует формированию более высокой продуктивности молодых деревьев груши по сравнению с вариантами без удобрения (на 23,8-35,3 %), а также с традиционным однократным внесением. Учитывая высокую активность минерализации, характерную для южных черноземов степной зоны Украины, внесение в молодых садах более высоких доз нерационально в агрономическом и экологическом аспектах: чрезмерный вегетативный рост, снижение окупаемости урожаем и увеличение потерь азота удобрений и почвы.

Активизация минерализационных процессов вследствие применения азотных удобрений обуславливает формирование в корнеобитаемом слое дополнительного количества  $N_{\text{мин}}$  (3,1-51,4 мг/кг) пропорционально внесенным дозам. Дробное применение удобрений, в том числе фертигация, в весенне-летний период по отношению к однократному внесению аналогичных доз начале вегетации деревьев снижало величину «экстра-азота» в расчете на единицу удобрений.

Систематическое внесение аммиачной селитры в условиях орошаемого чернозема южного приводит к накоплению нитратов за пределами 150 см слоя, при этом их миграция наблюдается до глубины 500 см. Применение  $N_{60}-N_{90}$  в молодых насаждениях груши при определенных условиях может создать угрозу окружающей среде за счет загрязнения грунтовых вод.

Для выращивания качественного урожая плодов в условиях орошаемого чернозема южного необходимо умеренное азотное питание растений и установление сроков съема с учетом содержания нитратов в плодах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Салова Т.Н. Минеральное питание яблони юго-востока Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1983. 156 с.
2. Щербаков А.П., Надежкина Е.В., Надежкина С.М. Трансформация азота почвы и удобрений в зависимости от кислотности чернозема выщелоченного // Доклады РАСХН. 2003. №3. С. 18–21.
3. Варквасова М.А. Влияние доз азота и сочетание видов удобрений на урожайность яблони и качество плодов на галеечных землях // Новации и эффективность производственных процессов в плодоводстве. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2005. Т. 2. С. 20 - 23.
4. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири. – М.: Наука, 1981. 267 с.
5. Гетманец А.Я. Азот в черноземах и каштановых почвах Украины и пути оптимизации азотного питания растений: Автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук. – М., 1984. 28 с.

6. Господаренко Г.М. Основи інтегрованого застосування добрив. – Київ: Нічлава, 2002. 334 с.
7. Дмитрієнко Г.В. Особливості азотного режиму чорноземів південних в інтенсивних насадженнях яблуні при зрошенні та їх продуктивність: Автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Харків, 2003. 20 с.
8. Башкин В.И. Агрогеохимия азота. Пушино : АН СССР, 1987. 270 с.
9. Носко Б.С., Бабынин В.И., Юнакова Т.А., Карацуба Е.В., Шаповалова В.С. Состояние азотного фонда чернозема типичного после распашки многолетней залежи при различной интенсивности сельскохозяйственного использования // Агрохимия. 2005. № 6. С.11 -18.
10. Цыбулько Н.Н. Жукова И.И. , Киселева Д.В. Азотмобилизующая способность почвы при внесении азотных удобрений // Агрохимия. 2007. №8. С. 18– 22.
11. Агафонов М.Ф. Вихід із кризи - курс на інтенсивні технології // Сад, виноград, вино України. 2001. № 5. С. 4 - 7.
12. Кондаков А.К. О проблемах удобрения и методики их исследования // Тр. ВНИИС им. И.В. Мичурина «Научные основы эффективного садоводства». Воронеж: Кварта, 2006. С. 209-215.
13. Иванов В.Ф., Иванова А.С., Опанасенко Н.Е., Литвинов Н.П., Важов В.И. Экология плодовых культур. Київ: Аграрна наука, 1998. 411 с.
14. Коробченко Ю.Т. Определение легкогидролизуемого азота в почве // Агрохимия. 1975. №11. С. 106-109.

15. Благодатский С.А., Благодатская Е.В., Горбенко А.Ю., Паников С.С. Регидратационный метод определения биомассы микроорганизмов в почве // Почвоведение. 1987. № 4. С. 64 - 71.
16. Никитишен В.И. Дмитракова Л.К. Заборин А.В., Личко В.И. Формирование нитратного максимума при длительном внесении азотных удобрений // Почвоведение. 1999. № 12. С. 241 - 252.
17. Тартачник И.И. Влияние высоких доз азотных удобрений на морозоустойчивость, ростовые процессы и качество плодов яблони // Садоводство и виноградарство. 1997. № 3. С. 7–9.
18. Надежкина Е.В. Дополнительное использование азота почвы при внесении азотных удобрений // Агрохимия. 2006. № 3. С. 3-15.
19. Орлов Д.С. Химия почв. – М.: МГУ, 1992. 340 с.
20. Дмитриев Е.А. Экологические аспекты почвенных режимов // Почвоведение, 1997. № 7. С. 831-839.
21. Chriatenson Donald R., Butt Mohammedd B. Nitrogen mineralization as affected by cropping system // Commun. Soil Sci and Plant. 1997. № 13-14. P. 1047-1058.
22. Емельянова В.Н. К вопросу о влиянии орошения на нисходящую миграцию нитратного азота в черноземах Западной Сибири // Материалы II съезда общества почвоведов «Почвы и их плодородие на рубеже столетий». Минск: БНИИПиА, 2001. Кн. 2. С. 117-119.

23. Філіп'єв І.Д., Мелашич А.В., лащук О.С. Міграція нітратів при систематичному внесенні азотних добрив у зрошуваний сівозміні // Зрошуване землеробство. Херсон: Айлант, 2008. Вип. 49. С. 73-76.

24. Komar A., Damanska J. Sezonní dinamika nitratovaho dusiku v hnedozeini a faktori jejího ovlivnení // Agrochemia (CSSR). 1980. V. 20. № 6. S. 161-164.

25. Амелин А.А., Соколов О.А. Медико-биологические аспекты проблемы аккумуляции нитратов в продукции растениеводства // Агрохимия. 1997. № 2. С. 86 - 91.

26. Булгакова Н.Н. О поглощении и накоплении нитрата растениями // Агрохимия. 1999. № 11. С. 80 - 88.

27. Соколов О.А., Семенов В.М. Методологические исследования азотного питания растений в полевых условиях // Тез. докл. II съезда Общества почвоведов. – СПб.: СПГАУ, 1996. С. 402-403.

**AGROCHEMICAL AND AGROECOLOGICAL ASPECTS OF NITROGEN  
FERTILIZERS USING ON SOUTHERN CHERNOZEM IN INTENSIVE  
PEAR ORCHARDS**

**B.S. Nosko<sup>1</sup>, T.V. Maljuk<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Sokolovsky Institute of Soil Science and Agrochemistry, National Academy of Sciences of Ukraine, ul. Chaikovskogo 4, Kharkov, 61024 Ukraine  
Tel.:8(0572)7041669, fax: 7156578, E-mail: [pochva@meta.ua](mailto:pochva@meta.ua)

<sup>2</sup>Sydorenko Institute of Irrigated Fruit Growing, Ukrainian of Agrarian Sciences, ul. Vakulenchuk , Melitopol, Zaporizhzhaya Region, 72311 Ukraine  
Tel.:(0619) 431320, fax: 431320, E-mail: [iosuaan@zp.ukrtel.net](mailto:iosuaan@zp.ukrtel.net)

The basic meaning of nitrogen fertilization for the regulation of nitrogen mineralizing processes intensity and direction in southern chernozem as well as for the optimization of mineral nutrition in intensive pear plantings is performed. It has been detected that divided fertilization with small doses of nitrogen (N<sub>30</sub>-N<sub>45</sub>), including fertigation, in periods when fruit crops need this element mostly, provides the yield, which is 23,8-35,3 % higher than usual and together with the lower mineralization intensity of its soils' supplies and decreased nitrate tension, can become one of the mechanisms to preserve the orchard agrocenosis stability.