

БАЛАНС МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УДОБРЕНИЙ И РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ

В.М. Назарюк, д.б.н., Ф.Р. Калимуллина, к.б.н., Институт почвоведения и агрохимии СО РАН

Установлено, что баланс питательных элементов в длительном полевом севообороте на серой лесной почве при внесении удобрений в оптимальной дозе $N_{60}P_{40}K_{60}$ и запаривании растительных остатков становится менее отрицательным, что приводит к улучшению пищевого режима и повышению урожайности зерновых культур в 1,5-2,0 раза. Заделка в почву растительных остатков без удобрений малоэффективна.

Ключевые слова: минеральные удобрения, растительные остатки, баланс элементов питания, уровень компенсации.

Применение минеральных удобрений и запаривание растительных остатков в краткосрочных опытах не всегда позволяет выявить изменения в почвенном плодородии, что особенно важно знать для оценки гумусового состояния, фонда валовых и доступных форм азота, фосфора и калия. Установлено, что рациональное использование удобрений позволяет существенно повысить плодородие почвы и урожайность культур, не нарушая экологического равновесия в агроэкосистемах [3, 4]. В рыночных условиях при высокой стоимости минеральных удобрений значительно сложнее, а подчас и вообще невозможно добиться выгодных результатов. В такой ситуации необходимо полнее мобилизовать почвенные ресурсы, обеспечить высокую отдачу от вносимых удобрений и растительных остатков, что лучше всего достигается в длительных экспериментах. Однако подобных исследований в Западной Сибири пока недостаточно.

Цель наших исследований – выявить возможности регулирования баланса питательных элементов в почве с помощью применения минеральных удобрений и запаривания растительных остатков.

Методика. Опыты проводили в микрополевым зерновом севообороте с чередованием культур: ячмень (сорт Ача) – овес (сорт Ровесник) – пшеница (сорт Новосибирская 32). Учетная площадь делянки 1 м².

Почва опытного участка – серая лесная среднесуглинистая с содержанием: гумуса (по Тюрину) – 4 %, общего азота (по Кьельдалю) – 0,13 %, нитратного азота 4-10 мг/кг, подвижного фосфора (по Чирикову) – 15-20 и обменного калия (по Масловой) – 8-14 мг/100 г, рН водной вытяжки 7,2. Потребность зерновых культур в питательных элементах рассчитывали на основе эффективных доз минеральных удобрений, установленных в полевых опытах [1, 5]. Для поддержания гумуса в почве использовали пожнивно-корневые остатки + солома злаков, которые измельчали после уборки и заделывали в пахотный слой. В растениях определяли содержание азота по Кьельдалю, фосфора – колориметрически на КФК-3, калия – на атомно-абсорбционном спектрофотометре. Микробный азот в почве устанавливали методом экстракции-фумигации.

Результаты и их обсуждение. Исследования показали, что под влиянием минеральных удобрений и растительных остатков существенно повысилось содержание микробного азота, но их применение практически не сказалось на величине нитратного (табл. 1), поскольку его количество отражает лишь текущее состояние азотного режима почв. Установлено [2], что нитратная форма азота в условиях Западной Сибири наиболее доступна для растений, ионы NO_3^- могут непрерывно потребляться в течение всего периода вегетации и это сказывается на распределении нитратов в почвенном профиле. Отмечались ситуации, когда нитраты практически полностью

усваивались растениями из пахотного слоя. Содержание доступных соединений фосфора и калия в почве при систематическом внесении удобрений и заделке растительных остатков значительно возрастало, что благоприятно отразилось на росте и развитии растений.

Урожайность зерновых культур зависела, прежде всего, от условий вегетационного периода, уровня минерального питания и биологических особенностей культуры (табл. 2). Заделка в почву растительных остатков без удобрений мало сказывается на урожайности культур. Невысокий результат получают от использования соломы на фоне $N_{30}P_{20}K_{30}$ и только при внесении дозы $N_{60}P_{40}K_{60}$ отмечается самая высокая от неё отдача. Дальнейшее увеличение дозы удобрений не дает пропорционального эффекта от растительных остатков.

Содержание азота и фосфора преобладает в зерне, особенно пшеницы и ячменя, а калия – в вегетативной массе культур. С увеличением уровня минерального питания возрастают процессы аккумуляции питательных элементов во всех органах растений и достигают максимума в варианте $N_{90}P_{60}K_{90}$. Заделка в почву соломы без удобрений приводит к незначительному повышению содержания макроэлементов в зерне и вегетативной массе растений, что связано с некоторым увеличением урожайности зерновых культур и соответствующим разбавлением азота, фосфора и калия в синтезированной биомассе.

1. Содержание питательных элементов в почве при внесении минеральных удобрений и растительных остатков

Вариант опыта	N- микробный		N-NO ₃		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	мг/кг				мг/100 г			
	1998	2002	1998	2004	1998	2004	1998	2004
Без удоб- рений	64,0	8,2	4,4	7,9	21,6	14,5	10,6	7,6
Заделка соломы		16,5		8,9		16,7		10,0
N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀	64,0	16,3	4,2	7,6	20,6	20,2	11,4	9,1
N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀ + солома		26,8		7,8		19,9		12,2
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	64,0	He опр.	4,2	8,4	19,6	22,1	10,0	10,9
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + солома		-		8,7		22,2		14,1
HCPO ₅	-	3,6	0,3	0,6	2,1	1,7	0,5	0,6

2. Влияние удобрений и растительных остатков на урожайность зерновых культур, ц/га

Вариант опыта	Пшеница	Ячмень	Овес	Всего за 12 лет
	в среднем за 4 ротации севооборота			
Без удобрений	11,9	28,2	44,8	28,3
Заделка соломы	11,6	28,9	46,7	29,1
N ₃₀ P ₂₀ K ₃₀	18,2	48,3	57,8	41,4
N ₃₀ P ₂₀ K ₃₀ + солома	20,0	42,9	58,0	40,3
N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀	20,8	53,1	61,2	45,0
N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀ + солома	23,3	55,5	65,8	48,2
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	21,9	60,1	71,4	51,1
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + солома	22,8	60,7	74,8	52,8

Вынос питательных элементов во многом обусловлен погодными условиями, биологическими особенностями культу-

ры и уровнем минерального питания растений. В контрольном варианте и при заделке в почву растительных остатков вынос макроэлементов был минимальным, а при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{60}K_{90}$ на фоне соломы – максимальным. Среди культур повышенным выносом питательных элементов отличаются ячмень и овес, что связано, прежде всего, с высокой продуктивностью растений.

Изучение баланса макроэлементов в почве показало, что в вариантах без удобрений и с запахиванием растительных остатков он был отрицательным (табл. 3).

Внесение удобрений в дозе $N_{90}P_{60}K_{90}$ при полном отчуждении надземной биомассы за 4 ротации зернового севооборота привело к бездефицитному балансу фосфора и отрицательному азота и калия в почве. При снижении дозы удобрений в 1,5 и особенно в 3 раза он складывался по всем элементам отрицательным. Заделка растительных остатков в почву в сочетании с минеральными удобрениями способствовала созданию бездефицитного баланса питательных элементов в почве. При внесении $N_{30}P_{20}K_{30}$ баланс был положительным лишь по калию, при дозе $N_{60}P_{40}K_{60}$ – аналогичным уже по фосфору и калию, а при максимальной дозе $N_{90}P_{60}K_{90}$ положительным по всем элементам питания. В последнем варианте складывался самый высокий уровень компенсации питательных элементов – от 108 до 140 %. Снижение дозы удобрений в 1,5 и особенно в 3 раза приводило к еще более заметному уменьшению уровня компенсации фосфора, калия и особенно азота. Оказалось, что при компенсационном уровне в 60-80 % можно довольно длительное время получать высокие урожаи, не опасаясь резкого ухудшения почвенного плодородия. Допустимый уровень компенсации в 30-40 % может быть при возделывании зерновых культур кратковременным для азота и фосфора, а в отношении калия сохраняться довольно длительное время.

3. Баланс питательных элементов в зерновом севообороте (1998-2009 гг.)

Вариант опыта	Баланс, кг/га			Уровень компенсации, %		
	N	P	K	N	P	K
Без удобрений	- 856	- 489	- 1872	0	0	0
Заделка соломы	- 493	- 269	- 163	30	30	89

BALANCE OF MACRONUTRIENTS IN GRAY FOREST SOIL UNDER LONG-TERM USE OF FERTILIZERS AND CROP RESIDUES

V.M. Nazaryuk, F.R. Kalimullina

Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, ul. Sovetskaya 18, Novosibirsk-99, 630099 Russia, E-mail: soil@issa.nsc.ru

Balance of nutrients in a long-term field crop rotation on gray forest soil becomes less negative at the application of fertilizers at an optimum rate of $N_{60}P_{40}K_{60}$ and the burial of crop residues. This improves the nutritional regime and increases the yield of grain crops by 1.5–2 times. The placement of plant residues in the soil without fertilizers is inefficient.

Keywords: mineral fertilizers, plant residues, balance of nutrients, level of compensation.

$N_{30}P_{20}K_{30}$	- 820	- 349	- 1884	44	41	16
$N_{30}P_{20}K_{30}$ + солома	- 300	- 108	+ 166	67	77	109
$N_{60}P_{40}K_{60}$	- 586	- 138	- 2014	55	78	26
$N_{60}P_{40}K_{60}$ + солома	- 137	+ 93	+ 480	89	117	120
$N_{90}P_{60}K_{90}$	- 508	+ 11	- 2274	68	102	32
$N_{90}P_{60}K_{90}$ + солома	+ 113	+ 261	+ 636	108	140	126

Таким образом, систематическое применение минеральных удобрений в диапазоне экономически оправданного поддержания плодородия на серых лесных почвах приводит к повышению урожайности зерновых культур в различных гидро-термических условиях. Самая высокая отдача от минеральных удобрений проявляется при использовании минимальной дозы $N_{30}P_{20}K_{30}$ и меньше всего от максимальной – $N_{90}P_{60}K_{90}$. Заделка в почву растительных остатков с большим соотношением C : N малоэффективна при их использовании в чистом виде и с внесением минимальной дозы минеральных удобрений. Баланс питательных веществ складывается положительным при дозе $N_{90}P_{60}K_{90}$, уровень компенсации выноса макроэлементов надземной биомассой зерновых культур в оптимальном варианте ($N_{60}P_{40}K_{60}$) неодинаков и составляет для азота около 90 %, фосфора и калия – 120 %. В максимально удобренном варианте ($N_{90}P_{60}K_{90}$) сложившийся уровень компенсации позволяет уменьшить дозу фосфора и калия примерно на 20 кг/га, не опасаясь существенного снижения почвенного плодородия.

Литература

1. Гамзиков Г.П., Ильин В.Б., Назарюк В.М. и др. Агрохимические свойства почв и эффективность удобрений. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. – 252 с.
2. Кочергин А.Е. Эффективность удобрений на черноземах Западной Сибири // Агрохимическая характеристика почв СССР. Районы Западной Сибири. – М.: Наука, 1968. – С. 316 – 336.
3. Назарюк В.М. Почвенно-экологические основы оптимизации питания растений. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. – 364 с.
4. Никитишин В.И. Эколого-агрохимические основы сбалансированного применения удобрений в адаптивном земледелии. – М.: Наука, 2003. – 183 с.
5. Синягин И.И., Кузнецов Н.Я. Применение удобрений в Сибири. – М.: Колос, 1979. – 373 с.