

## МОБИЛИЗАЦИЯ АЗОТА ПОЧВЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ И ПОСТУПЛЕНИЕ $^{137}\text{CS}$ В РАСТЕНИЯ

Н.Н. Цыбулько<sup>1</sup>, Д.В. Киселева<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Департамент по ликвидации последствий катастрофы  
на Чернобыльской АЭС МЧС, г. Минск, Беларусь*

*<sup>2</sup>Могилевский государственный университет им. А.А. Кулешова,  
г. Могилев, Беларусь*

### ВВЕДЕНИЕ

Азотные удобрения, повышая продуктивность сельскохозяйственных культур, прямо или косвенно воздействуют на количественные и качественные параметры внутрипочвенного цикла азота, нарушая установившиеся процессы формирования и саморегуляции пула почвенного азота.

В многочисленных опытах с использованием меченых  $^{15}\text{N}$  соединений установлен феномен так называемого «экстра»-азота. При внесении азотных удобрений наблюдается большее по отношению к удобренным вариантам потребление растениями почвенного азота [1, 2], который в отечественной литературе получил название «экстра»-азот. Западные ученые называют его «затравочный эффект» – priming effect [3, 4] или «добавочный азот взаимодействия» – added nitrogen interaction [5].

Образующийся «экстра»-азот участвует во всех внутрипочвенных превращениях, используется растениями одновременно с азотом удобрения, вымывается из почвы и аккумулируется в виде нитратов в урожае [6-8].

Существуют разные теории образования «экстра»-азота, однако природа его до конца не раскрыта. 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  $^{15}\text{N}$  аммония на аммоний почвенного раствора, обменный и фиксированный аммоний почвы, о передаче протона от иона  $\text{NH}_4^+$  к аминогруппе, которая, получая протон, способна образовывать  $\text{NH}_3$ -радикал и дальше ион  $\text{NH}_4^+$  [9].

Утвердилась точка зрения об усилении минерализации почвенного азота под действием азотных удобрений [8, 10, 11]. В то же время в ряде экспериментов внесение азотного удобрения не влияло на минерализацию органического вещества или даже замедляло его биологическое разложение, что подтверждается соответствующей динамикой образования  $\text{C-CO}_2$  [12-14].

Получила развитие гипотеза, согласно которой появление «экстра»-азота связано не с усилением минерализации почвенного органического вещества, а 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 [15, 16].

На единицу азота удобрений может мобилизоваться дополнительно до 1,2 единицы почвенного азота. Величина «экстра»-азота в растениях часто тесно коррелирует с получаемой от азотных удобрений прибавкой урожая, аккумуляция в профиле почвы нитратов обусловлена дополнительной мобилизацией почвенного азота, а избыток нитратов в урожае объясняется преобладанием азота почвы в составе нитратного фонда растений [17].

Еще в 50-70-е годы прошлого столетия была установлена зависимость накопления радионуклидов в растениях от режима азотного питания. Причины и механизмы воздействия азотных удобрений на поступление  $^{137}\text{Cs}$  в растения до конца не изучены. Усиление поглощения  $^{137}\text{Cs}$  при внесении азотных удобрений объясняется увеличением количества подвижного радионуклида в почве под влиянием гидратированных ионов аммония, имеющих с радиоцезием сходный по величине ионный радиус, и способных вытеснить его из мест сорбции в почвенный раствор [18]. Установлено, что  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{K}^+$  десорбируют  $^{137}\text{Cs}$  как с поверхности почвенных частиц, так и с поверхности корней [19], но при этом при применении калия содержание радионуклидов цезия в растениях многократно уменьшается [20], а при применении азотных удобрений – увеличивается.

В работе [21] отмечено, что прочную связь между  $^{137}\text{Cs}^+$  и илистыми частицами почвы может разрушить избыток ионов  $\text{NH}_4^+$ . Избыток  $\text{NH}_4^+$  в почве, с одной стороны, приводит к разбавлению  $^{137}\text{Cs}^+$ , что снижает поглощение, а с другой – может привести к десорбции уже связанного  $^{137}\text{Cs}^+$ , что увеличивает поглощение.

Внесение нитратной формы азота также усиливает поглощение  $^{137}\text{Cs}$  растениями, хотя и в меньшей степени (в среднем в 2 раза), чем азот в аммиачной форме [22]. Этот факт плохо согласуется с известной закономерностью, состоящей в стимуляции притока в растения калия и других катионов (в том числе и  $^{137}\text{Cs}$ ) на фоне  $\text{NO}_3^-$ .

Существует также предположение, согласно которому увеличение поступления  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в растения может происходить в результате сдвига в соотношениях элементов в почвенном растворе при внесении азотных удобрений [23]. Однако, до сих пор это утверждение не было подтверждено или опровергнуто в опубликованных исследованиях. Из результатов некоторых авторов можно увидеть, что азотные удобрения обладают мобилизующим действием на  $^{137}\text{Cs}$  почвы [24], однако механизмы такой мобилизации ими не обсуждаются.

Цель настоящей работы – изучить влияние доз и сроков внесения азотных удобрений на количественные параметры образования «экстра»-азота и установить их взаимосвязь с аккумуляцией  $^{137}\text{Cs}$  в растениях на дерново-подзолистой супесчаной почве.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2006-2007 годах на полевом опытном стационаре Могилевского филиала РНИУП «Институт радиологии», расположенном на территории землепользования СПК «Зарянский» Славгородского района Могилевской области. Почва опытного участка – дерново-подзолистая супесчаная на водно-ледниковых супесях. Агрохимические показатели пахотного горизонта почвы:  $\text{pH}_{\text{KCl}} - 5,93$ ; гумус – 2,03%,  $\text{P}_2\text{O}_5 - 218$  мг/кг почвы,  $\text{K}_2\text{O} - 269$  мг/кг почвы,  $\text{N}_{\text{общ}} - 988$  мг/кг почвы,  $\text{N}_{\text{усв}} - 46,0$  мг/кг почвы,  $\text{N}_{\text{мин}} - 30,1$  мг/кг почвы. Плотность загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs} - 554$  кБк/м<sup>2</sup>.

Микрополевой опыт проводился в полевых условиях. Микроделянки опыта площадью 1 м<sup>2</sup> изолировались между собой на глубину почвы 0–40 см. Размер учетных микроделянок 0,25 м<sup>2</sup>. Повторность вариантов в опыте четырехкратная.

В опыте возделывали яровой ячмень сорта Тюрингия (2006 г.) и озимую рожь сорта Игуменская (2007 г.). Схема опыта включала варианты с разными дозами и сроками внесения азотных удобрений: 1. P<sub>6</sub>K<sub>12</sub> – фон; 2. Фон + N<sub>6</sub>; 3. Фон + N<sub>9</sub>; 4. Фон + N<sub>6</sub> + N<sub>3</sub><sup>//</sup>; 5. Фон + N<sub>9</sub> + N<sub>3</sub><sup>//</sup>. Сроки внесения азотных удобрений следующие: N – до посева ячменя и при возобновлении весенней вегетации озимой ржи; N<sup>//</sup> – начало фазы выхода в трубку. Дозы удобрений приведены из расчета грамм на 1 м<sup>2</sup>. Степень обогащения азота <sup>15</sup>N составляла 25–26 ат.%. Азотные удобрения в форме карбамида вносили в виде водного раствора согласно схеме опыта. Фосфорные (суперфосфат аммонизированный) и калийные (калий хлористый) удобрения вносили перед посевом культур.

Почвенные образцы отбирали до посева и после уборки культур, растительные образцы – в начале фазы выхода в трубку растений перед азотной подкормкой (надземную биомассу) и в период полного созревания (зерно и солома).

В пахотном горизонте почвы определяли: обменную кислотность (pH<sub>KCl</sub>) – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483–85); гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213–91); N<sub>общ</sub> – по Къельдалю-Иодльбауеру (ГОСТ 26107–84); P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O – по Кирсанову (ГОСТ 26207–91). Анализ растительных образцов на содержание общего азота проводили после их мокрого озоления по методу ЦИНАО [25]. Удельную активность <sup>137</sup>Cs в растительных образцах определяли на γ-спектрометрических комплексах «Tennelec», «Canberra» и «Oxford» по методике [26]. Изотопный состав азота определяли на масс-спектрометре «Thermo Finnigan MAT Delta plus Advantage». «Экстра»-азот вычисляли по разнице выноса растениями азота почвы на NPK и PK вариантах:

$$\text{«экстра»-азот} = ({}^{14}\text{N в растениях})_{\text{NPK}} - ({}^{14}\text{N в растениях})_{\text{PK}}$$

Полученные данные обрабатывали методами дисперсионного и регрессионного анализа с использованием компьютерного программного обеспечения (Excel 7.0, Statistica 7.0).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований показали, что внесение азотных удобрений приводило к появлению «экстра»-азота и дополнительному накоплению почвенного азота в растениях уже в первые фазы роста и развития растений. При внесении перед посевом ячменя N<sub>6</sub> и N<sub>9</sub> в фазу выхода в трубку величина потребления азота растениями на удобренных вариантах увеличилась по отношению к фоновому варианту соответственно на 13 и 23%. На единицу внесенного азота дополнительно мобилизовалось под ячменем 0,1–0,22 ед. азота почвы (табл. 1).

При возделывании озимой ржи азотные удобрения более существенно усиливали образование «экстра»-азота. Применение в ранневесеннюю подкормку 6 и 9 г/м<sup>2</sup> д.в. азотных удобрений (из расчета 60 и 90 кг/га) привело к повышению выноса почвенного азота по сравнению с вариантом P<sub>6</sub>K<sub>12</sub> на 48 и 61% соответственно. На единицу азота удобрений дополнительно мобилизовалось 0,4–0,48 единицы азота почвы.

## Плодородие почв и применение удобрений

В фазу полного созревания ячменя дополнительный вынос азота почвы с основной и побочной продукцией в варианте с применением перед посевом  $N_6$  составил  $1,84 \text{ г/м}^2$ , или 18% к фону  $P_6K_{12}$  (табл. 2). Основное внесение дозы  $9 \text{ г/м}^2$  азота привело к накоплению в растениях «экстра»-азота в количестве  $6,91 \text{ г/м}^2$  (69% от общего выноса на фоне  $P_6K_{12}$ ).

Таблица 1

### Дополнительное потребление азота почвы («экстра»-азота) растениями ячменя и озимой ржи в фазу выхода в трубку в зависимости от доз азотных удобрений

| Вариант                 | Поглощено азота, $\text{г/м}^2$ |                 | «Экстра»-азот  |        |                            |
|-------------------------|---------------------------------|-----------------|----------------|--------|----------------------------|
|                         | всего                           | в т.ч. из почвы | $\text{г/м}^2$ | % к РК | единиц на единицу $N_{уд}$ |
| <b>Ячмень</b>           |                                 |                 |                |        |                            |
| 1. $P_6K_{12}$ – фон    | 8,51                            | 8,51            | -              | -      | -                          |
| 2. Фон + $N_6$          | 11,35                           | 9,65            | 1,14           | 13     | 0,19                       |
| 3. Фон + $N_9$          | 12,56                           | 10,50           | 1,99           | 23     | 0,22                       |
| 4. Фон + $N_6+N_3^{//}$ | 11,35                           | 9,65            | 1,14           | 13     | 0,19                       |
| 5. Фон + $N_9+N_3^{//}$ | 12,56                           | 10,50           | 1,99           | 23     | 0,22                       |
| НСР <sub>05</sub>       | 0,79                            | -               | -              | -      | -                          |
| <b>Озимая рожь</b>      |                                 |                 |                |        |                            |
| 1. $P_6K_{12}$ – фон    | 6,02                            | 6,02            | -              | -      | -                          |
| 2. Фон + $N_6$          | 11,34                           | 8,90            | 2,88           | 48     | 0,48                       |
| 3. Фон + $N_9$          | 12,26                           | 9,70            | 3,68           | 61     | 0,41                       |
| 4. Фон + $N_6+N_3^{//}$ | 11,34                           | 8,90            | 2,88           | 48     | 0,48                       |
| 5. Фон + $N_9+N_3^{//}$ | 12,26                           | 9,70            | 3,68           | 61     | 0,41                       |
| НСР <sub>05</sub>       | 0,86                            | -               | -              | -      | -                          |

Дробное внесение  $N_9$  ( $N_6$  – до посева +  $N_3^{//}$  – в начале фазы выхода в трубку) по сравнению с однократным способствовало повышению накопления «добавочного азота». С увеличением дозы азота до  $12 \text{ г/м}^2$  абсолютная величина «экстра»-азота возросла до  $8,98 \text{ г/м}^2$  (89% к выносу на фоне  $P_6K_{12}$ ).

Установлено, что на единицу азота удобрений мобилизуется дополнительно 0,31-0,92 единицы азота почвы. Наибольшая величина «экстра»-азота в расчете на единицу внесенного азота была при дробном внесении  $N_9$ .

При возделывании озимой ржи общие размеры дополнительной мобилизации азота почвы были ниже чем под ячменем за исключением варианта с применением в ранневесеннюю подкормку  $N_6$ , где абсолютная величина «экстра»-азота составили  $3,11 \text{ г/м}^2$  (30% к выносу на фоне РК).

Дробное внесение  $N_9$  ( $N_6$  – в начале возобновления весенней вегетации +  $N_3^{//}$  – в начале фазы выхода в трубку) по сравнению с однократным не значительно увеличило накопление «экстра»-азота.

Максимальная величина дополнительно мобилизованного азота была в варианте с дробным внесением  $12 \text{ г/м}^2$ , которая составила  $6,02 \text{ г/м}^2$  (58% к выносу на фоне РК).

Таблица 2

**Дополнительное потребление азота почвы («экстра»-азота) растениями  
ячменя и озимой ржи в фазу полного созревания в зависимости  
от доз и сроков внесения азотных удобрений**

| Вариант   | Поглощено азота, г/м <sup>2</sup> |                 | «Экстра»-азот    |        |                                   |
|---|-----------------------------------|-----------------|------------------|--------|-----------------------------------|
|   | всего                             | в т.ч. из почвы | г/м <sup>2</sup> | % к РК | единиц на единицу N <sub>уд</sub> |
| <b>Ячмень</b>   |                                   |                 |                  |        |                                   |
| 1. P <sub>6</sub> K <sub>12</sub> – фон               | 10,01                             | 10,01           | -                | -      | -                                 |
| 2. Фон + N <sub>6</sub>                               | 14,06                             | 11,85           | 1,84             | 18     | 0,31                              |
| 3. Фон + N <sub>9</sub>                               | 19,58                             | 16,92           | 6,91             | 69     | 0,76                              |
| 4. Фон + N <sub>6</sub> +N <sub>3</sub> <sup>//</sup> | 21,77                             | 18,36           | 8,35             | 83     | 0,92                              |
| 5. Фон + N <sub>9</sub> +N <sub>3</sub> <sup>//</sup> | 22,80                             | 18,99           | 8,98             | 89     | 0,75                              |
| HCP <sub>05</sub>                                     | 1,08                              | -               | -                | -      | -                                 |
| <b>Озимая рожь</b>                                    |                                   |                 |                  |        |                                   |
| 1. P <sub>6</sub> K <sub>12</sub> – фон               | 10,36                             | 10,36           | -                | -      | -                                 |
| 2. Фон + N <sub>6</sub>                               | 15,53                             | 13,47           | 3,11             | 30     | 0,52                              |
| 3. Фон + N <sub>9</sub>                               | 17,10                             | 14,46           | 4,10             | 40     | 0,45                              |
| 4. Фон + N <sub>6</sub> +N <sub>3</sub> <sup>//</sup> | 17,91                             | 14,78           | 4,42             | 43     | 0,49                              |
| 5. Фон + N <sub>9</sub> +N <sub>3</sub> <sup>//</sup> | 20,12                             | 16,38           | 6,02             | 58     | 0,50                              |
| HCP <sub>05</sub>                                     | 1,38                              | -               | -                | -      | -                                 |

Под озимой рожью на единицу азота удобрений приходилось 0,45-0,52 единицы азота почвы. Наибольшая величина «экстра»-азота в расчете на единицу внесенного азота была при внесении N<sub>6</sub>.

В своих исследованиях мы попытались установить взаимосвязь между величиной дополнительной мобилизации почвенного азота под влиянием азотных удобрений и удельной активностью <sup>137</sup>Cs в растениях возделываемых культур.

Обнаружена тесная положительная связь между концентрацией <sup>137</sup>Cs в зерне и дополнительным накоплением в растениях азота почвы («экстра»-азота), которая описывалась: для ячменя уравнением линейной зависимости  $y = 1,11x + 7,6$ ,  $R^2 = 0,99$ ; для озимой ржи квадратичным уравнением зависимости  $y = 0,1x^2 + 0,32x + 10,25$ ,  $R^2 = 0,91$  (рис. 1 и 2). С увеличением дополнительного потребления азота («экстра»-азота) растениями наблюдалось повышение концентрации в них радиоцезия.

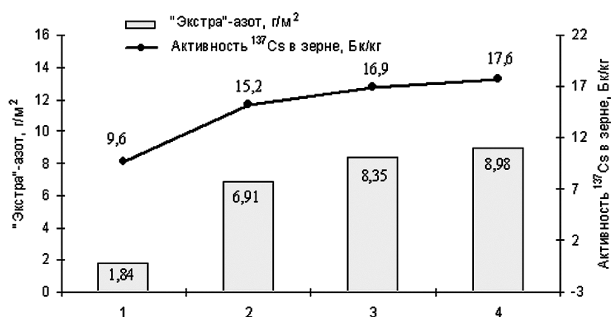


Рис. 1. Зависимость удельной активности <sup>137</sup>Cs в зерне ячменя от величины «экстра»-азота

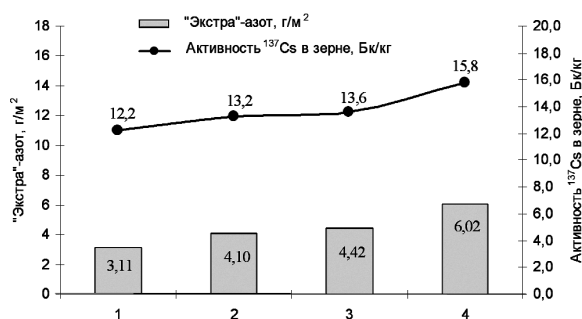


Рис. 2. Зависимость удельной активности <sup>137</sup>Cs в зерне озимой ржи от величины «экстра»-азота

Следовательно, с применением азотных удобрений запасы доступного растениям азота формируются как за счет внесенного азота, так и за счет дополнительно мобилизованного азота почвы. Усиление минерализационных процессов в почве при внесении азотных удобрений способствует более интенсивному поступлению в растения почвенного азота и радиоцезия.

## ВЫВОДЫ

1. Азотные удобрения повышают потребление растениями азота почвы по отношению к фоновому варианту на 30-89% в зависимости от их доз. При дробном внесении N<sub>9</sub> по сравнению с однократным, количество «экстра»-азота в растениях увеличивается на 0,32-1,44 г/м<sup>2</sup>, а при увеличении дозы удобрения до N<sub>12</sub> – на 0,63-1,60 г/м<sup>2</sup>.

2. На единицу азота удобрений мобилизуется 0,31-0,92 единицы почвенного азота. При дробном внесении азотных удобрений и с увеличением их доз значение данного показателя возрастает.

3. Наличие тесной положительной корреляции между концентрацией <sup>137</sup>Cs в зерне и величиной «экстра»-азота указывает на то, что азотные удобрения не только напрямую усиливают миграцию радионуклида в системе почва-растение, но и косвенно – в результате дополнительной мобилизации и потребления растениями почвенного азота. Это необходимо учитывать при оптимизации азотного питания сельскохозяйственных культур на загрязненных радионуклидами землях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кудеяров, В.Н. Размеры дополнительной мобилизации азота почвы при внесении возрастающих доз азотных удобрений / В.Н. Кудеяров // Агрохимия. – 1988. – №10. – С. 73-81.

2. 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.

3. 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. – N4. – P. 656-659.

4. Broadbent F.E. Effect of fertilizer nitrogen on the release of soil nitrogen // *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* – 1965. – Vol. 29. – N5. – P. 692-695.
5. Jenkinson, D.S., Fox R.H., Rayner J.H. Interactions between fertilizer nitrogen and soil nitrogen the so-called «priming» effect / Jenkinson D.S., R.H. Fox, J.H. Rayner // *J. Soil Sci.* – 1985. – Vol. 36. – N3. – P. 425-444.
6. Соколов, О.А. Теория и практика рационального применения азотных удобрений / О.А. Соколов, В.М. Семенов. – М.: Наука, 1992. – 207 с.
7. Гамзиков, Г.П. Баланс и превращение азота удобрений / Г.П. Гамзиков, Г.И. Кострик, В.Н. Емельянова. – Новосибирск: Наука, 1985. – 161 с.
8. Кудеяров, В.Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений / В.Н. Кудеяров. – М.: Наука, 1989. – 215 с.
9. Laura, R.D. On the «Priming effect» of ammonium fertilizer / R.D.Laura // *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* – 1975. – Vol.39. – N2. – P. 385-386.
10. Количественная оценка процессов азотного цикла при внесении возрастающих доз азотных удобрений / В.Н. Кудеяров [и др.] // *Агрохимия.* – 1992. – №2. – С. 3-13.
11. Руделев, Е.В. Дополнительная минерализация азота почвы при внесении азотных удобрений / Е.В. Руделев // *Почвоведение.* – 1989. – №12. – С. 84-91.
12. 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.
13. Шарков, И.Н. Азотные удобрения, минерализация и баланс органического вещества в почве / И.Н. Шарков // *Почвенно-агрохимические проблемы интенсификации земледелия Сибири: сб. науч. тр. / ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. Сиб. НИИЗХим.* – Новосибирск, 1989. – С. 33-58.
14. Шарков, И.Н. Азотные удобрения и минерализация азотсодержащих соединений почв // *Почвоведение.* – 1992. – №2. – С. 91-103.
15. Семенов, В.М. Образование «экстра»-азота в удобренных почвах и его роль в питании растений / В.М. Семенов // *Агрохимия.* – 1999. – № 8. – С. 5-12.
16. Jansson S.L., Persson J. Mineralization and immobilization of soil nitrogen // *Nitrogen in agricultural soils / Ed. Stevenson F.J. Amer. Soc. Madison, 1982.* – P. 229-252.
17. Кудеяров, В.Н. Изменение внутрипочвенных потоков азота при внесении азотных удобрений / В.Н. Кудеяров, С.А. Благодатский, Н.А. Ларионова // *Агрохимия.* – 1990. – №1. – С. 47-53.
18. Соколов, О.А. Нитраты в окружающей среде / О.А. Соколов, В.М. Семенов, В.А. Агаев. – Пушкино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1990. – 316 с.
19. Алексахин, Р.М. Поведение <sup>137</sup>Cs в системе почва-растение и влияние внесения удобрений на накопление радионуклида в урожай / Р.М. Алексахин, И.Т. Моисеев, Ф.А. Тихомиров // *Агрохимия.* – 1992. – №8. – С. 127-138.
20. Handly, R. Effect of various cations upon absorbtion of carrier-free cesium / R. Handly, R. Overstreet // *Plant Physiology.* – 1961. – №36. – P. 66-69.
21. Юдинцева Е.В., Левина Э.М. О роли калия в доступности <sup>137</sup>Cs растениям / Е.В.Юдинцева, Э.М. Левина // *Агрохимия.* – 1982. – №4. – С. 75-81.
22. Пути миграции искусственных радионуклидов в окружающей среде. Радиэкология после Чернобыля / Л.Дж. Апплби [и др.]; пер. с англ.; под ред. Ф. Уорнера, Р. Харрисона. – М.: Мир, 1999. – 512 с.

23. Evans, E.J. Effect of nitrogen on caesium-137 in soils and its uptake by oat plants / E.J. Evans, A.J. Dekker // Canadian Journal of Soil Science. 1968. – Vol. 49. – P. 349-355.

24. Моисеев, И.Т. К вопросу о влиянии минеральных удобрений на доступность  $^{137}\text{Cs}$  из почвы сельскохозяйственными растениями / И.Т. Моисеев, Л.А. Рерих, Ф.А. Тихомиров // Агрoхимия. – 1986. – №2. – С.89.

25. Моисеев, И.Т. К оценке влияния минеральных удобрений на динамику обменного  $^{137}\text{Cs}$  в почвах и доступность его овощным культурам / И.Т. Моисеев [и др.] // Агрoхимия. – 1988. – №5. – С.86-92.

26. Методические указания по анализу почв, кормов и удобрений – М.: ЦИНАО, 1976. – 56 с.

## MOBILIZATION OF NITROGEN OF SOIL UNDER THE INFLUENCE OF NITRIC FERTILIZERS AND RECEIPT $^{137}\text{CS}$ IN PLANTS

N.N. Tsybul'ko, D.V. Kiseleva

### Summary

On sod-podzolic sandy soil influence of doses and terms of entering of nitric fertilizers on formation of «added nitrogen interaction» and its interrelation with accumulation  $^{137}\text{Cs}$  in plants is studied. It is established, that nitric fertilizers raise consumption by plants of nitrogen of soil in relation to background on 30-89% depending on their doses. At fractional entering of  $\text{N}_9$  in comparison with unitary, the quantity of «added nitrogen interaction» in plants increases on 0,32-1,44 g/m<sup>2</sup>, and at increase in a dose of fertilizer to  $\text{N}_{12}$  – for 0,63-1,60/m<sup>2</sup>. On unit of nitrogen of fertilizers 0,31-0,92 units of soil nitrogen will be mobilized. At fractional entering of nitric fertilizers and with increase in their doses value of the given indicator increases.

Presence of close positive correlation between concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in grain and size of «added nitrogen interaction» specifies that nitric fertilizers not only directly strengthen migration of  $^{137}\text{Cs}$  in system soil-plant, but also indirectly – as a result of additional mobilization and consumption by plants of soil nitrogen.

*Поступила 14 октября 2010 г.*