

5 – умеренно устойчивый (поражение листовой поверхности 11–25 %);

3 – умеренно восприимчивый (поражение листовой поверхности до 50 %);

1 – восприимчивый (поражение листовой поверхности более 50 %).

За годы исследований на инфекционном фоне к пятнистостям был оценен 121 селекционный образец (таблица 5). Выделено умеренно устойчивых и восприимчивых 57 и 48 образцов соответственно, устойчивых – 6 или 5 %, а иммунных всего 1, что составило меньше процента от всех учтенных.

Таблица 5 – Оценка селекционных образцов овса на устойчивость к пятнистостям (2020–2021 гг.)

| Год | Количество образцов | Красно-бурая пятнистость | | | | | Септориоз | | | | |
|-------|---------------------|--------------------------|-----|------|------|-----|-----------|-----|------|------|------|
| | | Балл поражения, шт | | | | | | | | | |
| | | 9 | 7 | 5 | 3 | 1 | 9 | 7 | 5 | 3 | 1 |
| 2020 | 71 | 1 | 4 | 24 | 33 | 9 | – | 6 | 26 | 29 | 10 |
| 2021 | 50 | – | 2 | 33 | 15 | – | – | – | 15 | 30 | 5 |
| Всего | 121 | 1 | 6 | 57 | 48 | 9 | – | 6 | 41 | 59 | 15 |
| | % | 0,8 | 5,0 | 47,1 | 39,7 | 7,4 | – | 5,0 | 33,9 | 48,7 | 12,4 |

Выводы

Адаптирован бензимидазольный метод оценки устойчивости овса к красно-бурой пятнистости. Установлена прямая связь между оценкой сортов и образцов овса в лабораторных условиях бензимидазольным методом и полевых условиях на инфекционном фоне, коэффициенты корреляции – 0,83; 0,89 и 0,81.

Выделены генотипы овса, устойчивые к красно-бурой пятнистости: Деснянский, Стригунок, Neiyun 2, Rollo, 76Q:225, Sunland, Никола, Fongueuse, Nigra, Fulghum k-4929, Kond 042, Местный k-4662, Местный k-4482, Местный k-5131, QA44, Сс7121, PI-51758, CJ9038, Kleiner Nackhafer, Местный k-5255, Дебют, Запавет, Шишлова 403-1, Fulgnum pedigree, Местный k-7710 Местный k-4681, ШишловаОвСтр73.

Литература

1. Баталова, Г.А. Формирование урожая и качества зерна овса / Г. А. Баталова // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 11. – С. 10-13.
2. Коновалов, Ю. Б. Селекция растений на устойчивость к болезням и вредителям. – М.: Колос, 1999. – 136 с.
3. Гешеле, Э. Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений / Э.Э. Гешеле. – М.: Колос, 1976. – 206 с.
4. Михайлова, Л. А. Применение отсеченных листьев в исследованиях устойчивости злаков к болезням / Л. А. Михайлова, О. С. Афанасенко // Микология и фитопатология. – 2005. – Т. 39, № 6. – С. 100–106.
5. Радченко, Е. Е. Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам / Методическое пособие. – М: Россельхоз академия, 2008. – 417 с.
6. Унифицированный классификатор овса *Avena L.spp.* / И. С. Матыс, Ф. И. Привалов [и др.] / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск, 2012. – 39 с.

УДК 631.84:633.14

«Экстра»-азот почвы в питании растений (результаты исследований $C^{15}N$)

Н. Н. Цыбулько, доктор с.-х. наук, профессор

Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова Белорусского государственного университета

(Дата поступления статьи в редакцию 25.09.2024)

Азотные удобрения повышают потребление растениями почвенного азота по отношению к фосфорно-калийным фонам на 15–89 % в зависимости от их доз, форм и сроков внесения, гранулометрического состава почв, степени их гидроморфизма и эродированности. Абсолютные величины «экстра»-азота колеблются от 18 до 90 кг/га за вегетационный период. Они возрастают при увеличении доз азотных удобрений. Не установлено достоверного влияния однократного и дробного применения азотных удобрений на мобилизацию почвенного азота. Из форм азотных удобрений лучшим мобилизующим эффектом характеризуется КАС. Абсолютная величина «экстра»-азота на эродированных почвах ниже по сравнению с неэродированными почвами. Мобилизующее действие азотных удобрений повышается с увеличением уровней фосфорного и калийного питания растений.

Nitrogen fertilizers increase the consumption of soil nitrogen by plants in relation to phosphorus-potassium backgrounds by 15–89 %, depending on their rates, forms and time of application, granulometric composition of soils, the degree of their hydromorphism and erosion. Absolute values of «extra»-nitrogen vary from 18 to 90 kg/ha during the vegetation period. They increase with increasing the rates of nitrogen fertilizers. No reliable effect of single and fractional application of nitrogen fertilizers on the mobilization of soil nitrogen is established. Out of the forms of nitrogen fertilizers UAN has the best mobilizing effect. The absolute value of «extra»-nitrogen on eroded soils is lower compared to non-eroded soils. The mobilizing effect of nitrogen fertilizers increases with increasing the levels of phosphorus and potassium nutrition of plants.

Введение

Азот относится к числу наиболее жизненно важных элементов минерального питания растений. Он содержится в хлорофилле, нуклеиновых кислотах, аминокислотах и белках, играя исключительную роль в фотосинтезе, белковом обмене и продукционном процессе растений. Круговорот азота в агроэкосистемах включает в себя процессы его поступления и удаления из почвы, преобразования из одной химической формы в другую и переноса между компартментами экосистемы.

Важность проблемы азота в плодородии почв и минеральном питании растений определяется тем, что основная часть почвенного азота (70–90 %) входит в состав органического вещества (гумуса). Поэтому уровень почвенного плодородия в значительной степени определяется составом, свойствами и степенью участия в трансформации органических и минеральных соединений азота в почве.

Азотные удобрения, являясь одним из источников возмещения дефицита азота в земледелии и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур, прямо или косвенно воздействуют на количественные и качественные параметры внутрипочвенного азотного цикла, нарушая установившиеся процессы формирования и саморегуляции пула почвенного азота. Известно, что азотные удобрения выступают одним из основных регуляторов соотношения процессов: фиксация – денитрификация, иммобилизация – минерализация, в результате которых происходит обогащение или обеднение почвы азотом. Наиболее известным свидетельством дестабилизации азотного цикла удобрениями является феномен «экстра»-азота – азота почвенных запасов, который дополнительно поглощается растениями при внесении азотных удобрений [1, 2].

В исследованиях с использованием меченых стабильным изотопом ^{15}N соединений установлено, что при внесении азотных удобрений наблюдается большее по отношению к неудобранным вариантам потребление растениями почвенного азота [3–7], который в русскоязычной литературе получил название «экстра»-азот. Западные ученые называли его «затравочный эффект» – priming effect [8, 9] или «добавочный азот взаимодействия» – added nitrogen interaction [10]. Образующийся «экстра»-азот участвует во всех внутрипочвенных превращениях, используется растениями одновременно с азотом удобрения, вымывается из почвы и аккумулируется в виде нитратов в урожае [11–13].

Выдвигались различные теории образования «экстра»-азота. Появление его связывали с изменением энергетического статуса почвенных микроорганизмов и включением в растениях ферментативных систем, отвечающих за фиксацию атмосферного азота [14]. Теория «ризосферного эффекта» объясняет появление его снижением конкуренции между растениями и ризосферными микроорганизмами за поглощение азота почвы под влиянием азотных удобрений. Высказывались предположения об обмене обогащенного ^{15}N аммония на аммоний почвенного раствора, обменный и фиксированный аммоний почвы, о передаче протона от иона NH_4^{4+} к аминогруппе, которая, получая протон,

способна образовывать NH_3 -радикал и дальше ион NH_4^{4+} [15].

Утвердилась точка зрения об усилении минерализации почвенного азота под действием азотных удобрений [16, 17]. Однако в ряде экспериментов внесение азотного удобрения не влияло на минерализацию органического вещества или даже замедляло его биологическое разложение, что подтверждается соответствующей динамикой образования C-CO_2 [18, 19].

Существует гипотеза, согласно которой появление «экстра»-азота связано с процессами замещения азота почвы на азот удобрения в его внутрипочвенных превращениях. В результате вместо минерализовавшегося азота иммобилизуется, денитрифицируется, потребляется растениями азот удобрений, а некоторая часть почвенного азота остается неизрасходованной в виде «экстра»-азота [20, 21].

На единицу азота удобрений может мобилизоваться дополнительно до 1,2 единицы и более почвенного азота, а средний размер «экстра»-азота в полевых опытах составляет 36 %. С повышением доз азотных удобрений количество его возрастает [12, 14, 22].

Цель работы – обобщение результатов многолетних исследований, проведенных с использованием метода «меченых атомов» (меченых стабильным изотопом ^{15}N азотных удобрений), по влиянию доз, сроков внесения и форм азотных удобрений на количественные параметры дополнительного потребления растениями почвенного азота («экстра»-азота) на дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава, гидроморфизма и степени эродированности.

Объекты и методы

Объектами исследований являлись дерново-подзолистые легкосуглинистые незеродированные, средне- и сильноэродированные почвы, сформированные на лессовидных суглинках, дерново-подзолистые автоморфные и глееватые супесчаные почвы, сформированные на водно-ледниковых рыхлых супесях. Исследования проводили в микрополевых опытах. Площадь микроделянок опытов 1 м². Повторность в опытах 4-кратная. Минеральные удобрения вносили из расчета г/м² действующего вещества.

В опыте 1 на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве изучали дозы и сроки применения азотных удобрений под озимую рожь: 1. P_8K_{12} – фон; 2. Фон + N_9 в ранневесеннюю подкормку; 3. Фон + N_6 в ранневесеннюю подкормку + N_3 – в начале фазы выхода в трубку; 4. Фон + N_6 в ранневесеннюю подкормку + N_3 – в фазу флагового листа; 5. Фон + N_9 в ранневесеннюю подкормку + N_3 – в фазу колошения. Азотные удобрения применяли в виде меченого ^{15}N раствора аммиачной селитры ($^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$) со степенью обогащения изотопом ^{15}N 20 атомных %.

В опыте 2 на дерново-подзолистой супесчаной почве изучали дозы и сроки внесения азотных удобрений под ячмень и озимую рожь: 1. P_6K_{12} – фон; 2. Фон + N_6 перед посевом ячменя или в ранневесеннюю подкормку озимой ржи; 3. Фон + N_9 перед посевом ячменя и в ранневесеннюю подкормку озимой ржи; 4. Фон + N_6 перед посевом ячменя или в ранневесеннюю подкормку озимой ржи + N_3 в начале фазы выхода в трубку рас-

тений ячменя и озимой ржи; 5. Фон + N₉ перед посевом ячменя или в ранневесеннюю подкормку озимой ржи + N₃ в начале фазы выхода в трубку ячменя и озимой ржи. Азотные удобрения применяли в виде меченого ¹⁵N раствора карбамида (CO(¹⁵NH₂)₂) с обогащением изотопом ¹⁵N 15 атомных %.

В опыте 3 на дерново-подзолистых автоморфной и глееватой супесчаных почвах изучали разные формы азотных удобрений: 1. P₆₋₉K₁₅ – фон; 2. Фон + N_к; 3. Фон + N_а; 4. Фон+N_{аа}; 5. Фон + N_{КАС}. Разные формы азотных удобрений вносили перед посевом в виде меченых ¹⁵N их растворов в дозах под бобово-злаковую смесь N₆, под яровую пшеницу – N₉ со степенью изотопного обогащения 15 атомных %. При обозначении форм азотных удобрений использовали сокращения: N_к – карбамид; N_а – сульфат аммония; N_{аа} – селитра аммиачная; N_{КАС} – раствор карбамида и аммиачной селитры.

В опыте 4 на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах разной эродированности изучали дифференцированные дозы азотных удобрений при возделывании озимой пшеницы и ярового рапса: дозы удобрений, усредненные для почвенно-эрозийной катены, включающей незэродированные, средне-, сильноэродированные и намытые почвы и дозы удобрений, дифференцированные в зависимости от степени эродированности почв. Азотные удобрения применяли в виде меченого ¹⁵N раствора карбамида (CO(¹⁵NH₂)₂) со степенью обогащения изотопом ¹⁵N 15 атомных %.

Анализ растительных образцов на содержание общего азота проводили по Кьельдалю-Иодльбауэру после их мокрого озоления [23]. Изотопный состав азо-

та в разные годы определяли на масс-спектрометрах MI-2101B и «Thermo Finnigan MAT Delta plus Advantage». В почвенных пробах определяли гумус по Тюрину в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26212–91 [24]; N-NH₄ – по ГОСТ 26489-85 [25]; N-NO₃ – по ГОСТ 26488-85 [26].

Результаты исследований

Исследования, проведенные с применением под сельскохозяйственные культуры меченных изотопом ¹⁵N азотных удобрений позволили установить, что интенсивность потребления и включения азота в продукционный процесс определяется почвенными условиями, биологическими особенностями сельскохозяйственных культур, дозами, сроками внесения и формами азотных удобрений [27–30].

На дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах с запасом в пахотном слое в весенний период минерального азота (N_{мин}) в среднем 68 кг/га величина потребления азота с урожаем основной (зерно) и побочной (солома) продукции озимой ржи колебалась в зависимости от доз и сроков применения азотных удобрений от 14,05 до 16,02 г/м². При внесении азотных удобрений потребление азота возросло по отношению к фосфорно-калийному фону в 2,0–2,3 раза. Наибольший вынос азота (16,02 г/м²) отмечен при внесении N₁₂ в два приема (N₉ – во время возобновления весенней вегетации + N₃ в фазу колошения). Дробное применение N₉ несущественно увеличивало вынос азота по отношению к варианту с однократным внесением во время возобновления весенней вегетации посевов той же дозы удобрений (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние доз и сроков внесения азотных удобрений на потребление растениями азота почвы и удобрения и величину «экстра-азота»

| Вариант | Поглощено азота, г/м ² | | | «Экстра-азот» | | |
|---|-----------------------------------|-------------|-----------|------------------|-------------|-----------------------------------|
| | всего | в том числе | | г/м ² | % к фону РК | единиц на единицу N _{уд} |
| | | почвы | удобрения | | | |
| Озимая рожь, дерново-подзолистая легкосуглинистая почва (опыт 1) | | | | | | |
| 1. P ₈ K ₁₂ – фон | 6,96 | 6,96 | – | – | – | – |
| 2. Фон + N ₉ * | 14,05 | 9,37 | 4,68 | 2,41 | 35 | 0,27 |
| 3. Фон + N ₃ + N ₆ * | 12,13 | 8,00 | 4,13 | 1,04 | 15 | 0,12 |
| 4. Фон + N ₆ * + N ₃ ** | 14,64 | 9,09 | 5,55 | 2,13 | 31 | 0,24 |
| 5. Фон + N ₆ * + N ₃ *** | 14,14 | 8,93 | 5,21 | 1,97 | 28 | 0,22 |
| 6. Фон + N ₉ * + N ₃ **** | 16,02 | 9,66 | 6,36 | 2,70 | 39 | 0,22 |
| HCP _{0,95} | 1,30 | – | – | – | – | – |
| Озимая рожь, дерново-подзолистая супесчаная почва (опыт 2) | | | | | | |
| 1. P ₆ K ₁₂ – фон | 10,36 | 10,36 | – | – | – | – |
| 2. Фон + N ₆ * | 15,91 | 13,47 | 2,44 | 3,11 | 30 | 0,52 |
| 3. Фон + N ₉ * | 17,10 | 14,46 | 2,64 | 4,10 | 40 | 0,45 |
| 4. Фон + N ₆ * + N ₃ ** | 17,91 | 14,78 | 3,13 | 4,42 | 43 | 0,49 |
| 5. Фон + N ₉ * + N ₃ ** | 20,12 | 16,38 | 3,74 | 6,02 | 58 | 0,50 |
| HCP ₀₅ | 1,38 | – | – | – | – | – |
| Ячмень, дерново-подзолистая супесчаная почва (опыт 2) | | | | | | |
| 1. P ₆ K ₁₂ – фон | 8,77 | 8,77 | – | – | – | – |
| 2. Фон + N ₆ | 14,05 | 10,58 | 3,47 | 1,84 | 18 | 0,31 |
| 3. Фон + N ₉ | 16,18 | 11,47 | 4,71 | 6,91 | 69 | 0,76 |
| 4. Фон+N ₆ +N ₃ ** | 15,89 | 11,21 | 4,68 | 8,35 | 83 | 0,92 |
| 5. Фон+N ₉ +N ₃ ** | 16,70 | 10,98 | 5,72 | 8,98 | 89 | 0,75 |
| HCP ₀₅ | 1,08 | – | – | – | – | – |

Примечание. Азотные удобрения вносили: N – до посева, N* – возобновление весенней вегетации растений, N** – фаза выхода в трубку растений, N*** – фаза раскрытия последнего листа (флаг-лист), N**** – фаза колошения.

Азотные удобрения значительно повышали потребление растениями почвенного азота. Вынос его в вариантах с азотными удобрениями увеличился по сравнению с фосфорно-калийным фоном на 15–39 %. Наименьшая величина дополнительно поглощенного растениями азота почвы (1,04 г/м² или 15 % к фону РК) отмечена в варианте с осенним внесением части азота (N₃ – до посева + N₆ в ранневесеннюю подкормку). По-видимому, растения на начальных стадиях онтогенеза при слаборазвитой корневой системе не способны в полной мере поглощать дополнительно минерализованный азот, а, с другой стороны, это может быть обусловлено тем, что в осенний период процессы минерализации азотсодержащих органических соединений почвы затухают или прекращаются. Применение дозы 9 г/м² азота при возобновлении весенней вегетации посевов, т.е. в сроки, приближенные к началу активного потребления растениями элемента и микробиологических процессов в почве привело к накоплению в растениях «экстра-азота» в количестве 2,41 г/м² (35 % от общего выноса на фоне РК).

Дробное внесение N₉ в весенне-летний период по сравнению с однократным способствовало меньшему накоплению «добавочного азота» – 1,97–2,13 г/м² или 28–31 % от общего выноса элемента на фоне РК. По нашему мнению, это обусловлено более интенсивным потреблением растениями внесенного азота, а также меньшим воздействием низких доз удобрений при дробном их применении на минерализацию азотистых соединений почвы. С увеличением дозы азота до 12 г/м² абсолютная величина «экстра-азота» возросла до 2,70 г/м² (39 % к выносу на контроле).

Установлено, что на единицу азота удобрений мобилизуется дополнительно 0,12–0,27 единицы азота почвы. Наибольшая величина «экстра-азота» в расчете на единицу азота удобрений была отмечена при однократном внесении в ранневесенний период N₉ и составила 0,27 г. Дробное применение той же дозы удобрений снижало значение данного показателя до 0,12–0,24 г. Чем позже проводилась азотная подкормка, тем меньше мобилизовалось азота почвы на единицу внесенного азота. В опытах В. Н. Кудярова [11] также наибольший минерализующий эффект азотных удобрений проявлялся в начальный период вегетации растений, а затем ослабевал. Автор объясняет это снижением концентрации азота удобрений в почве и расходом минерализованного азота почвы (вынос растениями, иммобилизация, денитрификация). По-нашему мнению, усиление мобилизующего эффекта удобрений, вносимых при возобновлении весенней вегетации посевов, обусловлено активацией микробиологических процессов в почве, а также более интенсивным поглощением растениями азота на ранних стадиях онтогенеза. С увеличением доз азотных удобрений от 9 до 12 г/м² абсолютная величина «экстра-азот» хотя и возрастала, но количество его в расчете на единицу внесенного азота не повышалось.

В исследованиях на дерново-подзолистой супесчаной почве с запасом в пахотном слое (A_n) в весенний период N_{мин} в среднем 58 кг/га при несколько более высоком общем выносе азота озимой рожью (10,36–20,12 г/м²) по сравнению с дерново-подзолистой легкосуглинистой почвой удельный вес почвенного азота

в формировании урожая основной и побочной продукции был значительно выше и составил 81–85 %, а доля азота удобрений колебалась в зависимости от доз их применения в пределах 15–19 %. Вероятно, это обусловлено более интенсивной мобилизацией в супесчаной почве азота почвенных запасов при внесении азотных удобрений и большими газообразными потерями азота и в результате выщелачивания в нижележащие горизонты супесчаной почвы на рыхлых супесях.

Дополнительный вынос азота почвы с основной и побочной продукцией озимой ржи в варианте с применением в начале весенней вегетации N₆ составил 3,11 г/м² или 30 % к фону РК. Внесение дозы 9 г/м² привело к накоплению в растениях «экстра-азота» в количестве 4,10 г/м² (40 % от общего выноса на фоне РК). Дробное внесение N₉ (N₆ в начале весенней вегетации + N₃ в фазу выхода в трубку) по сравнению с однократным способствовало повышению накопления «добавочного азота». С увеличением дозы азота до 12 г/м² абсолютная величина «экстра-азота» возросла до 6,02 г/м². При возделывании озимой ржи на супесчаной почве на единицу азота удобрений мобилизовалось дополнительно 0,45–0,52 единицы азота почвы. Наибольшая величина «экстра-азота» в расчете на единицу внесенного азота была при дробном внесении N₁₂.

Общая величина азота, поглощенного растениями ячменя на дерново-подзолистой супесчаной почве, изменялась в зависимости доз и сроков применения азотных удобрений от 8,77 до 16,70 г/м². При внесении азотных удобрений общий вынос азота возрос по отношению к фосфорно-калийному фону в 1,6–1,9 раза. Наибольший вынос азота (16,70 г/м²) отмечен при внесении N₁₂ в два приема (N₉ – перед посевом + N₃ в фазу выхода в трубку растений). При дробном применении N₉ (вариант 4) он был ниже по сравнению с вариантом с однократным внесением во время возобновления весенней вегетации посевов той же дозы удобрений.

При возделывании ячменя на дерново-подзолистой супесчаной почве величина дополнительной мобилизации азота почвы была выше, чем под озимой рожью, за исключением варианта с применением перед посевом N₆, где абсолютная величина «экстра-азота» составила 1,84 г/м² (18 % к выносу на фоне РК). Основное внесение дозы 9 г/м² азота привело к накоплению в растениях «экстра-азота» в количестве 6,91 г/м² (69 % от общего выноса на фоне РК). Дробное применение N₉ (N₆ до посева + N₃ в фазу выхода в трубку) по сравнению с однократным способствовало повышению накопления «добавочного азота». С увеличением дозы азота до 12 г/м² абсолютная величина «экстра-азота» возросла до 8,98 г/м² (89 % к выносу на фоне РК). На единицу азота удобрений дополнительно мобилизовалось 0,31–0,92 единицы азота почвы. Наибольшая величина «экстра-азота» в расчете на единицу внесенного азота была при дробном внесении N₉.

Изучено влияние разных форм азотных удобрений, вносимых под яровую пшеницу и бобово-злаковую смесь (горох с овсом) на дерново-подзолистых автоморфных и глееватых супесчаных почвах, на структуру потребления растениями почвенного азота и азота удобрений.

Количество поглощенного яровой пшеницей азота на автоморфной и глееватой почвах на фоне P_9K_{15} составило соответственно 6,66 и 7,97 г/м², а в вариантах с применением разных форм азотных удобрений в дозе N_9 колебалось от 11,56 до 12,40 г/м² на автоморфной почве и от 15,74 до 16,43 г/м² – на глееватой

почве. На автоморфной почве общий вынос азота в вариантах с сульфатом аммония, аммиачной селитрой и КАС был примерно одинаковым – 12,27–12,40 г/м², несколько ниже в варианте с карбамидом. На глееватой почве наиболее низкое потребление азота отмечено в варианте с аммиачной селитрой (таблица 2).

Таблица 2 – Потребление азота почвы и удобрений растениями и величина «экстра-азота» в зависимости от форм вносимых азотных удобрений (опыт 3)

| Вариант | Поглощено азота, г/м ² | | | «Экстра»-азот | | |
|---|-----------------------------------|-------------|------|------------------|-------------|----------------------------|
| | всего | в том числе | | г/м ² | % к фону РК | единиц на единицу $N_{уд}$ |
| почвы | | удобрения | | | | |
| Горох с овсом за зерно, дерново-подзолистая автоморфная супесчаная почва | | | | | | |
| 1. P_6K_{15} – фон | 10,11 | 10,11 | – | – | – | – |
| 2. Фон + $N_{6к}$ | 17,62 | 15,91 | 1,71 | 5,80 | 57 | 0,97 |
| 3. Фон + $N_{6а}$ | 16,32 | 15,00 | 1,32 | 4,89 | 48 | 0,82 |
| 4. Фон + $N_{6аа}$ | 16,56 | 15,26 | 1,30 | 5,15 | 51 | 0,86 |
| 5. Фон + $N_{6КАС}$ | 17,17 | 15,98 | 1,19 | 5,87 | 58 | 0,98 |
| НСР ₀₅ | 1,12 | – | – | – | – | – |
| Горох с овсом за зерно, дерново-подзолистая глееватая супесчаная почва | | | | | | |
| 1. P_6K_{15} – фон | 10,84 | 10,84 | – | – | – | – |
| 2. Фон + $N_{6к}$ | 17,87 | 16,22 | 1,65 | 5,38 | 50 | 0,90 |
| 3. Фон + $N_{6а}$ | 15,86 | 14,27 | 1,59 | 3,43 | 32 | 0,58 |
| 4. Фон + $N_{6аа}$ | 16,44 | 14,89 | 1,55 | 4,05 | 37 | 0,68 |
| 5. Фон + $N_{6КАС}$ | 16,88 | 14,89 | 1,99 | 4,05 | 37 | 0,68 |
| НСР ₀₅ | 1,24 | – | – | – | – | – |
| Яровая пшеница, дерново-подзолистая автоморфная супесчаная почва | | | | | | |
| 1. P_9K_{15} – фон | 6,66 | 6,66 | – | – | – | – |
| 2. Фон + $N_{9к}$ | 11,56 | 8,00 | 3,56 | 1,34 | 20 | 0,15 |
| 3. Фон + $N_{9а}$ | 12,40 | 8,28 | 4,12 | 1,62 | 24 | 0,18 |
| 4. Фон + $N_{9аа}$ | 12,27 | 8,13 | 4,14 | 1,47 | 22 | 0,16 |
| 5. Фон + $N_{9КАС}$ | 12,34 | 8,15 | 4,19 | 1,49 | 22 | 0,17 |
| НСР ₀₅ | 1,02 | – | – | – | – | – |
| Яровая пшеница, дерново-подзолистая глееватая супесчаная почва | | | | | | |
| 1. P_9K_{15} – фон | 7,97 | 7,97 | – | – | – | – |
| 2. Фон + $N_{9к}$ | 16,19 | 12,19 | 4,00 | 4,22 | 53 | 0,47 |
| 3. Фон + $N_{9а}$ | 16,21 | 12,13 | 4,08 | 4,16 | 52 | 0,46 |
| 4. Фон + $N_{9аа}$ | 15,74 | 11,64 | 4,10 | 3,67 | 46 | 0,41 |
| 5. Фон + $N_{9КАС}$ | 16,43 | 12,27 | 4,16 | 4,30 | 54 | 0,48 |
| НСР ₀₅ | 1,22 | – | – | – | – | – |

Примечание. N_k – карбамид; N_a – сульфат аммония; N_{aa} – селитра аммиачная; $N_{КАС}$ – раствор карбамида и аммиачной селитры.

В общем выносе азота яровой пшеницей преобладал азот почвенных запасов. Удельный вес внесенного азота составил на автоморфной почве 31–34 %, на глееватой почве – 25–26 %, а азот почвы занимал соответственно 66–69 и 74–75 %. Наиболее низкое относительное участие азота удобрений в его общем выносе было на автоморфной почве в варианте с карбамидом. На глееватой почве формы вносимого азота не различались.

Общее потребление азота бобово-злаковой смесью на автоморфной и глееватой почвах на фосфорно-калийном фоне составило 10,11 и 10,84 г/м² соответственно, а в вариантах с применением разных форм азотных удобрений в дозе N_6 изменялось от 15,86 до 17,87 г/м². Наибольший вынос азота на автоморфной и глееватой почве отмечен при внесении карбамида – 17,62 и 17,87 г/м² соответственно, а самый низкий – в варианте с сульфатом аммония – соответственно 16,32 и 15,86 г/м².

Полученные данные также свидетельствуют о преимущественном значении почвенного азота в питании растений. На бобово-злаковой смеси значительно снизилась доля азота удобрений в питании растений и формировании урожая, составившая на автоморфной почве 7–10 %, на глееватой почве – 9–12 %, а азот почвы занимал соответственно 90–93 и 88–91 %. По нашему мнению, это обусловлено использованием бобовым компонентом (горохом) биологического азота в результате фиксации атмосферного азота.

Исследования показали, что внесение разных форм азотных удобрений приводило к появлению «экстра»-азота и дополнительному накоплению почвенного азота в растениях. Так, на яровой пшенице при применении перед посевом азотных удобрений величина «экстра»-азота составила на автоморфной почве 1,34–1,62 г/м², на глееватой почве – 3,67–4,30 г/м² или по отношению к фосфорно-калийному фону 20–24 % на автоморфной почве и 46–54 % – гле-

еватой почве. На единицу внесенного азота дополнительно мобилизовалось от 0,15 до 0,48 единицы.

При внесении перед посевом бобово-злаковой смеси азота удобрений в разных формах величина потребления растениями почвенного азота на удобренных вариантах увеличилась по отношению к фону РК на автоморфной почве на 48–58 %, на глееватой почве – на 32–50 %. На единицу внесенного азота дополнительно мобилизовалось от 0,57 до 0,98 единицы азота почвы.

На яровой пшенице наибольшая мобилизация почвенных запасов азота наблюдалась на автоморфной почве при внесении сульфата аммония, на глееватой

почве – КАС, а на злаково-бобовой смеси при внесении карбамида и КАС – на автоморфной почве.

Изучено влияние дифференцированных доз азотных удобрений на потребление растениями озимой пшеницы и ярового рапса азота почвы и удобрения на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах разной степени эродированности (неэродированные, среднеэродированные, сильноэродированные).

Общее потребление азота озимой пшеницей на фосфорно-калийном фоне P_4K_7 (из расчета 40 кг/га фосфора и 70 кг/га калия) на неэродированной, средне- и сильноэродированной почвах составило соответственно 8,84, 6,31 и 5,47 г/м² (таблица 3).

Таблица 3 – Потребление азота почвы и удобрений озимой пшеницей и величина «экстра-азота» при внесении дифференцированных доз азотных удобрений на почвах разной эродированности (опыт 4)

| Вариант | Поглощено азота, г/м ² | | | «Экстра»-азот | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|-------------|------|------------------|-------------|----------------------------|
| | всего | в том числе | | г/м ² | % к фону РК | единиц на единицу $N_{уд}$ |
| почвы | | удобрения | | | | |
| Неэродированная почва | | | | | | |
| 1. P_4K_7 | 8,84 | 8,84 | – | – | – | – |
| 2. $P_4K_7N_8^* + N_2^{**}$ | 15,20 | 11,70 | 3,50 | 2,86 | 32 | 0,29 |
| 3. $P_4K_7N_9^* + N_2^{**}$ | 15,64 | 12,11 | 3,53 | 3,27 | 37 | 0,30 |
| 4. $P_3K_6N_9^* + N_2^{**}$ | 15,54 | 12,04 | 3,50 | 3,20 | 36 | 0,29 |
| НСП ₀₅ | 1,170 | – | – | – | – | – |
| Среднеэродированная почва | | | | | | |
| 1. P_4K_7 | 6,31 | 6,31 | – | – | – | – |
| 2. $P_4K_7N_9^* + N_2^{**}$ | 12,36 | 8,85 | 3,50 | 2,54 | 40 | 0,23 |
| 3. $P_4K_7N_9^* + N_3^{**}$ | 12,85 | 9,57 | 3,28 | 3,26 | 52 | 0,27 |
| 4. $P_5K_8N_9^* + N_3^{**}$ | 13,17 | 10,03 | 3,14 | 3,72 | 59 | 0,31 |
| НСП ₀₅ | 1,042 | – | – | – | – | – |
| Сильноэродированная почва | | | | | | |
| 1. P_4K_7 | 5,47 | 5,47 | – | – | – | – |
| 2. $P_4K_7N_9^* + N_2^{**}$ | 10,27 | 7,52 | 2,75 | 2,05 | 37 | 0,19 |
| 3. $P_4K_7N_9^* + N_4^{**}$ | 11,95 | 9,09 | 2,86 | 3,62 | 66 | 0,28 |
| 4. $P_6K_8N_9^* + N_4^{**}$ | 12,41 | 9,56 | 2,85 | 4,09 | 74 | 0,31 |
| НСП ₀₅ | 0,964 | – | – | – | – | – |

Примечание. Азотные удобрения вносили: N^* – возобновление весенней вегетации растений; N^{**} – фаза выхода в трубку растений.

Применение на неэродированной почве азотных удобрений в дозе N_{10} (из расчета 100 кг/га) в два приема (N_8 – во время возобновления весенней вегетации и N_2 – в фазу выхода в трубку растений) привело к существенному повышению выноса азота по отношению к фону P_4K_7 , который составил 15,20 г/м². При более высокой общей дозе азота (N_{11}) также наблюдалось увеличение потребления азота почвы и удобрения. Дробное применение N_{11} (N_9 – во время возобновления весенней вегетации + N_2 в фазу выхода в трубку растений) на более низком фоне фосфорных и калийных удобрений (P_3K_6) привело к снижению общего выноса азота за счет уменьшения потребления почвенного азота.

На среднеэродированной почве вынос азота почвы и удобрения растениями озимой пшеницы в варианте $P_4K_7N_{11(9+2)}$ составил 12,36 г/м² и был ниже на 3,28 г/м² или на 21 % по сравнению с аналогичным вариантом на неэродированной почве. При повышении дозы дробного внесения азота до N_{12} (N_9 – при возобновлении весенней вегетации и N_3 – в фазу выхода в трубку

растений) потребление его растениями возросло до 12,85 г/м². Применение этой же дозы на более высоком фоне фосфора и калия (P_5K_8) способствовало увеличению выноса почвенного азота.

На сильноэродированной почве величина потребления азота почвы и удобрения озимой пшеницей в варианте $P_4K_7N_{11(9+2)}$ составила 10,27 г/м², то есть ниже на 34 % по сравнению с аналогичным вариантом на неэродированной почве. При повышении дозы дробного внесения азота до N_{13} (N_9 – во время возобновления весенней вегетации и N_4 – в фазу выхода в трубку растений) потребление его растениями возросло до 11,95 г/м². Применение этой же дозы азотных удобрений на более высоком фоне фосфорных и калийных удобрений (P_6K_8) увеличило потребление растениями азота почвенных запасов.

Анализ результатов исследований показывает, что величина потребления растениями почвенного азота и азота удобрений существенно зависит от степени эродированности (смытости) почвы. В вариантах с одинаковыми дозами применения азотных,

фосфорных и калийных удобрений вынос азота почвы на средне- и сильноэродированной почвах был соответственно на 3,26 и 4,59 г/м² или на 27 и 38 % ниже по сравнению с неэродированной почвой. Это обусловлено меньшими запасами минеральных соединений азота в почвах, подверженных эрозионной деградации. Величина потребления азота удобрений на среднеэродированной почве была такой же, как и на неэродированной почве, а на сильноэродированной почве – ниже на 20 %.

В формировании урожая основной и побочной продукции озимой пшеницы удельный вес азота удобрений составил 23–28 %, почвенного азота – 72–77 %. Относительное участие азота удобрений в общем выносе его с урожаем зависело от степени эродированности почвы. На неэродированной почве в общем потреблении на долю азотных удобрений приходилось 23 %, азота почвы – 77 %. На средне- и сильноэродированных почвах несколько возрастал удельный вес азота удобрений в общем выносе элемента – до 25–28 % соответственно, доля почвенного азота снижалась. Относительное участие азота удобрений в общем выносе изменялось в зависимости от их доз – абсолютная величина потребления азота возрастала с повышением доз удобрений.

Величина дополнительного потребления растениями озимой пшеницы почвенного азота при внесении азотных удобрений зависела от их доз и эродированности почв или запасов доступных растениям соединений азота в почве.

На неэродированной почве величина «экстра»-азота изменялась по вариантам опыта от 2,86 до 3,37 г/м². Вынос почвенного азота в вариантах с применением азотных удобрений возрос по отношению к фосфорно-калийному фону на 32–38 %. На едини-

цу азота удобрений дополнительно мобилизовалось 0,29–0,31 единицы азота почвенных запасов.

На средне- и сильноэродированных почвах вынос почвенного азота был в целом ниже по сравнению с неэродированной почвой, а величина экстра-азота изменялась соответственно от 2,54 до 3,72 и от 2,05 до 4,09 г/м². Дополнительное потребление азота почвы в вариантах с применением азотных удобрений составляло по отношению к фосфорно-калийному фону на среднеэродированной почве 40–59 %, на сильноэродированной почве – 37–74 %. В вариантах с одинаковыми дозами применения минеральных удобрений абсолютная величина экстра-азота на эродированных почвах была ниже по сравнению с неэродированной почвой.

Усиление мобилизации почвенного азота наблюдалось при повышенных дозах (4 г/м² или 40 кг/га) азотных удобрений в подкормку озимой пшеницы в фазу выхода в трубку растений на повышенных уровнях фосфорного и калийного питания.

Общее потребление азота растениями ярового рапса на фоне P₃K₆ (из расчета 30 кг/га фосфора и 60 кг/га калия) на неэродированной, средне- и сильноэродированной почвах составило соответственно 7,90, 6,45 и 5,20 г/м².

На неэродированной почве азотные удобрения, применяемые в дозе N₁₀ (из расчета 100 кг/га) в два приема (N₈ – перед посевом и N₂ – в фазу стеблевания), существенно повысили вынос азота по отношению к фону P₃K₆, составивший 14,48 г/м². При более высокой общей дозе азота (N₁₁) наблюдалось увеличение потребления азота почвы. Дробное применение N₁₁ (N₉ – перед посевом и N₂ – в фазу стеблевания) на более низком фоне калия (P₃K₄) привело к снижению общего выноса азота за счет уменьшения потребления почвенного азота (таблица 4).

Таблица 4 – Потребление азота почвы и удобрений яровым рапсом и величина «экстра-азота» при внесении дифференцированных доз азотных удобрений на почвах разной эродированности (опыт 4)

| Вариант | Поглощено азота, г/м ² | | | «Экстра»-азот | | |
|--|-----------------------------------|-------------|-----------|------------------|-------------|-----------------------------------|
| | всего | в том числе | | г/м ² | % к фону РК | единиц на единицу N _{уд} |
| | | почвы | удобрения | | | |
| Неэродированная почва | | | | | | |
| 1. P ₃ K ₆ | 7,90 | 7,90 | – | – | – | – |
| 2. P ₃ K ₆ N ₈ + N ₂ * | 14,48 | 9,96 | 4,52 | 2,06 | 26 | 0,21 |
| 3. P ₃ K ₆ N ₉ + N ₂ * | 15,67 | 11,18 | 4,49 | 3,28 | 41 | 0,30 |
| 4. P ₃ K ₄ N ₉ + N ₂ * | 14,94 | 10,39 | 4,54 | 2,49 | 31 | 0,23 |
| HCP ₀₅ | 1,354 | – | – | – | – | – |
| Среднеэродированная почва | | | | | | |
| 1. P ₃ K ₆ | 6,45 | 6,45 | – | – | – | – |
| 2. P ₃ K ₆ N ₉ + N ₂ * | 12,38 | 7,88 | 4,50 | 1,43 | 22 | 0,13 |
| 3. P ₃ K ₆ N ₉ + N ₃ * | 13,13 | 8,37 | 4,76 | 1,92 | 30 | 0,16 |
| 4. P ₄ K ₇ N ₉ + N ₃ * | 13,56 | 8,83 | 4,74 | 2,38 | 37 | 0,20 |
| HCP ₀₅ | 1,162 | – | – | – | – | – |
| Сильноэродированная почва | | | | | | |
| 1. P ₃ K ₆ | 5,20 | 5,20 | – | – | – | – |
| 2. P ₃ K ₆ N ₉ + N ₂ * | 10,53 | 6,03 | 4,50 | 0,83 | 16 | 0,08 |
| 3. P ₃ K ₆ N ₉ + N ₄ * | 11,16 | 6,33 | 4,83 | 1,13 | 22 | 0,09 |
| 4. P ₅ K ₈ N ₉ + N ₄ * | 11,45 | 6,60 | 4,86 | 1,40 | 27 | 0,12 |
| HCP ₀₅ | 0,904 | – | – | – | – | – |

Примечание. Азотные удобрения вносили: N – до посева; N* – в фазу стеблевания растений

На среднеэродированной почве вынос азота почвы и удобрения яровым рапсом в варианте $P_3K_6N_{11(9+2)}$ составил $12,38 \text{ г/м}^2$ и был ниже на $3,29 \text{ г/м}^2$ или на 21 % по сравнению с аналогичным вариантом на неэродированной почве. При повышении дозы дробного внесения азота до N_{12} (N_9 – перед посевом и N_3 в фазу стеблевания растений) потребление его растениями возросло до $13,13 \text{ г/м}^2$. Применение той же дозы азотных удобрений на более высоком фоне фосфора и калия (P_4K_7) способствовало увеличению выноса азота почвы.

На сильноэродированной почве величина потребления азота почвы и удобрения яровым рапсом в варианте $P_3K_6N_{11(9+2)}$ составила $10,53 \text{ г/м}^2$ или на 33 % ниже по сравнению с таким же вариантом на неэродированной почве. При применении N_{13} (N_9 – перед посевом и N_4 в фазу стеблевания растений) потребление элемента растениями возросло до $11,16 \text{ г/м}^2$. Внесение такой же дозы азота на фоне P_5K_8 привело к увеличению выноса растениями азота почвенных запасов.

В вариантах с одинаковыми дозами минеральных удобрений количественные параметры потребления почвенного азота на неэродированной почве были выше по сравнению со средне- и сильноэродированными почвами соответственно на 3,30 и $5,15 \text{ г/м}^2$ или в 1,4 и 1,8 раза. Абсолютные величины потребления азота удобрений на эродированных почвах были такими же, как и на неэродированной почве.

В продукционном процессе ярового рапса удельный вес азота почвы составил 57–71 %, азотных удобрений – 29–43 %. Доля азота удобрений в общем выносе его с урожаем зависела от эродированности почвы. На неэродированной почве в общем потреблении азотные удобрения занимали 29–31 %, азот почвы – 69–71 %, на среднеэродированной почве – 35–36 % и 64–65 % и на сильноэродированной почве – 42–43 % и 57–58 % соответственно.

Величина дополнительного потребления растениями ярового рапса почвенного азота на неэродированной почве изменялась по вариантам опыта от 2,06 до $3,28 \text{ г/м}^2$. Вынос азота почвы при применении азотных удобрений возрос по отношению к фосфорно-калийному фону на 26–41 %. На единицу азота удобрений дополнительно мобилизовалось 0,21–0,30 единицы азота почвенных запасов.

На средне- и сильноэродированных почвах вынос почвенного азота был в целом ниже по сравнению с неэродированной почвой, а величина «экстра»-азота изменялась соответственно от 1,43 до 2,38 и от 0,83 до $1,40 \text{ г/м}^2$. Дополнительное потребление азота почвы в вариантах с азотными удобрениями составляло по отношению к фону РК на среднеэродированной почве 22–37 %, на сильноэродированной почве – 16–27 %. В вариантах с одинаковыми дозами применения минеральных удобрений абсолютная величина «экстра»-азота на эродированных почвах была значительно ниже по сравнению с неэродированной почвой. Усиление мобилизации почвенного азота наблюдалось при повышенных дозах (3–4 г/м^2 или 30–40 кг/га) азотных удобрений в подкормку рапса на повышенных фонах фосфорного и калийного питания.

Заключение

Азотные удобрения повышают потребление растениями почвенного азота по отношению к фосфорно-калийным фонам на 15–89 % в зависимости от их доз, форм и сроков внесения на почвах разного гранулометрического состава, степени гидроморфизма и эродированности. На единицу внесенного азота дополнительно мобилизуется от 0,1 до 0,98 единиц азота почвы. Абсолютные величины «экстра»-азота колеблются от 18 до 90 кг/га за вегетационный период.

С увеличением доз азотных удобрений абсолютная величина «экстра»-азота возрастает, однако количество его в расчете на единицу внесенного азота может не повышаться. Не установлено достоверного влияния однократного и дробного применения азотных удобрений на мобилизацию почвенного азота. На легкосуглинистых почвах дробное внесение азотных удобрений в период активной вегетации сельскохозяйственных культур по сравнению с однократным способствовало меньшему накоплению «добавочного азота», что обусловлено более интенсивным потреблением растениями внесенного азота, а также меньшим воздействием низких доз удобрений при дробном их применении на минерализацию азотистых соединений почвы. На супесчаных почвах, наоборот, дробное применение азота под озимую рожь и ячмень по сравнению с однократным способствовало повышению накопления «экстра»-азота. Из форм азотных удобрений лучшим мобилизующим эффектом отличается КАС.

Абсолютные значения «экстра»-азота на эродированных почвах ниже по сравнению с неэродированными почвами. Мобилизующее действие азотных удобрений повышается с увеличением уровней фосфорного и калийного питания растений.

Литература

1. Завалин, А. А. Потоки азота в агроэкосистеме: от идей Д. Н. Прянишникова до наших дней / А. А. Завалин, О. А. Соколов. – М.: ВНИИА, 2016. – 596 с.
2. Гамзиков, Г. П. Агрохимия азота в агроценозах / Г. П. Гамзиков. – Новосибирск: Изд-во ИИЦ ГНУСибНХСХБ Россельхозакадемии, 2013. – 790 с.
3. Кудеяров, В. Н. Размеры дополнительной мобилизации азота почвы при внесении возрастающих доз азотных удобрений / В. Н. Кудеяров // Агрохимия. – 1988. – № 10. – С. 73–81.
4. Семенов, Н. Н. Азотный режим дерново-подзолистых почв и рациональное применение азотных удобрений: автореф. дисс. ... докт. с.-х. наук: / 06.01.04 / Н.Н. Семенов; РУП Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 1992. – 48 с.
5. Семенов, Н. Н. «Экстра-азот» и минерализация азотсодержащих органических соединений почвы / Н. Н. Семенов, Н. Н. Цыбулько // Почвенные исследования и применение удобрений: межвед. темат. сб. / Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии; редкол. И.М. Богдевич [и др.]. – Минск, 1997. – Вып. 24. – С. 20–29.
6. Семенов, В. М. Слагаемые эффективности азотных удобрений в системе почва-растение и критерии их количественной оценки / В. М. Семенов // Агрохимия. – 1999. – № 5. – С. 25–32.
7. Цыбулько, Н. Н. Азотмобилизующая способность почвы при внесении азотных удобрений / Н. Н. Цыбулько, И. И. Жукова, Д. В. Киселева // Агрохимия. – 2007. – № 8. – С. 18–22.
8. Stewart, B. A. The availability of fertilizer nitrogen immobilized during the decomposition of straw / B. A. Stewart, O. D. Johnson, L. K. Porter // Soil Sci. Soc. Amer. Proc. – 1963. – Vol. 27. – N 4. – P. 656–659.

9. Broadbent, F. E. Effect of fertilizer nitrogen on the release of soil nitrogen / F. E. Broadbent // Soil Sci. Soc. Amer. Proc. – 1965. – Vol. 29. – N 5. – P. 692–695.
10. Jenkinson, D. S. Interactions between fertilizer nitrogen and soil nitrogen the so-called «priming» effect / D. S. Jenkinson, R. H. Fox, J.H. Rayner // J. Soil Sci. – 1985. – Vol. 36. – N 3. – P. 425–444.
11. Кудеяров, В. Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений / В. Н. Кудеяров. – М.: Наука, 1989. – 215 с.
12. Семенов, Н. Н. Инновационные технологии применения азотных удобрений: теория, методология, практика / Н. Н. Семенов. – Минск: Альфа-книга, 2020. – 320 с.
13. Соколов, О. А. Теория и практика рационального применения азотных удобрений. Том 1. Агрохимические аспекты роли азота в продукционном процессе / О. А. Соколов, В. М. Семенов. – М.: Наука, 1992. – 207 с.
14. Сычев, В. Г. Роль азота в интенсификации продукционного процесса сельскохозяйственных культур / В. Г. Сычев, О. А. Соколов, Н. Я. Шмырева. – М.: ВНИИА, 2009. – 424 с.
15. Laura R. D. On the «Priming effect» of ammonium fertilizer / R. D. Laura // Soil Sci. Soc. Amer. Proc. – 1975. – Vol. 39. – N 2. – P. 385–386.
16. Количественная оценка процессов азотного цикла при внесении возрастающих доз азотных удобрений / В. Н. Кудеяров [и др.] // Агрохимия. – 1992. – № 2. – С. 3–13.
17. Руделев, Е. В. Дополнительная минерализация азота почвы при внесении азотных удобрений / Е. В. Руделев // Почвоведение. – 1989. – № 12. – С. 84–91.
18. Fog, K. The effect of added nitrogen on the rate of decomposition of organic matter / K. Fog // Biol. Rev. – 1988. – V. 63. – P. 433–462.
19. Шарков, И. Н. Азотные удобрения и минерализация азотсодержащих соединений почв / И. Н. Шарков // Почвоведение. – 1992. – № 2. – С. 91–103.
20. Семенов, В. М. Образование «экстра»-азота в удобренных почвах и его роль в питании растений / В. М. Семенов // Агрохимия. – 1999. – № 8. – С. 5–12.
21. Jansson, S. L. Mineralization and immobilization of soil nitrogen / S. L. Jansson, J. Persson // Nitrogen in agricultural soils / Ed. Stevenson F. J. Amer. Soc. Madison, 1982. – P. 229–252.
22. Цыбулько, Н. Н. Мобилизация азота почвы под влиянием азотных удобрений и поступление ¹³⁷Cs в растения / Н. Н. Цыбулько, Д. В. Киселева // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – № 2(41). – С. 156–163.
23. Почвы. Методы определения общего азота: ГОСТ 26107-84. – Введ. 07.01.85. – Минск: Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1985. – 6 с.
24. Почвы. Определение органического вещества в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26212–91. – Введ. 1993.07.01. – Минск: Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.
25. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО: ГОСТ 26489-85. – Введ. 01.07.86. – Минск: Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1986. – 6 с.
26. Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО: ГОСТ 26488-85. – Введ. 01.07.86. – Минск: Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1986. – 5 с.
27. Цыбулько, Н. Н. Азотное питание озимой ржи и баланс азота удобрений в системе почва-растение в зависимости от доз, сроков и способов применения азотных удобрений / Н. Н. Цыбулько // Агрохимия. – 1996. – № 5. – С. 8–15.
28. Цыбулько, Н. Н. Использование зерновыми культурами азота почвы и удобрений / Н. Н. Цыбулько, Д. В. Киселева, И. И. Жукова // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. агр. навук. – 2008. – № 2. – С. 36–41.
29. Цыбулько, Н. Н. Баланс азота удобрений в системе почва-растение под зерновыми культурами на дерново-подзолистой супесчаной почве / Н. Н. Цыбулько, Д. В. Киселева // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – № 2(41). – С. 145–155.
30. Потребление растениями и баланс азота на дерново-подзолистых почвах разной эродированности при возделывании озимой пшеницы / Н. Н. Цыбулько [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 2 (59). – С. 95–106.

УДК 631.31/37:631.811.98:631.559

Влияние способов применения регулятора роста Фитовитал на урожайность зернобобовых культур

Л. М. Алисиевич

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Дата поступления статьи в печать 14.11.2024)

В статье представлены результаты исследований по изучению влияния на урожайность зернобобовых культур регулятора роста Фитовитал, в.р.к., который применяли для инкрустации семян и обработки посевов в фазу бутонизации. Установлено, что при добавлении к протравителю семян Винцит Форте, КС (1,0 л/т) регулятора роста Фитовитал, в.р.к. (1,2 л/т) урожайность зернобобовых увеличивалась в зависимости от культуры на 8,8–16,5 %, а при обработке посевов в фазу бутонизации (0,6 л/га) – на 9,9–17,1 %. Наибольшую урожайность зернобобовых обеспечили при использовании этого регулятора роста для инкрустации семян с последующей обработкой посевов в фазу бутонизации. Прибавка урожайности в этом случае находилась в пределах 19,7–32,9 % в зависимости от возделываемой культуры.

The paper demonstrates the results of the research on the effect of the growth regulator Fitovital, WSC on the yield of leguminous crops, which was used for seed encrustment and crop treatment at the budding stage. It was established that when adding the growth regulator Fitovital, WSC (1.2 l/t) to the seed protectant Vincit Forte, SC (1.0 l/t), the yield of leguminous crops increased by 8.8–16.5 % depending on the crop, and when crops were treated at the budding stage (0.6 l/ha) – by 9.9–17.1 %. The highest yield of leguminous crops was provided when using the growth regulator for seed encrustment with further treatment at the budding stage. The yield increase in that case was within 19.7–32.9 % depending on the cultivated crop.