

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СОИ

А.Х. Шеуджен, чл.-корр. РАСХН, Л.М. Онищенко, к.с.-х.н., Ю.А. Исупова, Кубанский ГАУ

В условиях стационарного опыта на черноземе выщелоченном изучено влияние длительного применения минеральных удобрений на физико-химические и агрохимические свойства почвы. За время опыта на варианте без удобрений кислотность почвы увеличилась. Минеральные удобрения оказывали дополнительное подкисляющее действие на почву. Их внесение не обеспечило воспроизводство гумуса в почве, но повысило содержание в ней питательных веществ, урожайность и качество зерна сои.

Ключевые слова: плодородие, динамика, гумус, чернозем, минеральные удобрения, урожайность, качество, соя.

Известно, что наиболее объективную информацию об эффективности удобрений обеспечивают исследования в многолетних стационарных опытах. Они позволяют оценить не только их прямое действие, но и последствие. Влияние длительного применения минеральных удобрений на агрохимические свойства черноземов изучено недостаточно, а имеющиеся данные противоречивы [2, 3]. Трансформация агрохимических свойств различных почв под влиянием удобрений неодинакова и зависит от вида и количества применяемых удобрений [4, 5].

Цель исследований – изучить влияние длительного применения минеральных удобрений на физико-химические и агрохимические свойства чернозема выщелоченного, урожайность и качество зерна сои.

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

изучить динамику содержания минерального азота, подвижного фосфора и обменного калия в черноземе выщелоченном в зависимости от доз минеральных удобрений;

выявить влияние длительного применения минеральных удобрений на содержание гумуса, изменения pH солевой, гидролитической кислотности, суммы поглощенных оснований, емкости катионного обмена и степени насыщенности основаниями;

изучить влияние различных доз минеральных удобрений на урожайность и качество зерна сои.

Методика. Исследования проводили в учхозе «Кубань» в длительном (2000-2010 гг.) стационарном опыте кафедры агрохимии Кубанского ГАУ, который входит в систему Географической сети опытов с удобрениями. Опыт был включен в «Реестр аттестатов длительных опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами Российской Федерации». Опытный участок расположен в южной части Азово-Кубанской низменности Западного Предкавказья и относится к третьей агроклиматической зоне, характеризующейся умеренно увлажненным климатом с коэффициентом увлажнения 0,30-0,40 и суммой эффективных температур 3400-3800°C.

Схема опыта включает 16 вариантов и представляет собой специальную выборку ¼ части из полной схемы 4×4×4, образованной тремя элементами: азотом, фосфором, калием, с использованием четырех градаций (0, 1, 2 и 3) доз. Единичные, двойные и тройные дозы составляли: под сою – N₂₀P₄₀K₂₀, N₄₀P₈₀K₄₀ и N₆₀P₁₂₀K₆₀, озимую пшеницу и ячмень – N₄₀P₃₀K₂₀, N₈₀P₆₀K₄₀ и N₁₂₀P₉₀K₆₀, подсолнечник – N₂₀P₃₀K₂₀, N₄₀P₆₀K₄₀ и N₆₀P₉₀K₆₀, кукурузу – N₃₀P₃₀K₂₀, N₆₀P₆₀K₄₀ и N₉₀P₉₀K₆₀, люцерну – N₄₀P₈₀K₄₀, N₈₀P₁₆₀K₈₀ и N₁₂₀P₂₄₀K₁₂₀, сахарную свеклу – N₄₀P₄₀K₄₀, N₈₀P₈₀K₈₀ и N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ соответственно. За одну ротацию 11-польного полевого севооборота (2000-2010 гг.) было внесено всего на вариантах: с единич-

ными дозами N₃₉₀P₃₇₀K₂₇₀, двойными – N₇₈₀P₇₄₀K₅₄₀, тройными – N₁₁₇₀P₁₁₁₀K₈₁₀.

Почва – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках.

Все аналитические работы выполняли согласно общепринятым методикам: аммонийный азот определяли фотоколориметрическим методом в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26489), нитратный азот – по Грандваль-Ляжу, подвижные соединения фосфора и калия – по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204), гумус – по Тюрину, pH солевой вытяжки – по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483), гидролитическую кислотность – по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212), сумму поглощенных оснований – по Каппену-Гильковицу.

Уборку урожая проводили прямым комбайнированием (комбайн Сампо - 500). Зерно с каждой делянки взвешивали. Урожайность пересчитывали на 100%-ную чистоту и стандартную влажность. В зерне определяли содержание общего азота и рассчитывали белок как произведение содержания азота на коэффициент 6,25. Масличность семян сои определяли экспрессным методом на анализаторе АМВ-1006 М.

Результаты исследований и их обсуждение. В формировании плодородия почвы важная роль принадлежит гумусу, который во многом определяет агрохимические свойства почв. При оценке гумусного состояния чернозема выщелоченного весьма важно изучить многолетнюю динамику его содержания. Максимальное содержание гумуса – 3,48 % было отмечено в 2000 г. на варианте с тройными дозами минеральных удобрений, что превосходило контроль на 0,16 % (рис. 1).

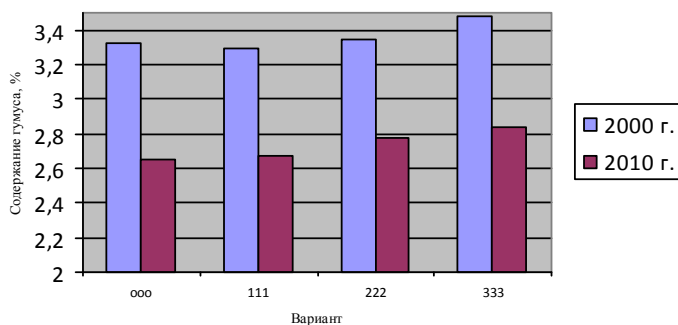


Рис. 1. Динамика содержания гумуса в 0-20 см слое почвы

За 10-летний период без внесения минеральных удобрений содержание гумуса в почве достоверно снизилось с 3,32 до 2,65 %, разница составила 0,67 %. Внесение минеральных удобрений под культуры севооборота в одинарных, двойных и тройных дозах не способствовало сохранению и, тем более, воспроизводству гумуса. Его содержание в почве уменьшилось при применении одинарных доз на 0,62 %, двойных – 0,56 и тройных – на 0,64 %.

Таким образом, экспериментально установлено, что внесение одних минеральных удобрений, даже в очень высоких дозах, не обеспечивает сохранение исходного содержания гумуса в черноземе выщелоченном. Очевидно, в этих условиях корневые и пожнивные остатки полевых культур в севообороте не компенсируют минерализацию гумуса в почве.

В целях совершенствования системы удобрения культур важно изучить вопрос о влиянии длительного применения

минеральных удобрений на физико-химические свойства почвы: pH солевой, гидролитическая кислотность, сумма поглощенных оснований, емкость катионного обмена, степень насыщенности почвенного поглощающего комплекса основаниями. Внесение минеральных удобрений в различных дозах – 111, 222 и 333 кг д.в./га под культуры полевого севооборота привело к увеличению обменной кислотности. При длительном их применении снижалась величина $pH_{\text{сол.}}$ на всех вариантах в среднем с 6,5 до 5,4 (рис.2). В 2000 г. внесение одинарных, двойных и тройных доз способствовало достоверному снижению $pH_{\text{сол.}}$ – до 6,47. Спустя 10 лет наблюдается дальнейшее уменьшение этого показателя. Обменная кислотность повысилась на 0,12 единиц pH при тройной дозе удобрений под культуры севооборота по отношению к контролю. Следовательно, обменная кислотность возрастает с увеличением доз вносимых удобрений.

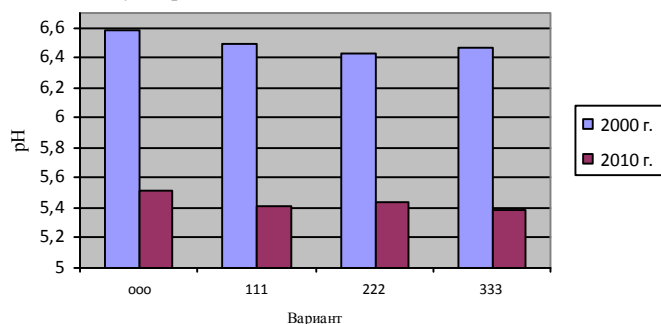


Рис. 2. Динамика pH солевой в 0-20 см слое почвы

Длительное внесение минеральных удобрений привело к существенному изменению кислотности чернозема выщелоченного и суммы поглощенных оснований. Гидролитическая кислотность почвы в 2000 г. от вносимых удобрений достоверно не изменилась. Подкисление почвы в начале исследований от применения минеральных удобрений связано с тем, что она изначально имела низкую кислотность, которая чем ниже, тем выше буферность почвы и тем больше она противостояла подкисляющему действию удобрений.

В 2010 г. гидролитическая кислотность повысилась и прямо пропорционально зависела от доз вносимых удобрений. На контроле она составила 1,95 мг-экв/100 г почвы. Одинарные, двойные и тройные дозы полного минерального удобрения повышали ее, соответственно, на 6; 13 и 23 % (рис. 3).

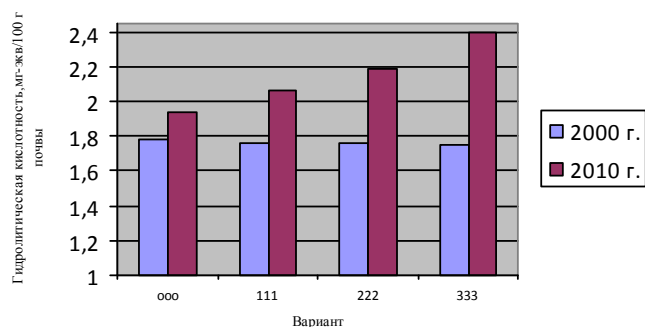


Рис.3. Динамика гидролитической кислотности в 0-20 см слое почвы

Увеличение кислотности почвы негативно отразилось на показателях ее поглощающего комплекса (табл. 1). Сумма поглощенных оснований чернозема выщелоченного за изучаемый период снизилась на всех, кроме контрольного, вариантах. Если в 2000 г. этот показатель составлял 38,67 мг-экв/100 г, то при внесении в течение 10 лет тройных доз удобрений он уменьшился на 10 мг-экв/100 г. Причем, темп снижения суммы поглощенных оснований во времени возрастал и был пропорционален количеству вносимых удобрений.

Уменьшение суммы поглощенных оснований повлекло за собой снижение емкости катионного обмена. В начале исследований (2000 г.) этот показатель составлял 40,4 мг-экв/100 г почвы,

спустя 10 лет – 39,74 на контроле, а при внесении удобрений еще меньше – 35,6-31,0 мг-экв/100 г почвы в зависимости от их дозы. На вариантах с внесением удобрений степень насыщенности почвы основаниями на одинарных дозах снижается с 95,48 до 94,3 %, двойных с 95,73 до 94,0, тройных – с 95,48 до 93,4 %.

1. Сумма поглощенных оснований, емкость катионного обмена и степень насыщенности основаниями чернозема выщелоченного при длительном применении минеральных удобрений

Доза удобрений, кг д.в./га	S _{по}		Т		V, %	
	мг-экв/100 г					
	2000 г.	2010 г.	2000 г.	2010 г.	2000 г.	2010 г.
000	38,67	37,8	40,4	39,74	95,62	95,0
111	37,33	33,6	39,1	35,66	95,48	94,3
222	37,43	33,6	39,2	35,79	95,73	94,0
333	31,17	28,6	32,9	31,00	95,48	93,4
НСР ₀₅	0,8	0,9				

Известно, что процессы количественного и качественного изменения гумуса, кислотности, суммы поглощенных оснований, емкости катионного обмена, степени насыщенности основаниями и ряда других агрохимических показателей почвы взаимосвязаны. В нашем случае внесение минеральных удобрений способствовало увеличению кислотности почвы и уменьшению содержания в ней гумуса.

2. Содержание в почве минеральных форм азота, подвижных соединений фосфора и калия при длительном применении минеральных удобрений, мг/100 г

Доза удобрений, кг д.в./га	(N-NH ₄ +N-NO ₃)	P ₂ O ₅	K ₂ O
2000 г.			
0	5,3	8,28	13,21
111	8,3	10,07	14,56
222	8,9	12,85	15,25
333	10,2	13,35	16,74
2010 г.			
0	13,8	9,85	12,01
111	16,5	12,69	14,83
222	18,2	14,25	15,94
333	19,4	15,25	18,70

Систематическое внесение минеральных удобрений на протяжении длительного времени привело к увеличению содержания питательных веществ в почве, степень которого определялось дозами вносимых удобрений (табл. 2). Так, в 2010 г. на контроле содержание минерального азота в 0-40 см слое почвы составляло 13,8 мг/100 г, а в вариантах с двойной и тройной дозами оно было больше на 4,4 и 5,6 мг/100 г почвы соответственно.

На всех вариантах опыта содержание подвижного фосфора в почве было выше, чем на контроле, но наибольшее его количество (15,25 мг/100 г почвы) отмечено в варианте с тройной дозой.

Несмотря на высокое валовое содержание, калий в почвах находится, главным образом, в недоступной для растений форме, хотя в целом во всех почвах доступного калия больше, чем азота и фосфора. Валовое количество калия в пахотном слое черноземов Кубани составляет около 2 %. Основным фондом, из которого растения потребляют этот элемент, являются его водорастворимые и обменные формы. После длительного применения удобрений увеличение содержания обменного калия в почве отмечено в вариантах с внесением двойных и тройных доз удобрений.

Таким образом, на черноземе выщелоченном длительное применение минеральных удобрений оказывает существенное положительное влияние на содержание в растениях элементов питания.

Степень влияния минеральных удобрений на урожайность сои в 2010 г. была различной и зависела от их количества. Низкие дозы (N₂₀P₄₀K₂₀) увеличивали урожайность на 1,72 ц/га, средние (N₄₀P₈₀K₄₀) – на 3,37 и повышенные (N₆₀P₁₂₀K₆₀) – на 2,41 ц/га. Удобрения способствовали не только увеличению урожайности, но и повышению качества зерна сои. Наибольшее количество белка в зерне сои (37,5 %) было в варианте N₆₀P₁₂₀K₆₀, что на 11,3 % выше, чем на контроле. Содержание масла в зерне сои существенно не зависело от

доз удобрений. Сбор белка и масла максимальный в варианте $N_{40}P_{80}K_{40}$ и составляет, соответственно, 456,0 и 259,0 кг/га.

3. Урожайность и качество зерна сои при внесении минеральных удобрений

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Содержание белка, %	Сбор белка, кг/га	Масличность, %	Сбор масла, кг/га
<i>2000 г.</i>					
$N_0P_0K_0$	15,1	34,7	447,6	20,8	268,3
$N_{20}P_{40}K_{20}$	19,4	38,4	627,5	21,0	343,2
$N_{40}P_{80}K_{40}$	22,8	39,4	745,7	21,2	401,2
$N_{60}P_{120}K_{60}$	23,3	41,1	813,1	21,4	423,3
HCP ₀₅	2,0	4,2		1,5	
<i>2010 г.</i>					
$N_0P_0K_0$	10,77	33,7	290,0	21,9	188,4
$N_{20}P_{40}K_{20}$	12,49	34,25	353,6	21,6	223,0
$N_{40}P_{80}K_{40}$	14,14	37,5	456,0	21,3	256,0
$N_{60}P_{120}K_{60}$	13,18	36,8	419,3	21,45	239,8
HCP ₀₅	3,25	3,0		1,3	

В 2010 г. погодные условия были менее благоприятными для произрастания сои, чем в 2000 г. Осадков за период вегетации культуры выпало значительно меньше годовой нормы. Все это обусловило разницу в урожайности этих годов.

Выводы. 1. Минеральная система удобрения полевых культур не способствует сохранению и тем более воспроизводству гумуса, содержание которого является индикатором длительного антропогенного воздействия на почву. Полученные экспериментальные данные показывают, что при такой интенсивности использования почвы через 50 лет содержание гумуса снизится на 1,5 % в соответствии с системой показателей, предложенной Л.А. Гришиной и Д.С. Орловым [1]. Это приведет к тому, что

EFFECT OF THE LONG-TERM APPLICATION OF FERTILIZERS ON THE PHYSICOCHEMICAL AND AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOIL AND THE YIELD AND QUALITY OF SOYBEAN

A.Kh. Sheudzhen, L.M. Onishchenko, Yu.A. Isupova *Kuban State Agrarian University, ul. Kalinina 13, Krasnodar, 350044 Russia*
E-mail: Kubagrohim@mail.ru, Kyala-749@yandex.ru

The effect of the long-term (2000–2010) application of mineral fertilizers on the physicochemical and agrochemical properties of soil has been studied in a stationary experiment on leached chernozem. During the experiment, the acidity of soil in the non-fertilized treatment has increased. Mineral fertilizers had an additional acidifying effect on the soil. Their introduction did not ensure the reproduction of humus in the soil, but it increased the content of nutrients and the yield of soybean and improved the grain quality.

Keywords: fertility, dynamics, humus, chernozem, mineral fertilizers, yield, quality, soybean.

почва опытного участка, оцениваемая в настоящее время как малогумусная, перейдет в разряд с очень низким содержанием гумуса.

2. За 10 лет опыта на делянках без удобрений изменились физико-химические свойства чернозема выщелоченного: заметно увеличилась кислотность почвы (рН солевая снизилась), повысилась обменная и гидролитическая кислотность, уменьшились сумма поглощенных оснований, емкость катионного обмена и степень насыщенности почвы основаниями. Минеральные удобрения оказали дополнительное подкисляющее действие на почву, тем большее, чем выше доза удобрений.

3. При длительном, систематическом применении минеральных удобрений пахотный (0–20 см) слой почвы обогащается минеральными формами азота, подвижными соединениями фосфора и калия. С увеличением дозы удобрений содержание их в почве закономерно повышается.

4. Внесение удобрений из расчета $N_{40}P_{80}K_{40}$ обусловило увеличение урожайности сои на 31,2 % и содержания белка в зерне на 3,8 %.

Литература

1. Гришина Л.А., Орлов Д.С. Система показателей гумусного состояния почв // Проблемы почвоведения. – М., 1978. – С. 42–47.
2. Муха В.Д., Лазарев В.И. Изменение физико-химических свойств чернозема типичного при его длительном сельскохозяйственном использовании // Агрохимия. – 2003. – № 1. С. 5–7.
3. Филон И.И. Влияние длительного применения удобрений и орошения на физико-химические свойства черноземов типичных различного гранулометрического состава // Агрохимия. – 1997. – № 12. С. 12–16.
4. Шеуджен А.Х., Нецадим Н.Н., Онищенко Л.М. Органическое вещество почвы и его экологические функции. – Краснодар: Куб.ГАУ, 2011. – 202 с.
5. Шеуджен А.Х., Нецадим Н.Н., Онищенко Л.М. Система удобрения. – Краснодар: Куб.ГАУ, 2009. – 206 с.