

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 631.84:001.895

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

Н. Н. Семененко, доктор сельскохозяйственных наук

Аннотация

Предложен для широкого использования метод проведения диагностики обеспеченности почв потенциально усвояемой растениями формой азота как основы инновационных технологий применения азотных удобрений. Разработаны градации обеспеченности дерново-подзолистых почв потенциально усвояемым азотом и потребности сельскохозяйственных культур в азотных удобрениях на планируемую урожайность, под основное внесение и для подкормки растений, установлены поправочные коэффициенты к дозам удобрений. Дифференцированные по полям дозы внесения азотных удобрений с учетом содержания в почвах усвояемого азота в сравнении с базовой технологией обеспечивают рост урожайности зерновых культур на 6–10 ц/га, повышают оплату 1 кг азота удобрений в 1,7 раза при уменьшении потерь на 17–24 % и способствуют экономии азота удобрений до 20 кг д. в./га при снижении потерь гумуса почвы и минерализации органических веществ на 12–26 %.

Ключевые слова: почва, диагностика, азотные удобрения, инновационные технологии, урожайность, эффективность.

Abstract

N. N. Semenenko

INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR THE USE OF NITROGEN FERTILIZERS

A method for diagnosing the provision of soils with a form of the nitrogen that is potentially assimilated by plants has been proposed for wide use in production as the basis for innovative technologies for the use of nitrogen fertilizers. Grades for the provision of soddy-podzolic soils with potentially assimilable nitrogen and for the need for agricultural crops in nitrogen fertilizers for the planned yield, for basic application and top dressing of plants, for correction factors for fertilizer doses have been elaborated. Application of doses of nitrogen fertilizers differentiated by fields given the data on the content of Nst in soils ensures an increase in the yield of grain crops in comparison with the basic technology up to 6–10 kg/ha and payment for 1 kg of fertilizer nitrogen by 1.7 times with a decrease in losses by 17–24 and saving fertilizer nitrogen up to 20 kg/ha of a. i., reduction of mineralization of organic substances by 12–26 % and loss of soil humus.

Keywords: soil, diagnostics, nitrogen fertilizers, innovative technologies, yield, efficiency.

Введение

На производство зерна урожайностью 5–6 т/га, получение высокого уровня урожая кукурузы, сахарной свеклы и других культур требуется применение повышенных доз удобрений, затраты на которые постоянно возрастают. По данным Минсельхозпрода, планируемое на 2022 г. финансирование затрат на приобретение и внесение минеральных удобрений составляет более 2,3 млрд рублей (или 39 % от общей суммы затрат на проведение полевых работ, создание кормовой базы и уборки урожая).

Исследованиями зарубежных и белорусских ученых с применением радиоактивных

изотопов фосфора P^{32} и калия K^{40} еще в начале 1960-х гг. (С. Н. Иванов и др.) установлено, что растения усваивают элементы минерального питания из почвы и внесенных удобрений пропорционально их наличию в соединениях, доступных для растений. Поэтому наряду с общей потребностью культур на планируемую урожайность при внесении элементов питания с удобрениями необходимо учитывать их содержание в почвах в доступных для растений соединениях.

Академиком Т. Н. Кулаковской и другими учеными в полевых опытах (1965, 1970) было доказано, что дифференцированное приме-

нение доз фосфорных и калийных удобрений по полям с учетом содержания подвижных соединений фосфора и калия в почвах Беларуси повышает эффективность их использования на 15–20 %. В настоящее время Агрохимической службой ведется оценка почв на содержание в них подвижных форм фосфора и калия. С учетом получаемых данных применяются дифференцированные по полям дозы фосфорных и калийных удобрений, как правило, в виде основного внесения перед севом (посадкой) культур. Окупаемость 1 кг этих видов удобрений невысокая: чаще всего колеблется в пределах 3–5 кг зерна. Коэффициент использования фосфорных и калийных удобрений, установленный с применением радиоактивных изотопов, составляет соответственно 10–15 и 25–35 % от внесенной дозы (Б. А. Ягодин и др., 1989).

Технологии применения азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры и их эффективность принципиально отличаются от фосфорных и калийных. Азот – один из важнейших элементов, определяющих плодородие почвы, минеральное питание растений, урожайность и качество растениеводческой продукции. На дерново-подзолистых почвах разработанные нами инновационные технологии применения азотных удобрений в оптимальных дозах обеспечивают повышение (в сравнении с фоном РК) урожайности зерновых культур на 40–70 % и более при окупаемости 15–32 кг зерна на 1 кг азота и злаковых трав в 2,5–3,0 раза, увеличивают содержание белка в зерне на 2–5 % и обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином до 40 %. На окультуренных почвах на азотные удобрения приходится до 90 % от общей прибавки урожайности от минеральных удобрений.

В настоящее время не учитывается разный уровень обеспеченности почв усвояемой формой азота. Минсельхозпрод Беларуси предлагает в 2022 г. использовать усредненные по полям дозы азотных удобрений в ранневесеннюю подкормку озимых 60–70 и основное внесение под яровые зерновые – 80–90 кг/га азота [1, 2]. Рекомендуются также 2–3 внекорневые подкормки зерновых культур усредненными по полям дозами азотных удобрений: 30–50 кг д. в./га без учета состояния посевов. Таким образом, на одних полях реко-

мендуемые дозы азота удобрений могут быть оптимальны, а на других – завышены, что приводит к увеличению затрат на ресурсы при посевах как озимых, так и яровых культур.

В отличие от фосфатов и калия соединения азота почвы и внесенных удобрений в большей степени имеют биологическую природу трансформации. С применением изотопа азота N^{15} установлено, что при традиционной технологии внесения минеральный азот удобрений в течение периода вегетации поглощается растениями (32–40 % от внесенной дозы), закрепляется почвой (аммонийные формы – около 42, нитратные – 26 %) и частично теряется: аммонийные формы в среднем 28, а нитратные и амидные до 34 % в виде газообразных соединений (95 % от общих потерь) и нитратов [3].

Анализ научной литературы показывает, что основные превращения азота удобрений происходят в первые 20–30 суток после их внесения в почву [3]. Основная часть поглощенного почвой азота удобрений закрепляется микроорганизмами в органической форме, а после их отмирания белковые тела частично минерализуются и их азот может быть доступен растениям (3–5 % от внесенной дозы). Использование поглощенного азота удобрений в последствии низкое, не превышает 2–3 % от внесенной дозы, поэтому азотные удобрения необходимо вносить дробно, согласуя сроки их внесения с периодами наибольшей потребности растений в азоте.

По нашему мнению, одним из наиболее актуальных и относительно легко решаемых вопросов совершенствования технологий использования азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры является внесение оптимальных дифференцированных по полям доз азотных удобрений на планируемую урожайность, основное внесение и внесение в подкормки с учетом содержания в почве азота в усвояемой для растений форме.

Азот в почве находится в минеральных и органических соединениях. В зависимости от содержания органического вещества в дерново-подзолистых почвах запасы минеральных соединений азота могут колебаться в пахотном слое в пределах от 15 до 85, а в активном корнеобитаемом слое 0–40 см – от 30 до 130 кг/га [3]. Азотное питание растений проис-

ходит за счет поглощения корневой системой его минеральных соединений – нитратов и аммония. Азот органических соединений может быть доступен растениям только после их минерализации. Резервом в азотном питании растений служит то количество азоторганических соединений, которые в течение периода их вегетации в результате минерализации переходят в аммонийную и нитратную формы.

В мировой практике известно много методов диагностики содержания в почвах соединений азота, доступных растениям. В европейских странах чаще всего проводится диагностика запаса минеральных соединений азота в слоях: Ап, 0–40 (Россия и др.), 0–60 (Германия, Франция, Бельгия), 0–90 см (Нидерланды). На черноземных почвах во многих регионах России

Объекты и методы проведения исследований

Нашими исследованиями с применением ^{15}N установлено, что в общем выносе азота почвы урожаем количество его минерализованных органических соединений в зависимости от погодных условий, гранулометрического состава и содержания гумуса в почве составляет 65–85 % зерновых, 80–85 % картофеля. В этой связи аналитический метод для оценки содержания в почвах усвояемой формы азота должен учитывать сумму минеральных и минерализуемых органических соединений азота почвы и быть пригодным для инструментального выполнения и массового пользования. Исходя из вышеуказанных условий нами был разработан метод определения содержания в почвах потенциально усвояемых растениями соединений азота [4–6].

Теоретической основой для оценки предлагаемого метода в наших исследованиях служили результаты изучения азотного режима почв во взаимосвязи с азотным питанием растений в течение их вегетации, уровнем и прибавкой урожайности сельскохозяйственных культур, качеством продукции при внесении азотных удобрений на почвах разного гранулометрического состава и уровня содержания потенциально усвояемого азота. Для этого было проведено 48 микрополевых (с применением ^{15}N) и 36 полевых опытов. Также осуществлялись точечные, на фиксированных площадках в производственных посевах, отборы почвенных проб и учеты доз

диагностируется содержание только нитратной формы азота. В то же время рядом исследователей (Е. М. Лимантова, 1973; Н. А. Сапожников, 1973; Л. И. Никифоренко, 1974; Д. М. Андреева 1978 и 1982; А. В. Петербургский, 1983; С. А. Тарасенко, 1983 и др.) отмечается ненадежность метода расчета содержания только его минеральных соединений. Считается, что метод определения нитрификационной способности почв по методике С. П. Кравкова, учитывающий содержание минеральных и легкоминерализуемых органических соединений азота, дает более приемлемые результаты. Широкому распространению данного метода мешает длительность анализа (14 суток), поэтому возникает необходимость в более быстрых и простых по выполнению химических методах.

применяемых удобрений и урожая на почвах разного гранулометрического состава, уровня плодородия, степени гидроморфности и эродированности с различными культурами. Так, установлено, что содержание потенциально усвояемой формы азота в пахотном слое почв может колебаться в пределах от 10 до 115 мг/кг. Между содержанием в почве потенциально усвояемой формы азота и урожайностью ячменя, озимой ржи, картофеля и других культур, выносом азота почвы урожаем выявлена тесная пропорциональная связь ($R^2 = 0,89–0,96$), описываемая соответствующими уравнениями регрессии. В то же время между содержанием в почвах азота и прибавкой урожайности от применения азотных удобрений их окупаемостью определена обратно пропорциональная зависимость: чем выше уровень содержания азота в почве, тем больше снижается эффективность азотных удобрений ($R^2 = -0,82–0,93$).

Результаты полевых исследований показывают, что мощность перегнойного слоя дерново-подзолистых почв колеблется от 18–20 до 35–38 см. В связи с этим при равном содержании азота в почве, выраженном в мг/кг, фактические его запасы и обеспеченность им растений с учетом мощности перегнойного слоя значительно различаются. С учетом этого, а также того, что в ряде стран диагностика запасов доступных растениям соединений азота проводится на разную глубину почвенного профиля (от Ап до 90 см), исследовалась

оценка доступности растениям азота почвы с разной глубины (20, 40 и 60 см) почвенного профиля. В исследованиях с применением изотопа азота ^{15}N было доказано, что на дерново-подзолистых почвах Беларуси основная роль в питании растений и формировании урожайности сельскохозяйственных культур принадлежит запасам доступных растениям соединений азота в слое почвы 0–40 см (93–97 % от общего выноса урожаем азота почвы) [7]. Следовательно, диагностику почв на обеспеченность их доступными для растений соединениями азота необходимо проводить в слое 0–40 см. В Республиканском стандарте по проведению почвенной диагностики на азот рекомендовалось отбирать почвенные пробы отдельно из слоев 0–20 и 21–40 см [6]. При проведении почвенной диагностики на азот в производственных условиях оказалось, что отбор почвенных проб слоя 21–40 см наиболее затратен. Дополнительными статистическими исследованиями выявлено, что между запасами усвояемого азота ($N_{\text{усв.}}$, кг д. в./га) в слое почвы 0–20 см и слоя 0–40 см существует тесная связь ($R^2 = 0,98\text{--}0,99$), описываемая уравнениями регрессии, различающимися по типам почв:

суглинистые:

$$y_{\text{сугл.}} = 1,26x + 45,51; \quad R^2 = 0,99; \quad (1)$$

супесчаные:

$$y_{\text{супесч.}} = 1,35x + 38,29; \quad R^2 = 0,98; \quad (2)$$

песчаные:

$$y_{\text{песч.}} = 1,41x + 22,67; \quad R^2 = 0,98, \quad (3)$$

где y – запас усвояемого азота ($N_{\text{усв.}}$) в слое почвы 0–40 см, кг д. в./га; x – запас $N_{\text{усв.}}$ в слое почвы 0–20 см (в пределах от 35 до 310 кг д. в./га).

Запас $N_{\text{усв.}}$ в слое 0–20 см почвы рассчитывают по формуле:

$$N_{\text{усв.}} = 0,001 C B; \quad (4)$$

где $N_{\text{усв.}}$ – запас азота в слое 0–20 см почвы, кг/га; C – содержание азота в почве слоя 0–20 см, мг/кг; B – средний вес слоя почвы 0–20 см осенью (октябрь, ноябрь), который составляет для почв суглинистых – 2400, супесчаных – 2600 и песчаных – 2800 т/га; число 0,001 – коэффициент пересчета данных содержания азота с мг/кг почвы на кг/га.

Установлено, что без ущерба точности оценку уровня обеспеченности почв $N_{\text{усв.}}$ в слое 0–40 см можно проводить по данным запаса азота в слое 0–20 см. Зная запас усво-

яемого азота в этом слое по соответствующим уравнениям регрессии, запас азота в слое 0–40 см определяют с высокой долей достоверности (отклонения от средних не превышает 5 %). Это позволяет сократить почти в два раза затраты и время на диагностику содержания в почвах потенциально усвояемой фракции азота.

Результаты многолетних исследований, проведенных на почвах разного гранулометрического состава, разной окультуренности, увлажнения и подверженных эрозии, показывают, что запасы усвояемого азота в наиболее корнеобитаемом слое почвы (0–40 см) колеблются в пределах от 60 до 450 кг/га (в среднем от 90 до 350 кг/га).

В работах с применением изотопа азота ^{15}N нами ранее установлено, что культурные растения в течение своей вегетации поглощают азот из почвы и вносимых азотных удобрений пропорционально содержанию их соединений в доступной для растений форме [3, 8, 9]. Выявлена следующая закономерность: чем больше почва содержит азота потенциально усвояемых растениями соединений, тем меньше растения поглощают азот удобрений. Доказано, что доля участия азота удобрений в общем выносе его урожаем изменяется: при очень низком и низком содержании – от 50–55 %, а при высоком и очень высоком – до 10–15 % (рис. 1, 2).

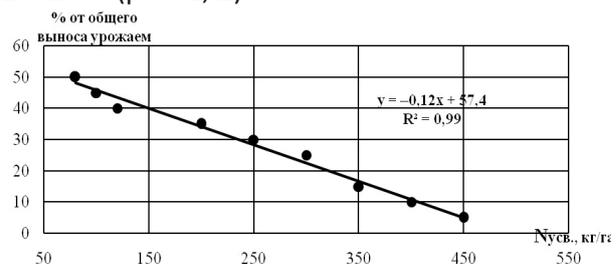


Рис. 1. Зависимость потребления азота удобрений яровыми зерновыми культурами (% от общего выноса урожаем) от уровня содержания $N_{\text{усв.}}$ в почве

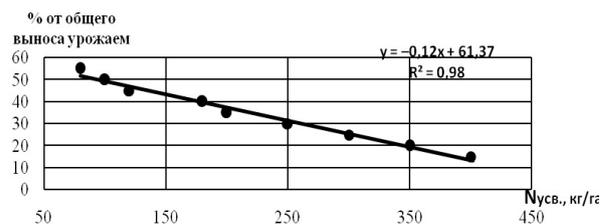


Рис. 2. Зависимость потребления азота удобрений озимыми зерновыми культурами (% от общего выноса урожаем) от уровня содержания $N_{\text{усв.}}$ в почве

Между запасом $N_{\text{усв.}}$ в почвах и долей участия азота удобрений в общем выносе его урожаем зерновых культур также установлена тесная устойчивая связь, описываемая соответствующими уравнениями регрессии:

$$y_{\text{яр.}} = -0,12x + 57,4; R^2 = 0,99 \text{ (яровые); (5)}$$

$$y_{\text{оз.}} = -0,12x + 61,37; R^2 = 0,98 \text{ (озимые); (6)}$$

Результаты исследований

Зависимость уровня урожайности зерновых культур (аналогично для кукурузы, рапса и картофеля) от содержания потенциально усвояемого азота в слое 0–40 см почвы носит криволинейный характер и отличается у почв разного гранулометрического состава. Графики, представленные на рис. 3, показывают, что между запасом азота в почве (кг д.в./га) и урожайностью (ц/га) по всем опытам существует тесная связь ($R^2 = 0,83\text{--}0,99$) [3, 8, 9].

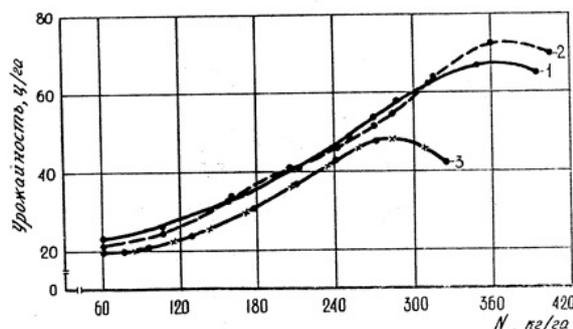


Рис. 3. Зависимость урожайности озимой ржи от содержания усвояемого азота в почвах: 1 – суглинистые; 2 – супесчаные; 3 – песчаные

где y – долевое участие азота удобрений в общем выносе его урожаем, %; x – содержание $N_{\text{усв.}}$ в почве (в пределах от 60 до 450 кг д. в./га).

Это закономерность явилась основой для определения оптимальных, дифференцированных по полям доз азотных удобрений.

На основании установленной зависимости, с учетом выноса азота почвы и удобрений с урожаями нами предложены ориентировочные градации обеспеченности дерново-подзолистых почв потенциально усвояемым азотом в слое 0–40 см, определены корректирующие коэффициенты к расчетным дозам азота на планируемую урожайность, дозы азотных удобрений для ранневесенней подкормки озимых зерновых культур и основного внесения под яровые зерновые культуры (табл. 1).

Доза азота на планируемую урожайность рассчитывается по формуле:

$$N = K_{\text{в}} U_{\text{пл.}} N_{\text{уд. в.}}; \quad (7)$$

где N – доза азотного удобрения, кг д. в./га; $K_{\text{в}}$ – нормативный коэффициент возмещения удобрениями выноса азота урожаем культуры; $U_{\text{пл.}}$ – планируемая урожайность культуры, т/га; $N_{\text{уд. в.}}$ – норматив удельного выноса азота с учетом побочной продукции, кг д. в./т.

Таблица 1. Градации обеспеченности дерново-подзолистых почв потенциально усвояемым азотом, потребности зерновых культур в азотных удобрениях на планируемую урожайность 6–8 т/га и ориентировочные дозы азотных удобрений под зерновые культуры

Группа	$N_{\text{усв.}}$ в слое почвы 0–40 см, кг д. в./га	Степень обеспеченности почв азотом	Потребность растений в азотных удобрениях	Коэффициент возмещения выноса	Доза азота, кг д. в./га	
					Ранневесенняя подкормка озимых	Основное внесение под яровые
1	Менее 80	Очень низкая	Очень высокая	1,1–1,2	80–90***	80–90***
2	80–120	Низкая	Высокая	1,1–1,0	70–80	
3	121–200	Средняя	Средняя	0,8–0,7	50–60	60–70
4	201–300	Повышенная	Низкая	0,6–0,5	40–50	40–50
5	301–400*	Высокая	Очень низкая	0,3–0,2**	20–30	15–25
6	Более 400*	Экологически опасная	Отсутствует	0	0	0

Примечания. *Экологически опасный уровень содержания азота в песчаных и супесчаных почвах, подстилаемых песком; **азотные удобрения применяют в подкормку; ***при изреженных слаборазвитых растениях; более высокие дозы для пшеницы и тритикале.

Исследованиями также установлено, что содержание нитратов в картофеле, корнеплодах и травах, как правило, превышает предельно допустимый уровень при запасе в слое 0–40 см песчаных почв потенциально усвояемого азота более 300 кг д. в./га и более 400 кг д. в./га в суглинистых почвах. В таких почвах содержание нитратов в значительных количествах обнаруживается не только в верхних слоях почвенной толщи, но и на глубине 80–100 см, что может привести к загрязнению грунтовых вод нитратами.

Приведенные в табл. 2 результаты полевых и производственных опытов показывают, что применение азотных удобрений с учетом требований инновационной технологии на посевах зерновых культур обеспечивает повышение урожайности до 50–80 ц/га в среднем на 6,5 ц/га, окупаемости азота удобрений на 40 % и более, снижение дозы азота в среднем на 20 кг/га и удельных энергозатрат на 20–40%, а также полегаетости посевов.

Следует отметить, что в опытах, когда посевы не могут реализовать биологический потенциал урожайности сортов по причинам, не связанным с уровнем азотного питания, происходит экономия азотных удобрений до 30 и более кг д. в./га. Особенно высокая агроэкологическая эффективность предлагаемой технологии применения азотных удобрений установлена на эродированных почвах [10].

По оценке эффективности инновационных технологий применения азотных удобрений проведены также опыты на почвах разного уровня плодородия с зерновыми, картофелем и кукурузой. Результаты таких опытов с зерновыми культурами представлены в табл. 3.

В наших опытах, как при базовой, так и при инновационной технологии использования азотных удобрений, на посевах зерновых культур применялся весь рекомендуемый комплекс мероприятий по защите растений и использованию ретардантов. Во втором случае дозы корректировались с учетом запаса $N_{\text{усв.}}$ в почвах, что позволило снизить их уровень на 20–30 кг/га (озимая пшеница: с 140 до 105–110 кг/га; ячмень на песчаных почвах – до 10 кг/га). За счет увеличения в 1,5–1,8 раза коэффициента использования и снижения потерь в 2,5–3 раза повысилась прибавка урожайности озимой пшеницы в среднем по 6 опытам с 17,8 до 25,0 ц/га (на 40 %), достигая уровня 76 ц/га. Оплата 1 кг азота зерном увеличилась с 12,9 до 21,7 кг, или в 1,7 раза. На посевах озимой ржи, возделываемой на песчаных почвах, от применения инновационной технологии внесения азотных удобрений прибавка урожайности в сравнении с базовой увеличилась с 10,0 до 15,5 ц/га, или на 55 %; увеличилась окупаемость 1 кг удобрений зерном с 8,3 до 13,3 кг, или в 1,6 раза.

Таблица 2. Сравнительная эффективность технологий применения азотных удобрений под озимые зерновые культуры [3, 8, 9]

Почвы, культура	Технология применения удобрений	Вариант опыта	Доза азота*, кг/га	Урожайность, ц/га	Оплата 1 кг азота зерном, кг	Удельные энергозатраты, Мдж/ц
Суглинистые (озимая пшеница)	(дробно) базовая	$P_{60}K_{120}N_{140}$	140	72,0**	21,7	528
	(дробно) по диагностике	$P_{60}K_{120}N_{120}$	120	76,1	28,8	407
	относительно базовой		-20	+4,1	+7,1	-127
Суглинистые (озимая рожь)	(дробно) базовая	$P_{90}K_{120}N_{120}$	120	64,6	23,7	590
	(дробно) по диагностике	$P_{90}K_{120}N_{100}$	100	68,3	32,2	490
	относительно базовой		-20	+3,7	+8,5	-100
Супесчаные (озимая рожь)	(дробно) базовая	$P_{90}K_{120}N_{120}$	120	54,6**	20,6	593
	(дробно) по диагностике	$P_{90}K_{120}N_{110}$	110	70,9	37,4	408
	относительно базовой		-10	+16,3	+16,8	-185

Примечания. *На фоне РК; **полегание.

Таблица 3. Эффективность инновационных технологий применения азотных удобрений на посевах зерновых культур

А – озимая пшеница, почвы суглинистые (доза азота уд.: N _б – 140 кг д. в./га; N _{ин.} – 130–(120–105) кг д. в./га)						
Технология	Запас N _{усв.} в почве, кг д. в./га					
	121		190		297	
	А***	Б***	А***	Б***	А***	Б***
РК – фон	30	–	38	–	49	–
Фон + N _б *	41	7,9	62	17,1	70	15,0
Фон + N _{ин.} **	48	13,8	64	21,7	76	25,7
Б – озимая пшеница, почвы супесчаные (доза азота: N _б – 140; N _{ин.} – 130–(120–110) кг/га)						
Технология	Запас N _{усв.} в почве, кг д. в./га					
	125		189		299	
	А***	Б***	А***	Б***	А***	Б***
РК – фон	34	–	40	–	47	–
Фон + N _б *	49	10,7	57	12,1	66	13,6
Фон + N _{ин.} **	56	16,9	69	24,2	75	25,9
В – озимая рожь, почвы песчаные (доза азота: N _б – 120; N _{ин.} – 120 – (115–110) кг/га)						
Технология	Запас N _{усв.} в почве, кг д. в./га					
	105		152		231	
	А***	Б***	А***	Б***	А***	Б***
РК – фон	21	–	25	–	34	–
Фон + N _б *	29	6,7	37	10,0	45	9,2
Фон + N _{ин.} **	36	12,0	41	13,8	53	17,3

Примечания. Технологии: *базовая, без учета запаса N_{усв.} в почве; **инновационная; ***А – урожайность, ц/га, Б – окупаемость 1 кг азота удобрений зерном, кг.

Таблица 4. Результаты почвенной диагностики на посевах озимых культур (% от обследуемой площади)

Область	Обследовано всего, тыс. га	Распределение площадей, %			
		запас азота (слой 0–40 см), кг д. в./га			
		менее 120	120–200	201–300	более 300
Брестская	119	38	35	18	9
Витебская	78	22	44	19	14
Гомельская	137	26	36	28	10
Гродненская	34	32	44	13	10
Минская	120	17	23	48	12
Могилевская	134	14	35	37	14
По Беларуси в целом	621	25	34	30	11
N _{уд.} , кг д. в./га	70*	80–70**	50**	30**	20–0**

Примечания. *Усредненная рекомендуемая доза азота; **дифференцированные дозы с учетом данных запаса азота в почвах.

Анализ результатов почвенной диагностики посевов озимых зерновых культур на площади 621 тыс. га, проведенной Агрохимической службой республики в 1990 г., показывает, что в каждом сельхозпредприятии различия в содержании доступного растениям азота в почвах по отдельным полям достигали 3–4 и более раз (табл. 4). Так, из общей обследуемой площади на долю с очень низкой и низкой обеспеченностью $N_{\text{св}}$ в среднем приходилось 25 % (колебания по областям – 14–38 %), средней – 34 (23–44), повышенной – 30 (13–48), высокой и очень высокой – 11 % (9–14 %).

В наших исследованиях, проведенных с изотопом азота ^{15}N , установлено, что при внесении дифференцированных по полям доз азотных удобрений с учетом содержания усво-

яемых соединений азота в почве в среднем за 6 лет севооборота коэффициент их использования в сравнении с базовым вариантом повышается на 13–18 %, а потери снижаются на 17–24 кг д. в./га [3, 8, 9]. Инновационная технология применения азотных удобрений позволяет снизить минерализацию органического вещества на 12–26 %; потери азота почвы в слое 0–40 см составляют: на суглинистых и супесчаных – на 43, на песчаных – 65 кг д. в./га. Расчеты показывают, что при внедрении данной технологии применения азотных удобрений на посевной площади 2 млн га и внесении средних доз суммарная экономия азота удобрений может составить более 30 тыс. тонн д. в. ежегодно. При этом потери плодородия почв снизились бы на 1,7 млн т гумуса.

Заключение

Диагностика обеспеченности почв потенциально усвояемой растениями формой азота служит основой инновационных технологий применения азотных удобрений.

Доказано, что доля участия азота удобрений в общем выносе его урожаем изменяется: при очень низком и низком содержании – от 50–55 %, а при высоком и очень высоком – до 10–15 %.

Инновационные технологии применения азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры предусматривают дробное внесение удобрений – основное и 1–2 или более подкормок – в комплексе с микроудобрениями, физиологически активными веществами,

регуляторами роста и пестицидами. При этом дозы удобрений, применяемые в каждый срок, дифференцируются по полям с учетом данных почвенной и растительной диагностики на содержание азота. Использование в производственных условиях новых технологий применения азотных удобрений обеспечивает в сравнении с базовой повышение урожайности зерновых культур до 6–10 ц/га; за счет увеличения коэффициента усвоения растениями в 1,5–1,8 раза и снижения потерь в 2,5–3 раза экономия азота удобрений достигает 20 кг/га д. в.; минерализация ОВ на 12–26 % и потери гумуса почвы уменьшаются.

Библиографический список

1. Рекомендации по экономически обоснованным приемам управления продуктивностью посевов зерновых культур в агротехнологиях различной интенсивности на дерново-подзолистых почвах / В. В. Лапа [и др.]. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2014. – 24 с.
2. Отраслевой регламент. Применение удобрений при возделывании зерновых культур. Типовые технологические процессы / В. В. Лапа [и др.]. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2014. – 16 с.
3. Семененко, Н. Н. Азот в земледелии Беларуси / Н. Н. Семененко, В. Н. Невмержицкий. – Минск : Т-во «Хата», 1997. – 195 с.
4. Семененко, Н. Н. Метод определения усвояемого азота в дерново-подзолистых почвах / Н. Н. Семененко // Агрохимия. – 1981. – № 11. – С. 129–134.
5. Методические указания по проведению комплексной почвенно-растительной диагностики азотного питания зерновых культур / Н. Н. Семененко [и др.]. – Минск : Ураджай, 1988. – 32 с.

6. Почвы. Метод определения потенциально усвояемого азота : РСТ Беларуси 908–91 / Н. Н. Семененко [и др.]. – Минск : Минсельхозпрод Республики Беларусь, 1991. – 13 с.
7. Семененко, Н. Н. Доступность растениям минеральных соединений азота подпахотных слоев дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы и их роль в формировании урожая озимой ржи / Н. Н. Семененко, Н. Н. Цыбулько // Агрехимия. – 1995. – № 7. – С. 21–24.
8. Семененко, Н. Н. Адаптивная система применения азотных удобрений / Н. Н. Семененко. – Минск : Т-во «Хата», 2003. – 164 с.
9. Семененко, Н. Н. Инновационные технологии применения азотных удобрений: теория, методология, практика / Н. Н. Семененко. – Минск : ООО «Альфа-книга», 2020. – 320 с.
10. Семененко, Н. Н. Влияние способов применения азотных удобрений на формирование элементов продуктивности и урожайность зерновых культур на эродированных почвах / Н. Н. Семененко, И. М. Почицкая // Изв. Акад. аграр. наук Респ. Беларусь. – 2001. – № 4. – С. 42–47.

Поступила 19 мая 2022 г.