

The changes in recent years in the major laws and regulations of the EU, aimed at supporting the implementation of the farming technologies in agricultural production, which are based on the use of biological nitrogen, were analyzed. The results suggest the following: the problem of introduction of secure nitrogen nutrition methods was transferred from the information and encouraging plane into regulatory and catalytic plane with legislative indication of the appropriate boundaries of the use.

*Keywords: biological nitrogen, directive, legislation of the EU*

Рекомендує до друку  
С.Я. Коць

Надійшла 24.04.2014

УДК 631.153.7:631.461.5:663.1+633.85(477)

В.Ф. ПАТЫКА

Институт микробиологии и вирусологии имени Д.К. Заболотного НАН Украины  
ул. Академика Заболотного, 154, Киев, ГСП, Д03680

### **БИОЛОГИЧЕСКИЙ АЗОТ И НОВАЯ СТРАТЕГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА В УКРАИНЕ**

Обобщены результаты исследований процесса фиксации молекулярного азота микроорганизмами – необходимыми для восстановления и поддержания плодородия почв, получения экологически безопасной и качественной растительной продукции за счет использования биологического азота.

*Ключевые слова: биологический азот, симбиотическая азотфиксация, ассоциативная азотфиксация, баланс питательных веществ, удобрения*

Создание условий для устойчивого развития агроэкосистем является достаточно сложным процессом, который затрагивает широкий круг вопросов, начиная от физико-химических и биологических процессов в почве, заканчивая созданием современных агротехнологий, усовершенствованием специализации аграрных производственных систем, оптимизации структуры сельскохозяйственных ландшафтов и организации землепользования [12, 15].

В основе интенсификации развития зернового хозяйства и увеличения объемов производства зерна, предусмотренных Программой «Зерно Украины – 2015», лежит повышение урожайности зерновых культур путем оптимизации структуры посевных площадей и соблюдение севооборотов, использование минимизированных влагосберегающих систем обработки почв за счет улучшения минерального питания растений путем оптимального внесения удобрений и проведения химической мелиорации земель, освоение интегрированных систем защиты растений, более полное использование достижений селекции и семеноводства, повышение качества зерна и развитие ультраструктуры рынка [11].

Новая структура посевов до 2015 г. предусматривает следующие изменения: посевные площади зерновых культур будут составлять 16,2 млн га. Посевы пшеницы озимой оптимизируются на уровне 5 млн га. В озимом клине увеличатся площади тритикале до 500 тыс. га, рожь озимая будет высеваться на площади 300 тыс. га преимущественно в Полесской зоне, ячмень озимый будет занимать площадь 1,2 млн.га преимущественно в южном и западном регионах, где благоприятные условия для его зимовки. Благодаря сокращению посевов пшеницы озимой после непаровых предшественников будут существенно расширены посевы кукурузы на зерно до 5 млн га и сорго в южном регионе – до 500 тыс.га [11].

## ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ

В свете изложенного становится понятным дефицит питательных веществ в земледелии, особенно азота и фосфора. Баланс питательных веществ в земледелии Украины, который вычислен по показателям выноса и поступления питательных веществ, является отрицательным. Дефицит основных элементов питания (NPK) составляет 50 кг д.в./га, что обусловлено низким уровнем внесения минеральных удобрений и неэффективным использованием биологического азота и фосфора (табл. 1). Кроме того, в Украине ежегодно смывается 15 т/га почвы, из которой теряется около 100 кг д.в.

Таблица 1

Баланс питательных веществ в земледелии Украины, 2011 г. [11]

| Зона           | Азот (N)      | Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | Калий (K <sub>2</sub> O) | Вместе (NPK)  |
|----------------|---------------|---|--------------------------|---------------|
| Полесье        | - 17,3        | - 7,2                                   | - 21,9                   | - 46,4        |
| Лесостепь      | - 30,2        | - 13,0                                  | - 17,1                   | - 60,3        |
| Степь          | - 21,4        | - 11,6                                  | - 6,1                    | - 39,1        |
| <b>Украина</b> | <b>- 24,8</b> | <b>- 11,8</b>                           | <b>- 13,6</b>            | <b>- 50,2</b> |

Значение биологической фиксации азота в основном определяется ее вкладом в плодородие почв, разработке энергосохраняющих, экологически безопасных для окружающей среды и потребителей качественной сельскохозяйственной продукции и технологий.

Анализируя основные показатели зернового хозяйства Украины в условиях интенсификации производства (табл. 2) следует отметить, что происходят значительные изменения в приоритетах выращивания зерновых культур. На первое место выходит кукуруза, второе – пшеница, третье – соя, на четвертое – ячмень.

Таблица 2

Изменения приоритетности культур в земледелии Украины [11]

| Место | 1990 г.        | 2011 г.        | 2012 г.        |
|-------|----------------|----------------|----------------|
| 1-е   | Пшеница озимая | Пшеница озимая | Кукуруза       |
| 2-е   | Ячмень ярый    | Кукуруза       | Пшеница озимая |
| 3-е   | Кукуруза       | Ячмень ярый    | Соя            |
| 4-е   | Горох          | Соя            | Ячмень ярый    |

Структура производства зерна в 2011 и 2012 гг. приведена в табл. 3.

Таблица 3

Производство зерна в Украине в 2012-2013 гг. [3, 4]

| Культуры  | 2011    |         |      |        | 2012    |         |      |        |
|---|---------|---------|------|--------|---------|---------|------|--------|
|   | 1       | 2       | 3    | 4      | 1       | 2       | 3    | 4      |
| Зерновые и зерно-<br>бобовые культуры,<br>всего         | 15321,3 | 56746,8 | 100  | 2837,3 | 14792,1 | 46216,2 | 100  | 2310,8 |
| Зерновые и зерно-<br>бобовые культуры<br>(без кукурузы) | 11777,6 | 33909,0 | 76,9 | 1695,4 | 10420,2 | 25254,9 | 70,4 | 1262,7 |
| Пшеница (озимая и<br>ярая)                              | 6657,3  | 22323,6 | 43,5 | 1406,4 | 5629,7  | 15762,6 | 38,1 | 788,1  |
| Ячмень (озимый и<br>ярый)                               | 3684,2  | 9097,7  | 24,0 | 309,3  | 3293,0  | 6936,4  | 22,3 | 235,8  |
| Зернобобовые<br>культуры (без сои),<br>всего            | 336,1   | 491,1   | 2,2  | 34,3   | 303,4   | 473,4   | 2,1  | 33,1   |
| Соя   | 1110,0  | 2264,4  | 7,2  | 158,5  | 1412,4  | 2410,2  | 9,5  | 168,7  |
| Кукуруза на зерно                                       | 3543,7  | 22837,8 | 23,1 | 1278,9 | 4372,0  | 20961,3 | 29,6 | 1173,8 |

Примечание: 1 – общая убранная площадь, тыс.га; 2 – валовой сбор урожая, тыс.т; 3 – % к общему количеству; 4 – средний вынос азота с урожаем с почвы, тыс. т.

Как видно из табл. 3 в 2011 и 2012 гг. валовые сборы кукурузы на зерно превышали таковые озимой пшеницы, соответственно на 22837,8 - 22323,6 и 20961 -15762,6 тыс.т. Сбор зернобобовых культур без сои составлял 491,1 и 473,4 тыс.т. [3 ,4]. Безусловно, низкий процент насыщения севооборота (2,1%) зернобобовыми культурами сказывается на биологической фиксации азота и потере предшественника под озимые зерновые культуры, которым является горох. Увеличение посевов сои (насыщение 9,5% севооборота) несколько повышает уровень биологической фиксации азота.

На использованную в сельском хозяйстве Украины площадь вносилось определенное количество удобрений (табл. 4). Вместе с тем из данных в табл. 4 видно четко выраженную неравномерность внесения удобрений под разные культуры [1, 2].

Отмеченные в табл. 4 низкие дозы удобрений под зерновые культуры не в состоянии возместить природную утрату плодородия этих почв при средней урожайности 2,8 т/га. Поэтому значительное количество азота берется их урожаем с фонда почвы, что приводит при этом к резкому снижению плодородия почв. Ряд авторов [9, 12, 15] указывают на то, что стабилизация гумуса и повышение плодородия почв наступает при ежегодном внесении вместе с минеральными высокими норм навоза (15 т/га) в зависимости от уровня плодородия и типа почвы. Однако, сопоставляя данные табл. 3 и 4 видим, что и указанные нормы не могут восстановить потери.

Закономерно возникает вопрос о плодородии почв Украины и прежде всего о балансе азота в земледелии государства, а также долевом участии в нем биологического азота.

Главным является микробная азотфиксация, обеспечивающая не только сиюминутную потребность организмов в азоте, но и резервирование его в виде различных азотсодержащих соединений [5-8,13,14]. Азотфиксация, появившаяся у самых первых организмов (бактерий и архей), практически одновременно с возникновением на Земле жизни, приобрела по мере ее распространения на планете глобальные масштабы, а связанный при этом азот стал играть ключевую роль в биосфере. Важным для понимания роли азотфиксирующих бактерий в поддержании продуктивности и устойчивости биосферы стало обнаружение разнообразных по составу симбиозов с эукариотными организмами, причем не только с растениями, но и с животными [18].

Азотфиксирующие симбиозы различны по составу входящих в них организмов, но обладают одним общим свойством – тесным сопряжением биогеохимических циклов азота и углерода [5-7, 13, 15, 16]. Такая интеграция азотного и углеродного метаболизма наиболее характерна для симбиозов бактерий и растений. Симбиотические микроорганизмы растений наиболее активно исследуются в связи с процессами фиксации атмосферного азота клубеньковыми бактериями бобовых растений (ризобиями). К последним относятся граммотрицательные бактерии родов *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Allorhizobium* [5-7,9,13,16].

Для расчета азотфиксации зернобобовыми культурами были использованы статистические данные о площади посева, урожайности этих культур в 2012 г. и справочные данные о содержании в них азота [3, 4]. При расчетах был принят коэффициент азотфиксации 0,55 от валового содержания азота в зерне бобовых растений. Этот обобщающий коэффициент обоснован результатами опытов многочисленных научно-исследовательских учреждений Украины [13]. Что касается злаковых зерновых, то этот коэффициент составляет приблизительно 0,15 [4, 17].

Проведенный анализ показывает, что азотфиксация зерновыми бобовыми культурами, которые занимали площадь в 2012 г 1,7 млн.га, при урожайности 2,3 т/га, достигала 0,09 млн. т азота воздуха и в растительных остатках 0,04 млн. т. При перерасчете на 1 га посева зернобобовых это в среднем составляет 54 кг/га азота в урожае и и 23,5 в растительных остатках. Однако, если учитывать, что посевные площади однолетних и многолетних бобовых на лугах, пастбищах и т.д. приблизительно в 10 раз больше чем посевы зерновых бобовых, то азотфиксация бобовых культур составляет 1 и более млн.т ежегодно.

Бобово-ризобияльная система издавна использовалась в практике сельского хозяйства для улучшения азотного баланса почвы. Однако клубеньковые бактерии инфицируют только

## ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ

бобовые растения, причем избирательность взаимоотношений настолько высока, что предполагает использование конкретных видов бактерий для конкретных культур. Указанная особенность существенно ограничивает сферу эффективного использования клубеньковых бактерий. В частности их влияние на злаковые и другие небобовые растения в севообороте проявляется на следующий год после уборки урожая бобовых [12,13,15].

Таблиця 4

Внесение минеральных и органических удобрений под основные зерновые культуры в Украине в 2011-2012 гг.

| Основные сельскохозяйственные культуры          | Органические удобрения |        |      |      | Минеральные удобрения |         |          |       |
|---|------------------------|--------|------|------|-----------------------|---------|----------|-------|
|   | тыс/т                  |        | т/га |      | NPK, тыс/ц            |         | N, кг/га |       |
|   | 2011                   | 2012   | 2011 | 2012 | 2011                  | 2012    | 2011     | 2012  |
| Внесено в питательных веществах – всего         | 9845,7                 | 9636,9 | 0,5  | 0,5  | 12633,1               | 13430,0 | 68/48    | 72/50 |
| В том числе:                                    |                        |        |      |      |                       |         |          |       |
| зерновые и зернобобовые культуры (без кукурузы) | 2916,8                 | 2825,3 | 0,3  | 0,4  | 5449,9                | 5267,2  | 64/45    | 71/50 |
| с них:  |                        |        |      |      |                       |         |          |       |
| под пшеницу                                     | 2067,0                 | 2061,9 | 0,4  | 0,5  | 4015,4                | 3828,7  | 78/55    | 88/62 |
| кукурузу на зерно                               | 2618,0                 | 2143,0 | 0,6  | 0,6  | 2618,0                | 3406,0  | 93/65    | 96/67 |
| сою   | 214,1                  | 236,7  | 0,2  | 0,2  | 489,3                 | 602,7   | 47/12    | 46/12 |

Примечание: числитель – NPK на 1 гектар посевной площади, кг; знаменатель – азотных удобрений на 1 гектар посевной площади, кг

Однако, несмотря на высокую эффективность азотфиксации в симбиозах, в масштабах биосферы их вклад в общий баланс «биологического» азота сравнительно невелик, что обусловлено ограниченностью распространения таких сообществ. Даже в агроэкосистемах доля бобовых культур не превышает 10% общей площади посевов сельскохозяйственных культур, а в природных фитоценозах бобовые растения присутствуют лишь на первых этапах сукцессий и их практически нет в климаксных экосистемах [12].

Наибольшего внимания здесь заслуживают пути управления микроорганизмами, населяющих прикорневую и корневую зону растений. Это направление стало интенсивно развиваться в ведущих странах мира более 40 лет назад и получило название *ассоциативной азотфиксации*. Эти микроорганизмы не образуют специализированных органов (клубеньков) на корнях и стеблях [8-10, 12, 13, 17 и др.].

### Выводы

Азот не только основной биогенный элемент, главный компонент живой материи, играющий важнейшую роль в жизни растений и животных, но и ведущий элемент земледелия. Вряд ли в жизни растений найдется другой биохимический процесс, подобный процессу азотфиксации, изучение которого представляло бы столько загадочности и тайн, противоречий и неопределенности, широких горизонтов и перспектив в практике сельскохозяйственного производства.

1. *Державна служба статистики України. Внесення мінеральних та органічних добрив під урожай сільськогосподарських культур у 2011 р. / відп. за випуск О.М. Прокопенко. — К., 2012. — 52 с.*
2. *Державна служба статистики України. Внесення мінеральних та органічних добрив під урожай сільськогосподарських культур у 2011 р. / відп. за випуск О.М. Прокопенко. — К., 2013. — 52 с.*
3. *Державна служба статистики України. Збір урожаю сільськогосподарських культур, плодів, ягід та винограду в регіонах України за 2011 р. / відп. за випуск О.М. Прокопенко. — К., 2012. — 136 с.*
4. *Державна служба статистики України. Збір урожаю сільськогосподарських культур, плодів, ягід та винограду в регіонах України за 2012 р. / відп. за випуск О.М. Прокопенко. — К., 2013. — 136 с.*
5. *Коць С.Я. Биологическая фиксация азота: бобово-ризобияльный симбиоз / Коць С.Я., Моргун В.В., Патыка В.Ф., Даценко В.К., Кругова Е.Д., Кириченко Е.В., Мельникова Н.Н., Михалкив Л.М. [монография: в 4-х т.] / том 1/ . — К.: Логос, 2010. — 508 с.*

6. Коць С.Я. Биологическая фиксация азота: бобово-ризобийный симбиоз / Коць С.Я., Моргун В.В., Патыка В.Ф., Маличенко С.М., Маменко П.Н., Киризий Д.А., Михалкив Л.М., Береговенко С.К., Мельникова Н.Н. [монография: в 4-х т.]. — Т. 2. — К.: Логос, 2011. — 523 с.
7. Коць С.Я. Биологическая фиксация азота: генетика азотфиксации, генетическая инженерия штаммов / Коць С.Я., Моргун В.В., Тихонович И.А., Проворов Н.А., Патыка В.Ф., Петриченко В.Ф., Мельникова Н.Н., Маменко П.Н. : [монография: в 4-х т.]. — Т. 3. — К.: Логос, 2011. — 404 с.
8. Коць С.Я. Биологическая фиксация азота: ассоциативная азотфиксация / Коць С.Я., Моргун В.В., Патыка В.Ф., Петриченко В.Ф., Надкерничная Е.В., Кириченко Е.В. [монография: в 4-х т.]. — Т. 4. — К.: Логос, 2011. — 412 с.
9. Мишустин Е.Н. Биологическая фиксация атмосферного азота / Мишустин Е.Н., Шильникова В.К. — М., 1968. — 530 с.
10. Молекулярные основы взаимоотношений ассоциативных микроорганизмов с растениями / [ отв. ред. В.В. Игнатов]; Ин-т биохимии и физиологии растений и микроорганизмов. — М.: Наука, 2005. — 262 с.
11. Нова стратегія виробництва зернових та олійних культур в Україні / В.Ф. Петриченко, М.Д. Безуглий, В.М. Жук, О.О. Іващенко. — К.: Аграр. Наука, 2012. — 48 с.
12. Патыка В.П. Мікроорганізми і альтернативне землеробство / Патыка В.П., Тихонович І.А., Філіп'єв І.Д., Гамаюнова В.В., Андрусенко І.І. — Київ: Урожай, 1993. — 176 с.
13. Патыка В.П. Біологічний азот / Патыка В.П., Коць С.Я., Волкогон В.В., Шерстобоева О.В., Мельничук Т.М., Калініченко А.В., Гриник І.В. — Київ: Світ, 2003. — 424 с.
14. Патыка В.П. Биологический азот в земледелии Украины // Міжнародна науково-практична конференція «Іноваційні агротехнології за умов зміни клімату (Мелітополь-Кирилівка, 7-9 червня 2013 р.) / Патыка В.Ф., Коць С.Я.: Матеріали тез. — Мелітополь-Кирилівка, 2013. — Вип. 2. — С.178—181.
15. Петриченко В.Ф. Сільськогосподарська мікробіологія і збалансований розвиток агроєкосистем / Петриченко В.Ф., Тихонович І.А., Коць С.Я., Патыка М.В., Мельничук Т.М., Патыка В.П. - Вісник аграрної науки. — 2012. — № 8. — С. 5—11.
16. Тихонович І.А. Симбиозы растений и микроорганизмов: молекулярная генетика агросистем будущего / Тихонович И.А., Проворов Н.А. — СПб, 2009. — 211 с.
17. Умаров М.М. Ассоциативная азотфиксация / Умаров М.М. — М.: Изд-во МГУ, 1986. — 132 с.
18. Умаров М.М. Микробиологическая трансформация азота в почве / Умаров М.М., Кураков А.В., Степанов А.Л. — М.: ГЕОС, 2007. — 138 с.

### *В.П. Патыка*

Інститут мікробіології і вірусології імені Д.К.Заболотного НАН України

## БІОЛОГІЧНИЙ АЗОТ І НОВА СТРАТЕГІЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА В УКРАЇНІ

Узагальнено результати досліджень процесу фіксації молекулярного азоту мікроорганізмами - природного процесу, необхідного для відновлення і підтримки родючості ґрунтів, одержання екологічно безпечної та якісної рослинної продукції за рахунок використання біологічного азоту.

Показано, що баланс поживних речовин в землеробстві України, який обчислено за показниками виносу і надходження поживних речовин, є негативним. Дефіцит основних елементів живлення (NPK) становить 50 кг д.р./га, що зумовлено низьким рівнем внесення мінеральних добрив і вкрай неефективним використанням біологічного азоту і фосфору.

Акцентується увага на низькому відсотку насичення сівозміни (2,1%) зернобобовими культурами, що позначається на біологічній фіксації азоту і втрати попередника під озимі зернові культури, яким є горох. Збільшення посівів сої (насичення 9,5% сівозміни) дещо підвищує рівень біологічної фіксації азоту.

Азот не тільки основний біогенний елемент - головний компонент живої матерії, який відіграє найважливішу роль в житті рослин і тварин, але і один з головних елементів живлення у землеробстві. Навряд чи в житті рослин знайдеться інший біохімічний процес, подібний процесу азотфіксації, вивчення якого представляло б стільки загадковості і таємниць, протиріч і невизначеності, широких горизонтів і перспектив у практиці сільськогосподарського виробництва.

*Ключові слова:* біологічний азот, симбіотична азотфіксація, асоціативна азотфіксація, баланс поживних речовин, добрива

*V.P. Patyka*

D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the NASU, Ukraine

**BIOLOGICAL NITROGEN AND A NEW STRATEGY OF CROP PRODUCTION  
MANUFACTURE IN UKRAINE**

The summary of research results on the process of molecular nitrogen fixation by microorganisms - a natural process necessary to restore and maintain soil fertility, production of environmentally safe and high quality plant products through the use of biological nitrogen, is presented.

It is shown that the balance of nutrients in agriculture of Ukraine, which is calculated by the indicators of nutrient removal and supply, is negative. Deficiency of major nutrients (NPK) is 50 kg / ha, due to low levels of application of mineral fertilizers and the extremely inefficient use of biological nitrogen and phosphorus.

The attention is paid to the low percentage of crop rotation saturation (2.1%) with leguminous plants, which affects biological nitrogen fixation, and to the loss of precursor for winter crops, such as peas. Increase in soybean seeding (9.5% saturation of crop rotation) somewhat increases the level of biological nitrogen fixation.

The nitrogen is not only the main biogenic element - the main component of living matter, which plays a crucial role in the life of plants and animals, but also the key nutrient in agriculture. It is unlikely that in plant life other biochemical process similar to nitrogen fixation exists, the study of which would be associated with such mystery and a large number of secrets, contradictions and uncertainties, but also with wide horizons and perspectives in the practice of agricultural production.

*Keywords: organic nitrogen, symbiotic nitrogen fixation, associative nitrogen fixation, balance of nutrients, fertilizers*

Рекомендує до друку

В.В. Грубінко

Надійшла 04.06.2014