

Таблица 4 – Влияние доз фосфорного удобрения на потребление фосфора урожаем льна-долгунца из почвы и удобрения (2019–2020 гг.)

Доза фосфора, кг/га д. в.	Урожайность волокна, ц/га	Вынос фосфора урожаем, кг/га	Затраты P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , кг/т волокна	Коэффициент потребления фосфора, %	
				из почвы	из удобрения
0	12,8	24,7	19,3	5,0	–
30	13,8	26,2	19,0	5,0	5,0
60	14,0	26,2	18,7	5,0	2,5
90	13,6	25,9	19,0	5,0	1,3
120	13,3	26,0	19,5	5,0	1,1
150	13,1	25,2	19,2	5,0	0,3

Примечание – Содержание подвижного P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> перед закладкой опыта – 160–165 мг/кг почвы.  
Запасы фосфора в пахотном слое почвы – 488 кг/га P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Из общего запаса подвижных фосфатов в изучаемой связносупесчаной почве (488 кг/га P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) потребление фосфора урожаем льна-долгунца из почвы составляло 5,0 %. Коэффициент использования фосфора льном из внесенного удобрения, рассчитанный разностным методом, при дозе внесения фосфорного удобрения 30 кг/га д. в. достигал 5,0 %. С увеличением дозы фосфора коэффициент использования удобрения снижался: при дозе 60 кг/га д. в. – до 2,5 %, при 90 кг/га д. в. – до 1,3 %, при 150 кг/га д. в. – до 0,3 %. Расчеты использования фосфора из почвы и удобрений показывают, что в общем выносе фосфора урожаем льна доля фосфорного удобрения составляет в среднем 5–6 %, а 94–95 % фосфора лен потребляет из почвы.

#### Заключение

На дерново-подзолистой связносупесчаной почве при содержании подвижных фосфатов 160–165 мг/кг оптимальной дозой внесения фосфорного удобрения установлена 30 кг/га д. в., обеспечившая получение урожайности семян 7,0 ц/га, тресты – 45,6, волокна – 13,8, в т. ч. длинного – 8,2 ц/га, расчетной прибыли – 639,4 руб./га и рентабельности выращивания льна – 43 %. Применение фосфорного удобрения в дозах 60–90 кг/га д. в. снижало прибыль на 40,1–106,6 руб./га, рентабельность – на 4–9 %; в дозах 120–150 кг/га д. в. соответственно – на 224–359,1 руб./га и 17–25 % по отношению к дозе 30 кг/га д. в.

Использование фосфатов урожаем льна-долгунца составляло 5,0 % от общего их запаса на гектаре. Коэффициент использования фосфора льном из внесенного удобрения в дозе 30 кг/га д. в. достигал 5,0 %.

Увеличение дозы внесения фосфора с 30 до 150 кг/га снижало коэффициент использования удобрения с 5,0 до 0,3 %. В общем выносе фосфора урожаем льна доля его использования из фосфорного удобрения составляет 5–6 %, из почвы – 94–95 %. Применение разных доз фосфорного удобрения практически не влияло на затраты фосфора при формировании тонны волокна, которые составляли 18,7–19,5 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

#### Литература

1. Отраслевой регламент. Возделывание льна-долгунца. Типовые технологические процессы / В. Г. Гусаков [и др.] – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2012. – 47 с.
2. Прудников, В. А. Исследования по агротехнике льна / В. А. Прудников. – Минск: Полиграфт, 2016. – 174 с.
3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
4. Треста льняная. Требования при заготовках. СТБ 1194–2007. – Введ. 01.07.2011. – Минск: Госстандарт РБ, 2009. – 12 с.
5. Фитосанитарный контроль при возделывании льна-долгунца. Практическое руководство / П. А. Саскевич [и др.]. – Горки, 2006. – 112 с.
6. Агрохимия. Практикум: учебное пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, С. П. Кукреша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 368 с.
7. Агрохимия: учебник / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под общ. ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 704 с.
8. Усовершенствованная система применения удобрений в льняном севообороте / В. Я. Тихомирова [и др.]; под общ. ред. В. Я. Тихомировой. – Торжок, 2005. – 81 с.
9. Мосолов, И. В. Физиологические основы применения минеральных удобрений / И. В. Мосолов. – Москва: Колос, 1979. – 252 с.

УДК 631.452 (476)

## Пути повышения эффективности использования азотных удобрений в земледелии Беларуси

Н. Н. Семененко, доктор с.-х. наук  
Институт почвоведения и агрохимии

(Дата поступления статьи в редакцию 03.11.2020 г.)

На основании анализа результатов фундаментальных, проведенных с изотопом азота <sup>15</sup>N, и прикладных

Based on the analysis of fundamental carried out with the nitrogen<sup>15</sup> isotope results and the applied researches, the

исследований сделан вывод о целесообразности дробного применения доз и форм азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры в основное внесение и в подкормки с учетом результатов почвенной и растительной диагностики на содержание азота. Такие технологии применения азотных удобрений изложены в монографии автора «Инновационные технологии применения азотных удобрений: теория, методология, практика», Минск, 2020 г.

### Введение

Для выполнения поставленных перед аграрным сектором страны задач по увеличению объемов производства растениеводческой и животноводческой продукции с меньшими затратами, сохранению и повышению плодородия почв необходимо совершенствовать технологии возделывания сельскохозяйственных культур, повышать их урожайность. Принципиальным отличием современных технологий выращивания зерновых и других культур является переход от парадигмы интенсификации, приспособления и адаптации к стратегии оперативного управления процессом формирования и сохранения компонентов структуры урожайности. Поэтому одним из основных элементов инновационного растениеводства является оптимизация минерального, прежде всего азотного, питания по этапам органогенеза возделываемых культур.

### Основная часть

В условиях Беларуси азот – важнейший элемент, определяющий плодородие почв, урожайность и качество растениеводческой продукции. На дерново-подзолистых почвах применение азотных удобрений обеспечивает повышение урожайности зерновых культур на 20–40 % и более и злаковых трав в 2,5–3,0 раза, увеличивает содержание белка в зерне на 2–3 % и обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином до 40 %. В целом до 90 % от общей прибавки урожая от минеральных удобрений приходится на азотные. Применение оптимальных доз удобрений повышает устойчивость сельскохозяйственных культур к неблагоприятным погодным условиям. В то же время при избыточном поступлении азота в биосферу он оказывает негативное влияние на плодородие почвы и окружающую среду, фертильность пыльцы и образование завязи зерна, качество продукции. Для увеличения продуктивности пашни и луговых угодий, более полного удовлетворения потребности страны в сельскохозяйственной продукции ежегодное применение азотных удобрений, по расчетам РУП «Институт почвоведения и агрохимии», должно достигнуть 700 тыс. т действующего вещества, стоимость которых составляет более 450 млн долл. США. В связи с изложенным считаем, что разработка приемов более эффективного, природоохранного использования азотных удобрений имеет большое народнохозяйственное значение.

Опыт стран Западной Европы и полученные в Беларуси результаты научных исследований показывают, что особая роль в формировании высокой и стабильной урожайности, снижении себестоимости продукции, экологической безопасности отводится применению под сельскохозяйственные культуры дифференцированных по полям доз азотных удобрений в основное внесение и подкормки посевов с учетом обеспеченности почв

conclusion has been done on the expediency of split rates and forms of nitrogenous fertilizers for agricultural crop use in the main application and in additional feeding considering the results of soil and vegetative diagnostics for nitrogen content. Such technologies of nitrogenous fertilizers application are stated in the author's monograph: "Innovative technologies of nitrogenous fertilizers application: theory, methodology, practice", Minsk, 2020.

и растений азотом и погодных условий. Такая стратегия в применении азотных удобрений актуальна и для производственных условий Беларуси.

Многолетние результаты наших исследований, проведенных на почвах разного уровня плодородия, увлажнения и подверженных эрозии, показывают, что содержание минеральных, более доступных растениям, соединений азота в пахотном слое дерново-подзолистых почв составляет 5,6–28,8 мг/кг, а запасы потенциально усвояемых растениями соединений азота в наиболее корнеобитаемом слое (0–40 см) колеблются в пределах от 60 до 450 кг/га (чаще встречаются пахотные почвы с запасами 80–360 кг/га). Анализ результатов почвенной диагностики, проведенной в свое время агрохимической службой Беларуси посевов озимых зерновых культур на площади более 620 тыс. га (по данным ЦСУ), показывает, что в каждом сельхозпредприятии различия в содержании доступного растениям азота по отдельным полям достигают 3–4 и более раз. В исследованиях с применением изотопных индикаторов было установлено, что в условиях Беларуси доля участия азота удобрений в общем выносе его урожаем в зависимости от содержания в почве доступного азота различается почти в 5 раз (от 50–55 до 10–15 %, рисунок 1, 2). При этом долевое участие азота почвы в общем выносе его урожаем на 70–82 % представлено азотом легкоминерализуемых органических соединений.

Между содержанием в почвах потенциально усвояемых соединений азота и долей участия азота удобрений в общем выносе азота урожаем установлена тесная отрицательная зависимость, описываемая уравнениями регрессии:

$$Y_1 = -0,12x + 57,4; R^2 = 0,99; \text{ (яровые);}$$

$$Y_2 = -0,12x + 61,37; R^2 = 0,98; \text{ (озимые);}$$

где:  $Y$  – долевое участие азота удобрений в общем выносе его урожаем, %;

$X_{60-450}$  – содержание  $N_{\text{усв}}$  в почве, мг/кг.

В зоне размещения животноводческих комплексов выявлены поля (участки), на которых содержание усвояемого азота в почве превышает оптимальный или имеет экологически опасный уровень, где применение азотных удобрений не требуется. Поэтому для более эффективного использования почвенных ресурсов и азотных удобрений, снижения экологических последствий необходим дифференцированный подход в использовании последних на планируемую урожайность сельскохозяйственных культур применительно для каждого поля с учетом запаса  $N_{\text{усв}}$  в почве. Особенно актуальны новые решения в системе применения азотных удобрений на агроторфяных почвах разных стадий эволюции. В некоторых хозяйствах эти почвы составляют основной фонд землепользования.

Исходя из изложенного, напрашивается однозначный вывод: учитывая большое разнообразие почвенных

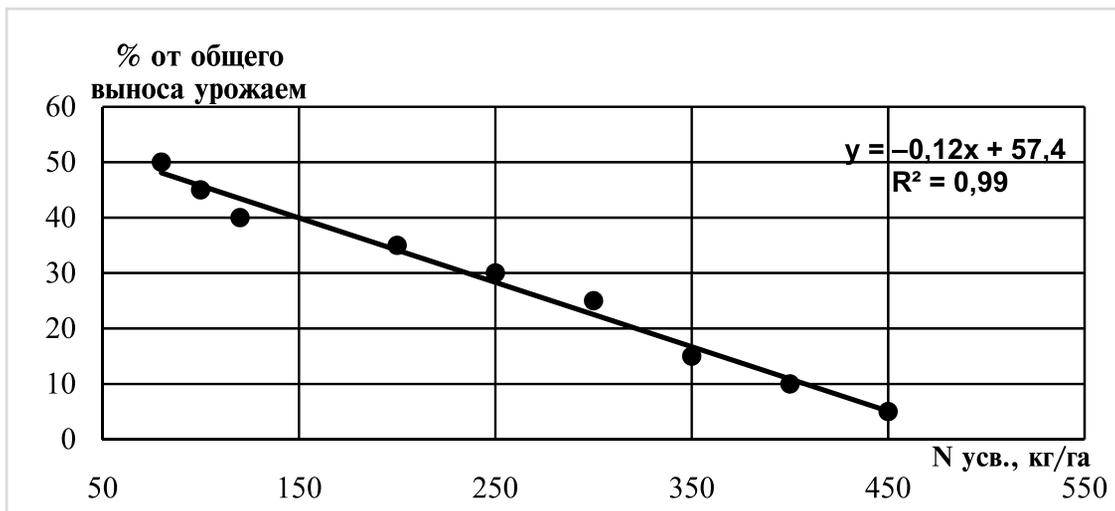


Рисунок 1 – Зависимость потребления азота удобрения яровыми зерновыми культурами (% от общего выноса урожая) от уровня содержания N<sub>усл.</sub> в почве

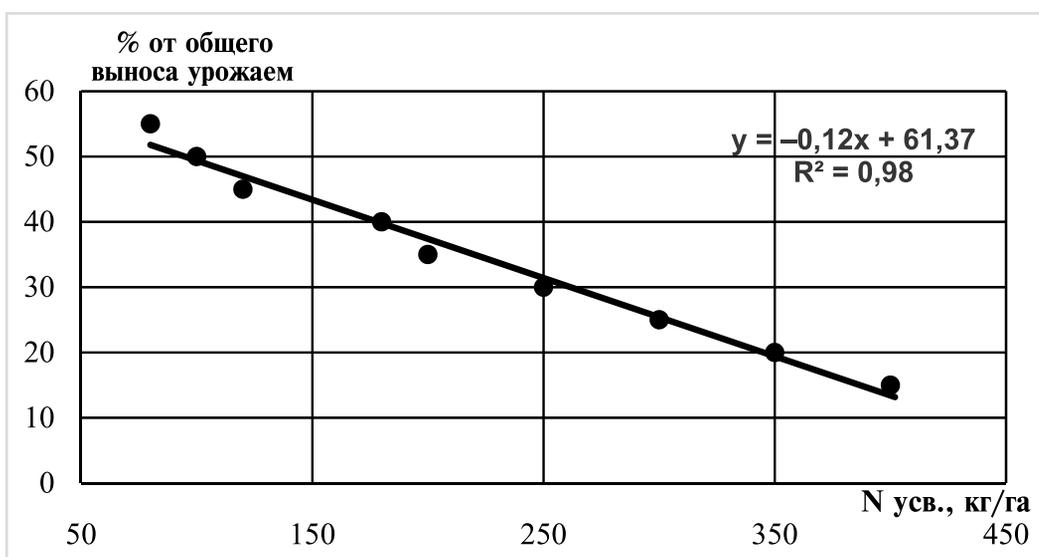


Рисунок 2 – Зависимость потребления азота удобрения озимыми зерновыми культурами (% от общего выноса урожая) от уровня содержания N<sub>усл.</sub> в почве

и погодных условий, технологии применения азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры в Беларуси должны строиться на принципах адаптивной интенсификации, быть экологически безопасными и экономически обоснованными. Применение же усредненных доз удобрений при основном внесении и в подкормку посевов, а так чаще всего в настоящее время в Беларуси и делается, существенно снижает эффективность проводимых мероприятий. Может быть поэтому в Германии, Бельгии, Англии, Нидерландах и др. при средней по стране урожайности зерновых культур 75–80 ц/га рентабельность производства зерна составляет 30–50 %, а в Беларуси – на порядок меньше.

По результатам многолетних исследований разработаны высокоэффективные инновационные технологии применения азотных удобрений под основные сельскохозяйственные культуры. Основные положения этих технологий в предыдущие годы прошли адаптацию в условиях производства на значительных площадях (более 620 тыс. га). Установлено, что усовершенствованные технологии применения азотных удобрений в сравнении с базовым вариантом обеспечивают: экономию в посевах зерновых – 15–30, картофеля – 20–50 и кукурузы – до

55 кг/га д. в. азота; повышение урожайности, например, зерновых – на 3–10 ц/га и более; значительное улучшение качества продукции и рост рентабельности её производства при снижении себестоимости; сохранение плодородия почв.

Высокая эффективность инновационной технологии применения азотных удобрений выявлена на антропогенно-преобразованных торфяных почвах в почвозащитных севооборотах: при продуктивности 11–12 т/га к. ед. дополнительная прибыль составила 165 \$/га при снижении себестоимости на 27 % и сохранении плодородия почв.

Также выявлено, что при внесении дифференцированных по полям доз азотных удобрений с учетом содержания усвояемых соединений азота в почве в среднем за 6 лет севооборота коэффициент их использования в сравнении с базовым вариантом повышается на 11–21 %, а потери снижаются на 17–24 кг/га д. в. При инновационной технологии применения азотных удобрений снижаются минерализация органического вещества – на 12–26 % и потери азота почвы в слое 0–40 см: суглинистые почвы – на 41 кг/га, супесчаные – 46 и песчаные – на 65 кг/га.

При освоении в производстве инновационной технологии применения азотных удобрений общие потери азота (д. в.) удобрений и почвы можно снизить в среднем не менее чем на 50 кг/га в год. При расчете на посевную площадь 2 млн га и внесении средних доз азота удобрений суммарная экономия азота может составить около 100 тыс. т д. в., стоимость которых превышает 64 млн долл. США ежегодно. При этом ориентировочные потери плодородия почв оцениваются в 2 млн т гумуса. На их восполнение потребуется проведение значительного объема дорогостоящих мероприятий. Дополнительные же затраты на проведение диагностики составляют около 1 руб./га. С другой же стороны, такие потери азота в виде газообразных соединений и миграции нитратов за пределы корнеобитаемого слоя и в грунтовые воды приводят к существенному загрязнению окружающей среды и снижению плодородия почв.

Предлагаемые усовершенствованные технологии применения азотных удобрений являются существенным резервом более эффективного их использования, повышения продуктивности земледелия, сохранения плодородия почв и охраны окружающей среды от загрязнения азотистыми соединениями. Они в целом соответствуют направлению и требованиям современного проекта «Зеленая экономика». Изменив применяемую до сих пор в Беларуси систему азотного питания сельскохозяйственных культур, не учитывающую физиологические циклы их развития, поглощение азота почвы и динамичное превращение соединений азота удобрений и почвы, можно открыть огромные резервы высокоэффективного экологически безопасного производства растениеводческой продукции. Подтверждением этому является состояние растениеводства в настоящее время в развитых в аграрном отношении странах Западной Европы.

### Заключение

Для реализации в условиях производства высокоэффективной современной технологии применения азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры необходимые методические разработки имеются. На

основании полученных результатов многолетних исследований подготовлена и издана монография «Инновационные технологии применения азотных удобрений: теория, методология, практика» [1]. В ней приведены результаты исследований с применением изотопа азота  $^{15}\text{N}$  по оценке состояния азотного режима в системе: почва – удобрение – растение в зависимости от granulometric composition and level of soil fertility, accumulating hydrothermal conditions, doses, forms and technologies of nitrogen fertilizers. Also are considered theoretical, methodological and practical solutions of optimization of nitrogen nutrition of agricultural crops taking into account the security of soil and plants with nitrogen, their physiological needs in nitrogen during vegetation on brown forest soils and agrotrophic soils. A special theoretical and practical significance represent the proposed technologies of complex balanced application of macro- and micro-fertilizers, physiologically active substances, growth regulators and pesticides by stages of organogenesis of crops, which have a positive effect on the formation and preservation of components of productivity, activation of biochemical processes, respiration and photosynthesis of plants, fertility of soil and the most increasing stability to unfavorable weather conditions, yield and quality of production. Described methods of operative soil and plant diagnostic of mineral nutrition of agricultural crops. Presented in the monograph materials are intended for specialists of agricultural enterprises, scientific research and educational institutions of the Republic of Belarus.

### Литература

1. Семеновко, Н. Н. Инновационные технологии применения азотных удобрений: теория, методология, практика / Н. Н. Семеновко. – Минск: ООО «Альфа – книга», 2020. – 320 с.

По вопросам приобретения монографии  
обращаться в УП «БЕЛУНИВЕРСАЛПРОДУКТ»,  
тел.: (+375 17) 517 13 09, (+375 29) 607 25 14, (+375 29) 507 25 14.  
Тел. для справок: Н. Н. Семеновко (+375 29) 556 55 24

УДК 632.95:633.33/.37.631.559

## Влияние десикантов на урожай зерна и посевные качества семян кормовых бобов

А. А. Запрудский, А. М. Яковенко, Д. Ф. Привалов, кандидаты с.-х. наук,  
Е. С. Белова, научный сотрудник  
Институт защиты растений

(Дата поступления статьи в редакцию 30.03.2021 г.)

В статье представлены данные по эффективности десикантов Реглон форте, ВР (3,0–3,75 л/га), Суховой, ВР (4,0–5,0 л/га) и Спрут экстра, ВР (1,4–2,0 л/га) в посевах кормовых бобов. Их применение способствует более равномерному снижению влажности зерна в бобах нижнего яруса на 1,7–2,1 %, среднего яруса – на 2,4–3,1 %, верхнего яруса – на 3,4–3,8 %, а также по-

The data on the effectiveness of desiccants Reglon forte, AS (3,0–3,75 l/ha), Sukhovoy, AS (4,0–5,0 l/ha) and Sprut extra, AS (1,4–2,0 l/ha) in fodder beans crops are presented in the article. Their use contributes to a more uniform grain moisture content of fodder beans: in lower layer fruits – for 1,7–2,1 %, the middle layer – for 2,4–3,1 %, the upper layer – for 3,4–3,8 %, as well as an increase in