

УДК 631.811.1:631.452

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТЕНИЯМИ АЗОТА ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ МОБИЛИЗАЦИЯ ЕГО В ПОЧВАХ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ОКУЛЬТУРЕННОСТИ

В. В. КИДИН, Л. А. ИВАННИКОВА

(Кафедра агрономической и биологической химии)

С ростом интенсификации сельского хозяйства все бóльшую актуальность приобретает вопрос о влиянии почвенного плодородия на величину использования растениями азота почвы и удобрений.

Многочисленные опыты с  $^{15}\text{N}$  показали, что коэффициенты использования азота, установленные по разнице с контролем, как правило, на 20—30% выше коэффициентов, определенных изотопным методом, вследствие дополнительной мобилизации и усвоения растениями азота почвы под влиянием удобрений. Размеры дополнительной мобилизации почвенного азота при внесении азотных удобрений могут варьировать в широких пределах — от 5 до 70%, что связано с типом почвы и условиями проведения опытов [3—5, 9]. Действие почвенного плодородия на трансформацию азота удобрений, несмотря на обширные исследования баланса азота удобрений в различных почвенно-климатических зонах страны, до сих пор остается невыясненным.

Влияние степени окультуренности и предшествующей удобренности почв на коэффициент использования азота удобрений изучалось нами в стационарном микрополевым опыте, для которого использовались почвы длительного опыта (заложенного в 1912 г. по инициативе Д. Н. Прянишникова). Агрохимическая характеристика почв, методика и условия проведения микрополевого опыта представлены в работе [8].

При длительном применении только одних минеральных удобрений (вариант НРК длительного опыта) в бессменной культуре ячменя общий вынос азота растениями в варианте с  $^{15}\text{N}$ НРК в 1-й год опыта (1974) увеличился на 34%, а в последующие — на 91—92% по сравнению с контролем РК (табл. 1). При внесении азотных удобрений в почву, систематически удобрявшуюся НРК и навозом, общий вынос растениями азота в 1-й год возрос на 48% по сравнению с контролем, а во 2-й (1975) и 3-й (1976) — соответственно на 127 и 114%, то есть этот показатель был на 14, 36 и 22% выше, чем в варианте НРК длительного опыта. В сумме за 3 года общий вынос азота растениями при внесении удобрений на фоне НРК на 60% превышал контроль, а на фоне НРК + навоз — на 80%. Следовательно, с увеличением степени окультуренности почв использование азота ячменем заметно возрастало.

На почвах севооборотного участка (табл. 2), взятых с идентичных по степени предшествующей удобренности вариантов многолетнего опыта (НРК и НРК + навоз), азотные удобрения, внесенные в той же дозе, оказывали еще большее влияние на поступление азота в растения по сравнению с контролем, чем на почвах бессменного участка. Так, в 1974 г. при внесении азотных удобрений по фону длительного применения минеральных удобрений общий вынос азота растениями повысился на 72% против контроля, а при бессменном возделывании ячменя — на 34%. В последующие два года (1975—1976) использование азота растениями при внесении азотных удобрений в почву севооборота увели-

**Использование растениями азота почвы и удобрения  
при бессменной культуре ячменя**

Год опыта	Общий вынос азота растениями	Вынос азота удобрений, мг/сосуд	Вынос азота, почвы		Коэффициенты использования, %	
			всего, мг/сосуд	дополнительно к контролю	по разнице	изотопным методом
По РК в длительном опыте РК в микрополевом						
1974	1431	—	1431	—	—	—
1975	548	—	548	—	—	—
1976	636	—	636	—	—	—
В сумме за 3 года	2615	—	2615	—	—	—
По NPK в длительном опыте <sup>15</sup> NPK						
1974	<u>1920</u> 134	455	1465	<u>34</u> 2,4	48,9	45,5
1975	<u>1047</u> 191	336	711	<u>163</u> 29,8	49,9	33,6
1976	<u>1219</u> 192	375	844	<u>208</u> 32,7	58,3	37,5
В сумме за 3 года	<u>4186</u> 160	1166	3020	<u>405</u> 15,5	52,3	38,9
По NPK + навоз в длительном опыте <sup>15</sup> NPK						
1974	<u>2113</u> 148	487	1626	<u>195</u> 13,6	68,2	48,7
1975	<u>1241</u> 227	331	910	<u>362</u> 66,0	69,3	33,1
1976	<u>1361</u> 214	382	979	<u>343</u> 54,0	72,5	38,2
В сумме за 3 года	<u>4715</u> 180	1200	3515	<u>900</u> 34,5	70,0	40,0

Примечание. Здесь и в последующих таблицах в числителе — вынос азота в мг/сосуд, в знаменателе — % к контролю.

чилось на 152—174%, а на бессменном участке — только на 91—92%.

Применение азотных удобрений по длительно унавоживаемому фону способствовало повышению общего выноса азота растениями по сравнению с его выносом в неунавоживаемой почве севооборота (вариант NPK) и в почве бессменного поля, удобренной навозом (NPK+навоз). В первом случае общий вынос азота был по годам выше на 17, 19 и 31%, а во втором — на 41, 44 и 91%. Суммарный вынос азота из почвы севооборота в вариантах с NPK и NPK+навоз был на 113—134% выше, чем в варианте с РК, и на 53—54% выше, чем в соответствующих вариантах бессменного участка.

При внесении азотных удобрений в целинную почву общий вынос азота растениями увеличился на 89—98% (табл. 3).

В микрополевом опыте при ежегодном внесении меченного <sup>15</sup>N азотного удобрения использование растениями азота непосредственно из удобрений колебалось от 331 до 487 мг на сосуд, причем более значительные колебания наблюдались по годам, нежели по вариантам почв различной степени окультуренности. Азот удобрений лучше использовался в 1-й год опыта (431—487 мг/сосуд) и несколько хуже в последующие

## Использование растениями азота почвы и удобрений на участке севооборота

Год опыта	Общий вынос азота растениями	Вынос азота удобрений, мг/сосуд	Вынос азота почвы		Коэффициенты использования, %	
			всего, мг/сосуд	дополнительно к контролю	по разнице	изотопным методом
по РК в длительном опыте РК в микрополевом						
1974	1062	—	1062	—	—	—
1975	455	—	455	—	—	—
1976	429	—	429	—	—	—
В сумме за 3 года	1946	—	1946	—	—	—
По НРК в длительном опыте <sup>15</sup> НРК						
1974	<u>1828</u> 172	431	1397	<u>335</u> 31,5	76,6	43,1
1975	<u>1147</u> 252	364	783	<u>328</u> 72,0	69,2	36,4
1976	<u>1175</u> 274	394	781	<u>352</u> 82,0	74,6	39,4
В сумме за 3 года	<u>4150</u> 213	1189	2961	<u>1015</u> 52,1	73,5	39,6
По НРК + навоз в длительном опыте <sup>15</sup> НРК						
1974	<u>2014</u> 189	440	1574	<u>512</u> 48,2	95,2	44,0
1975	<u>1231</u> 271	340	891	<u>436</u> 95,9	77,6	34,0
1976	<u>1306</u> 305	408	898	<u>469</u> 109,1	87,7	40,8
В сумме за 3 года	<u>4551</u> 234	1188	3363	<u>1417</u> 72,8	86,8	39,6

годы (331—394 мг/сосуд). В сумме за 3 года количество использованного азота удобрений в разных почвах было практически одинаковым и составляло 1166 и 1200 кг на сосуд, что соответствовало примерно 40% всего внесенного за 3 года азота.

Использование азота почвы в микрополевом опыте резко различалось как по годам, так и по вариантам опыта. В 1-й год, наиболее благоприятный по погодным условиям, когда урожайность ячменя была наиболее высокой, потребление почвенного азота было почти в 2 раза выше, чем в соответствующих вариантах в последующие годы. С изменением окультуренности и предшествующей удобрённости почв изменялось поступление азота почвы и в контрольных вариантах, и в вариантах с азотом.

В контроле растения использовали азота из почвы бессменной культуры ячменя на 17—33% больше, чем из почвы севооборота, и на 6—10% больше, чем из целины. Это, по-видимому, связано с меньшим содержанием в почве севооборота гумуса и азота и меньшей биологической активностью целинной почвы из-за кислой реакции среды.

Внесение азотных удобрений во всех вариантах усиливало мобилизацию и усвоение растениями почвенного азота. Дополнительная мобилизация азота почвы под действием азотных удобрений — давно установленный в опытах с <sup>15</sup>N факт. Величина ее зависит от целого ряда

## Использование растениями азота целинной почвы и удобрений (микрополевой опыт)

Год опыта	Общий вынос азота растениями	Вынос азота удобрений, мг/сосуд	Вынос азота почвы		Коэффициенты использования, %	
			всего, мг/сосуд	дополнительно к контролю	по разнице	изотопным методом
РК						
1974	1293	—	1293	—	—	—
1975	644	—	644	—	—	—
1976	596	—	596	—	—	—
В сумме за 3 года	2543	—	2543	—	—	—
<sup>15</sup> NPK						
1974	<u>2439</u> 189	442	1997	<u>704</u> 54,5	114,6	44,2
1975	<u>1211</u> 187	369	842	<u>198</u> 30,8	56,7	36,9
1976	<u>1180</u> 198	389	791	<u>195</u> 32,7	68,4	38,9
В сумме за 3 года	<u>4830</u> 190	1200	3630	<u>1087</u> 42,7	76,2	40,0

факторов, в том числе, как свидетельствуют немногочисленные исследования, и от степени окультуренности почв [5, 6, 8, 9].

Дополнительная мобилизация и усвоение растениями почвенного азота под влиянием азотных удобрений в микрополевом опыте также в значительной степени зависела от предшествующей удобренности и характера сельскохозяйственного использования почв.

В более благоприятном 1974 г. в результате лучшего использования азота удобрений и азота почвы в контрольных вариантах дополнительное усвоение последнего под влиянием азотных удобрений было меньше (2,4—48,2%), чем в последующие два года (29,8—109,1% дополнительно к РК). Исключением являлась почва целины, где в 1-й год в результате более интенсивной минерализации азотсодержащих органических веществ под влиянием азотных удобрений дополнительное усвоение растениями азота почвы составило 54,5%, а в последующие два года эта величина снизилась до 30,8—32,7%.

Дополнительное использование азота почвы в отдельные годы определялось степенью предшествующей удобренности.

В результате внесения азотных удобрений в почву, занятую бесменным ячменем (табл. 1), при меньшей ее предшествующей удобренности (вариант NPK длительного опыта) дополнительное использование азота почвы в 1974 г. было лишь на 34 мг на сосуд, или на 2,4%, больше, чем в контроле (РК). В последующие два года (1975—1976) количество дополнительно усвоенного азота почвы составляло 163—208 мг на сосуд, или 29,8—32,7%. Суммарная за 3 года дополнительная мобилизация почвенного азота при внесении азотных удобрений составила 405 мг на сосуд, или 15,5%.

При лучшей предшествующей удобренности почвы под бесменным ячменем (вариант NPK+навоз длительного опыта) использование растениями почвенного азота в вариантах с азотными удобрениями возросло на 13,6% (193 мг/сосуд) по сравнению с контролем в 1-й год и на 66 и 54% (362 и 343 мг на сосуд) соответственно во 2-й и 3-й годы. Общая

величина дополнительной мобилизации азота почвы за 3 года в варианте NPK+навоз длительного опыта была более чем в 2 раза (900 мг/сосуд, или 34,5%) выше по сравнению с его мобилизацией в варианте NPK длительного опыта.

На почвах севооборотного участка (табл. 2) при длительном применении одних минеральных удобрений (NPK) дополнительное усвоение растениями почвенного азота при внесении азотного удобрения в 1974, 1975 и 1976 гг. было соответственно на 31,5; 72,0 и 82,0% выше, чем в контроле. В варианте NPK+навоз длительного опыта вынос ячменем азота почвы по годам соответственно на 48,2; 95,9 и 109,1% превышал контроль и на 16,7—27,1% вариант NPK длительного опыта.

В сумме за 3 года различия в использовании азота почвы растениями в вариантах NPK+навоз и контрольном были больше, чем при внесении в течение 62 лет только минеральных удобрений.

На величину дополнительного потребления азота почвы большое влияние, помимо уровня предшествующей удобренности, оказывает вид сельскохозяйственного использования данной почвы (возделывание культур в севообороте или в бессменных посевах), а также весь комплекс агротехнических мероприятий.

На севооборотном участке дополнительная мобилизация почвенного азота при внесении азотных удобрений независимо от уровня предшествующей удобренности во все годы была выше, чем в соответствующих вариантах бессменного участка. Так, в варианте с NPK севооборотного участка длительного опыта в сумме за 3 года дополнительно к контролю растения использовали в 2,5 раза больше почвенного азота, чем в том же варианте при бессменном возделывании ячменя (1015 против 405 мг на сосуд), а в варианте NPK+навоз — в 1,6 раза больше (1417 против 900 мг на сосуд).

Большая дополнительная мобилизация азота почвы растениями в вариантах длительного опыта NPK+навоз по сравнению с его использованием в вариантах с NPK обуславливается активизацией микробиологической деятельности в унавоженных почвах [1, 2, 7], в результате которой усиливаются как процессы минерализации органических азотсодержащих соединений, так и процессы накопления легкогидролизуемых соединений азота [6].

Более высокая доступность азота почвы растениям севооборота также, по-видимому, связана с ее биологической активностью, которая, как показали исследования [7], на участке севооборота была выше, чем в почве под бессменными культурами, хотя в отдельных случаях разница в биогенности почв севооборота и бессменных культур незначительная [1].

Внесение азотных удобрений в почву целины (табл. 3) также способствовало более усиленной мобилизации почвенного азота, особенно в 1-й год. Абсолютная величина дополнительно усвоенного растениями азота целинной почвы была значительно больше, чем при бессменном возделывании и в севообороте. В последующие два года величина дополнительной мобилизации азота целинной почвы резко снизилась (до 198—195 мг/сосуд) и составляла 30,8—32,7%, что на 22—24% ниже, чем в 1-й год.

Значительное увеличение дополнительного использования азота целинной почвы при внесении азотных удобрений в 1-й год и существенное снижение его в последующие годы объясняются, вероятно, нарушением сложившегося в течение многих лет азотного баланса, сдвигом его в сторону усиленной минерализации в 1-й год опыта и некоторой стабилизацией этого процесса в последующие годы.

В результате лучшего использования азота почвы при внесении азотных удобрений коэффициенты использования, установленные по разнице с контролем, во всех вариантах микрополевого опыта были выше

коэффициентов, определенных изотопным методом, и находились в прямой зависимости от дополнительно усвоенного почвенного азота.

При бессменном возделывании ячменя (табл. 1) по мере увеличения плодородия почв коэффициенты использования, определенные по разнице с контролем, увеличивались с 48,9—58,3 (вариант NPK длительного опыта) до 69,9—72,5% (вариант NPK+навоз длительного опыта), в почвах севооборота (табл. 2) — соответственно с 69,2—76,6 до 77,6—95,2%. В целинной почве коэффициент использования азота удобрений по разнице с контролем в 1-й год опыта составил 114,6%, то есть растения использовали азота больше, чем было внесено с удобрениями.

Коэффициенты использования, определенные изотопным методом, незначительно различались по вариантам и были несколько больше в 1-й год опыта (43,1—48,7%), чем во 2-й и 3-й (33,1—39,4%); суммарный за 3 года коэффициент использования азота из удобрений также почти не различался по вариантам и составил 38,9—40,0%. Различия в коэффициентах использования, определенных изотопным и разностным методами, были наиболее существенными в варианте многолетнего опыта NPK+навоз севооборота (46,9—51,2%) и менее значительными в варианте NPK при бессменных посевах ячменя (3,4—20,8%). По этому показателю целина занимала промежуточное положение во все годы опыта, за исключением 1-го (разница составила 70,4%).

### Заключение

В микрополевым опыте окультуренность почвы не сказалась на размере использования азота удобрений ячменем. Коэффициенты использования азота, определенные изотопным методом, в сумме за 3 года составили 38,9—40,0%. Урожайность и вынос азота ячменем на более окультуренных почвах возрастали вследствие большего использования азота почвы. Дополнительное усвоение растениями почвенного азота при внесении азотных удобрений на фоне лучшей предшествующей плодородности (NPK+навоз) повышалось на 19—21% и в почвах севооборота было в 2—3 раза выше, чем под бессменной культурой.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Доспехов Б. А. Научные основы интенсивного земледелия в нечерноземной зоне. М., «Колос», 1976, с. 3—60. — 2. ЕВДОКИМОВА Н. В. Влияние длительного применения удобрений на биологическую активность почвы. В сб.: Удобрение и плодородие почв. Тр. ВИУА, 1974, вып. 2, с. 100—111. — 3. КОЖЕМЯЧКО В. А. Изучение с применением  $^{15}\text{N}$  усвоения яровой пшеницей азота мочевины и аммиачной селитры при некорневом и корневом питании. Автореф. канд. дис. М., 1973. — 4. КОРЕНЬКОВ Д. А., ПОСТНИКОВ А. В. Научные основы повышения эффективности удобрений в нечерноземной зоне европейской части РСФСР. В сб.: Научные основы применения удобрений по зонам страны. М., Тр. ВИУА, 1975, вып. 26, с. 28—44. — 5. КОРЕНЬКОВ Д. А. Агрохимия азотных удобрений. М., «Наука», 1976. — 6. ЛЫКОВ А. М. Основные итоги исследований по проблеме органического вещества дерново-подзолистой почвы. «Изв. ТСХА», 1976, вып. 2, с. 8—20. — 7. МИШУСТИН Е. Н., ТЕПЛЕР Е. З. Влияние длительного применения севооборота, монокультур и удобрений на состав почвенной микрофлоры. «Изв. ТСХА», 1963, вып. 6, с. 85—92. — 8. СМЕРНОВ П. М., КИДИН В. В., ИВАННИКОВА Л. А. Превращение азота удобрений и использование его растениями на почвах разной степени окультуренности. «Изв. ТСХА», 1977, вып. 3, с. 84—89. — 9. СМЕРНОВ П. М., КИДИН В. В., ПЕДИШЮС Р. К., НАЗАРОВА В. Н. Потери азота удобрений из почвы и снижение их с помощью ингибиторов нитрификации. «Изв. ТСХА», 1977, вып. 6, с. 58—69.

*Статья поступила 18 сентября 1978 г.*

### SUMMARY

In microplot trial soil cultivation did not effect the rate of using fertilizer nitrogen by barley. The total of coefficients of nitrogen utilization determined by isotopic technique amounted for 3 years to 38.9—40.0%. The yielding capacity and the uptake of nitrogen by barley on more intensively cultivated soils increased due to higher utilization of soil nitrogen. Additional assimilation of soil nitrogen by plants under application of nitrogenous fertilizers on better fertilizer background (NPK+manure) increased by 19—21%, and it was 2—3 times higher in the soils under crop rotation than in the soils under continuous barley crop. Coefficients of utilization of nitrogen by plants determined by difference from control ranged from 49 to 114%.