

ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-СЛАБОПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ОПЫТНОГО ПОЛЯ ВИУА СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

И. В. Румянцева, Т. А. Девятова

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 14.02.2010 г.

Аннотация. Исследования, проведенные на основе 30-летнего многофакторного опыта, позволили выявить тенденцию динамики агрохимических свойств дерново-слабоподзолистой почвы опытного участка под влиянием широкого диапазона доз и сочетаний органических и минеральных удобрений. Применение органо-минеральной системы удобрений в ежегодных дозах NPK 81 кг.д.в./га + навоз 9,9 т/га позволило стабилизировать калийный и фосфорный режим, улучшить гумусовое состояние и обеспечить среднегодовую продуктивность культур севооборота на уровне 3,24 т к.е./га, что выше на 54,3% по отношению к контролю и на 12,8% эффективней варианта с органической системой удобрений. Внесение извести в расчете 5,21 т/га за ротацию севооборота позволит повысить плодородие почв и эффективность удобрительных средств.

Ключевые слова: агрохимические свойства, система применения удобрений, органические и минеральные удобрения, продуктивность культур, ротация.

Abstract. The researches executed on the basis of 30-year-old multifactorial experience, have allowed to reveal the tendency of dynamics of agrochemical properties of the dernovo-podsolic cultivated soil of a skilled site under the influence of a wide range of doses and combinations of organic and mineral fertilizers. Application of organo-mineral system of fertilizers in annual doses NPK of 81 kg.d.v./hectares + manure of 9,9 t/hectares has allowed to stabilise a potash and phosphoric mode, to optimise balance of organic substance and to provide mid-annual efficiency of cultures of a crop rotation at level 3,24 т к.е./hectares, that above on 54,3% in relation to the control and on 12,8% is more effective than a variant with organic system. Entering to exhaust in calculation of 5,21 t/hectares for crop rotation rotation will allow to improve fertility of soils and efficiency of fertilizers.

Keywords: agrochemical properties, system of application of fertilizers, organic and mineral fertilizers, efficiency of cultures, rotation.

ВВЕДЕНИЕ

Экспериментальные данные в области применения различных видов удобрений и их сочетаний в системе севооборотов получены в своем большинстве в маловариантных опытах. Исследования, проведенные в рамках длительных полевых опытов, имеют большое значение с научной и практической точки зрения, позволяют установить оптимальные формы, дозы и сочетания минеральных и органических удобрений, в результате чего оптимизируются агрохимические и физико-химические свойства почв, усиливается микробиологическая активность, что в конечном итоге определяет плодородие, урожайность и качество возделываемых сельскохозяйственных культур [2, 4, 5].

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Исследования выполнены в рамках полевого стационарного опыта, заложенного в 1978 г. сотрудниками ВИУА в пос. Ольша Смоленской области. Закладку и проведение опыта выполняли в соответствии с Программой и методикой исследований в Географической сети опытов по комплексному применению средств химизации в земледелии [6].

Перед закладкой опыта почва характеризовалась следующими агрохимическими показателями: рН 5,5—6,4, содержание гумуса 2,47—2,85%, подвижного фосфора и калия 11,0—20,9 мг/100 гр. почвы и 11,5—14,6 мг/100 гр. почвы.

Схема опыта включает изучение 4 факторов: азотные, фосфорные, калийные удобрения и подстильный навоз в 6 грациях (контроль (без удобрений), 1—5 — кратные единичные дозы), составляющие 48 вариантов. Опыт проводится в

Схема опыта

Название варианта	Название варианта	Название варианта	Название варианта	Название варианта	Название варианта
$N_0P_0K_0H_0$	$N_0P_0K_0H_{9,9}$	$N_{27}P_{27}K_{27}H_{3,3}$	$N_{27}P_{27}K_{27}H_{13,2}$	$N_{54}P_{54}K_{54}H_{6,6}$	$N_{54}P_{54}K_{54}H_{16,5}$
$N_0P_0K_{81}H_0$	$N_0P_0K_{81}H_{9,9}$	$N_{27}P_{27}K_{108}H_{3,3}$	$N_{27}P_{27}K_{108}H_{13,2}$	$N_{54}P_{54}K_{135}H_{6,6}$	$N_{54}P_{54}K_{135}H_{16,5}$
$N_0P_{81}K_0H_0$	$N_0P_{81}K_0H_{9,9}$	$N_{27}P_{108}K_{27}H_{3,3}$	$N_{27}P_{108}K_{27}H_{13,2}$	$N_{54}P_{135}K_{54}H_{6,6}$	$N_{54}P_{135}K_{54}H_{16,5}$
$N_0P_{81}K_{81}H_0$	$N_0P_{81}K_{81}H_{9,9}$	$N_{27}P_{108}K_{108}H_{3,3}$	$N_{27}P_{108}K_{108}H_{13,2}$	$N_{54}P_{135}K_{135}H_{6,6}$	$N_{54}P_{135}K_{135}H_{16,5}$
$N_{81}P_0K_0H_0$	$N_{81}P_0K_0H_{9,9}$	$N_{108}P_{27}K_{27}H_{3,3}$	$N_{108}P_{27}K_{27}H_{13,2}$	$N_{135}P_{54}K_{54}H_{6,6}$	$N_{135}P_{54}K_{54}H_{16,5}$
$N_{81}P_0K_{81}H_0$	$N_{81}P_0K_{81}H_{9,9}$	$N_{108}P_{27}K_{108}H_{3,3}$	$N_{108}P_{27}K_{108}H_{13,2}$	$N_{135}P_{54}K_{135}H_{6,6}$	$N_{135}P_{54}K_{135}H_{16,5}$
$N_{81}P_{81}K_0H_0$	$N_{81}P_{81}K_0H_{9,9}$	$N_{108}P_{108}K_{27}H_{3,3}$	$N_{108}P_{108}K_{27}H_{13,2}$	$N_{135}P_{135}K_{54}H_{6,6}$	$N_{135}P_{135}K_{54}H_{16,5}$
$N_{81}P_{81}K_{81}H_0$	$N_{81}P_{81}K_{81}H_{9,9}$	$N_{108}P_{108}K_{108}H_{3,3}$	$N_{108}P_{108}K_{108}H_{13,2}$	$N_{135}P_{135}K_{135}H_{6,6}$	$N_{135}P_{135}K_{135}H_{16,5}$

трехкратной повторности. Общая площадь под опытом 10,5 га, площадь делянки 112 м² (16*7), учетная площадь — 48 м² (12*4) (табл. 1). Перед 1-ой (1979—1989 гг.) и второй (1990—1995 гг.) ротациями зернобобово-пропашного севооборота было проведено известкование почвы по полной гидролитической кислотности. Чередование культур в 1 ротации (1979—1989 гг.) — картофель, ячмень, озимая рожь, овес, овсяно-гороховая смесь, озимая пшеница, ячмень, многолетние травы 1-го и 2-го года использования, озимая рожь, овес; во 2 ротации (1990—1995 гг.) — картофель, ячмень, многолетние травы 1-го и 2-го года использования, озимая пшеница, овес; в 3 ротации чередование культур аналогично. За 30 лет исследований установлено, что с 1 дозой минеральных удобрений за ротацию севооборота в почву поступило азота, фосфора и калия по 620 кг/га, с 1 дозой навоза 75 т/га — 13,3 тн. органического вещества, 345 кг азота, 158 кг фосфора и 95 кг калия. Четвертая ротация характеризовалась следующим чередованием культур — однолетние травы (овес сорта «Скакун» на зеленый корм), озимая рожь «Восход», ячмень «Гонор», многолетние травы первого и второго годов пользования, яровая пшеница «Мисс», овес «Скакун». Единичные дозы удобрений в четвертой ротации составляли: под ячмень, овес и яровую пшеницу по 30 кг д.в./га, под озимую рожь — по 45 кг д.в./га азотных, фосфорных и калийных удобрений. Под озимую рожь осенью вносили подстилочный навоз крупного рогатого скота с единичной дозой 20 т/га. Многолетние травы и овес на зеленый корм возделывали без

применения удобрений. Единичные ежегодные дозы азота, фосфора и калия за весь период исследования — по 27 кг д.в./га и навоза — 3,3 т/га.

Содержание гумуса определяли по методу Тюрина (ГОСТ 26213-91), щелочно-гидролизующий азот по методу Корнфилда, подвижный фосфор и обменный калий в вытяжке Кирсанова, обменную кислотность в 1,0 н КСl вытяжке потенциметрически (ГОСТ 26483-85), гидролитическую кислотность по Каппену, сумму поглощенных оснований комплексометрическим методом [1].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Фоновая дерново-слабоподзолистая супенчаная почва опытного участка имеет достаточно благоприятные физико-химические и агрохимические свойства и характеризуется содержанием гумуса до 3%, повышенным содержанием подвижных форм фосфора, повышенным и средним содержанием подвижного калия и повышенным содержанием подвижных форм азота. Сумма поглощенных оснований колеблется от 2,99 мг-экв/100 гр. почвы в слое 0—10 до 8,81 мг-экв/100 гр. почвы за пределами 100-метровой толщи. В ППК кальций 1,8—7,7 мг-экв/100 гр. почвы преобладает над магнием 0,47—1,19 мг-экв/100 гр. почвы. Гидролитическая кислотность составляет 2,27 мг-экв/100 гр. в верхнем горизонте мощностью 0—10 см. В средней части профиля этот показатель увеличивается до 4,37 и в нижней части профиля равен 0,87 мг-экв/100 гр. почвы. Степень насыщенности основаниями колеблется в пределах 54,6—91,01%. Реакция почвенной среды в верхней (5,50—4,43) и

нижней части профиля (4,71—6,07) слабокислая и кислая, в средней части сильнокислая (3,96—3,97) (табл. 2).

Изучение действия удобрений в широком диапазоне доз и их сочетаний на агрохимические свойства дерново-слабоподзолистой почвы за четыре ротации зеротравапропашного севооборота

и продуктивность выращиваемых культур проводилось посредством статистической обработки результатов агрохимических анализов, полученных за 23 года проведения опыта [3] и данных, полученных за 2009 г.

Полученная динамика наиболее четко прослеживается в контрастных вариантах (табл. 3, 4).

Таблица 2

Физико-химические и агрохимические свойства дерново-слабоподзолистой почвы

Глубина взятия образца, см	pH _{KCl}	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Hг	V, %	N _{шел-гид.}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус, %
		мг-экв/100 гр. почвы					мг/100 гр. почвы			
0—10	5,50	1,8	1,19	2,99	2,27	56,8	10,5	18,6	12	2,40
20—30	4,43	3,5	0,83	4,33	2,62	62,3	3,36	16,9	9,5	1,20
40—50	3,96	4,8	0,47	5,27	4,37	54,6	2,52	13,2	9,0	0,96
60—70	3,97	4,8	0,71	5,51	3,50	61,1	1,40	6,4	8,5	0,86
80—90	4,71	4,8	0,71	5,51	2,00	73,4	0,42	4,3	8,0	0,68
100—110	5,66	7,0	0,55	7,55	0,87	89,6	0,14	2,7	7,5	0,68
120—130	6,07	7,7	1,11	8,81	0,87	91,0	0	2,3	7,5	0,68

Таблица 3

Изменение агрохимических свойств дерново-слабоподзолистой почвы под влиянием длительного применения удобрений за 4 ротации севооборота

Вариант	pH _{KCl}			Гумус, %			K ₂ O, мг/100 гр. почвы			P ₂ O ₅ , мг/100 гр. почвы		
	нача- ло 1 ротац.	конец 3 ротац.	конец 4 ротац.	нача- ло 1 ротац.	конец 3 ротац.	конец 4 ротац.	нача- ло 1 ротац.	конец 3 ротац.	конец 4 ротац.	нача- ло 1 ротац.	конец 3 ротац.	конец 4 ротац.
Контроль	6,1	5,6	5,2	2,6	1,7	1,9	14,2	2,5	5,5	17	7	5,6
N ₂₇ P ₂₇ K ₂₇ H _{3,3}	5,8	5,3	5,5	2,5	1,8	2,8	12,5	12,7	13,0	17,4	20	8,1
N ₅₄ P ₅₄ K ₅₄ H _{6,6}	5,8	5,8	4,4	2,6	2,1	2,3	13,0	13,0	12,5	16,6	26,5	15,1
N ₈₁ P ₈₁ K ₈₁ H _{9,9}	5,7	5,8	4,9	2,5	2,1	2,2	15,0	13,5	14,5	18	30,5	21,3
N ₁₀₈ P ₁₀₈ K ₁₀₈ H _{13,2}	5,5	5,8	5,3	2,5	2,3	3,0	11,5	23,9	20,0	14,9	43,5	50,3
N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅ H _{16,5}	5,5	4,9	4,9	2,5	2,4	2,3	13,7	25,1	23,5	15,8	49,5	42,5
N ₈₁ P ₀ K ₀ H ₀	5,8	5,2	5,2	2,6	1,7	2,1	13,6	4,0	9,0	18,7	8,0	11,0
N ₀ P ₈₁ K ₀ H ₀	5,7	5,0	5,0	2,6	1,8	2,0	13,3	2,5	8,6	16,7	26,0	26,2
N ₀ P ₀ K ₈₁ H ₀	5,9	5,7	5,1	2,7	1,8	2,1	13,6	4,0	8,5	17,9	7,5	7,5
N ₈₁ P ₈₁ K ₈₁ H ₀	6,1	5,1	4,8	2,5	1,8	2,3	13,3	6,3	13,0	14,9	21,0	12,9
N ₀ P ₀ K ₀ H _{9,9}	5,7	5,4	5,6	2,6	1,7	2,8	14,5	21,1	14,5	14,3	24,5	7,0

Продуктивность зернотравяного севооборота в зависимости от доз и сочетаний подстильного навоза и минеральных удобрений

Вариант опыта	Основная продукция, т к.е./га	Прибавка		Основная продукция, т к.е./га	Прибавка	
		т к.е./га	%		т к.е./га	%
В среднем за 23 года				За 4 ротацию севооборота		
$N_{81}P_0K_0H_0$	3,84	0,50	14,9	2,95	0,85	40,5
$N_0P_{81}K_0H_0$	3,57	0,23	6,68	2,39	0,29	13,8
$N_0P_0K_{81}H_0$	3,72	0,38	11,3	2,75	0,65	31,0
$N_{81}P_{81}K_{81}H_0$	4,63	12,9	38,6	3,26	1,16	55,2
$N_0P_0K_0H_{9,9}$	3,99	0,65	19,4	2,88	0,78	37,1
Контроль	3,34	—	—	2,10	—	—
$N_{27}P_{27}K_{27}H_{3,3}$	4,36	1,02	30,5	2,57	0,47	22,4
$N_{54}P_{54}K_{54}H_{6,6}$	4,47	1,13	33,8	3,13	1,03	49,1
$N_{81}P_{81}K_{81}H_{9,9}$	4,48	1,1	34,1	3,24	1,14	54,3
$N_{108}P_{108}K_{108}H_{13,2}$	4,40	1,06	31,7	3,38	1,28	61,0
$N_{135}P_{135}K_{135}H_{16,5}$	4,19	0,85	25,4	3,53	1,43	68,1

Длительное возделывание сельскохозяйственных культур без удобрений и отсутствие известкования перед 4 ротацией севооборота привело к повышению кислотности почвы на 0,9 ед. по сравнению с исходным состоянием. Почва контрольного варианта перед закладкой опыта имела повышенное содержание подвижного фосфора (17 мг/100 гр. почвы), на конец 2009 г. показатель снижается в 3 раза. В связи с разложением пожнивных остатков многолетних трав за 2005—2006 гг. возросла обеспеченность почвы обменным калием на 3 мг/100 гр. почвы, содержание гумуса увеличилось на 0,2% по сравнению с данными за 3 ротацию. Урожайность данного варианта составила 2,1 т к.е./га, в среднем за 3 ротации — 3,34 т к.е./га.

Ежегодное внесение навоза в органо-минеральном варианте одинарных доз удобрений привело к повышению актуальной кислотности на 0,2 ед. с 5,3 ед. за последние 7 лет севооборота. На фоне снижения содержания подвижного фосфора с 20,0 мг/100 гр. почвы в конце 3 ротации в 2,5 раза, произошла стабилизация калийного режима (13,0 мг/100 гр. почвы) и увеличение содержания гумуса с 1,8% до 2,8% за 4 ротацию. Сочетание навоза и минеральных удобрений в единичных

дозах обеспечило прибавку урожая за 4 ротацию на 22,4% по отношению к не удобренному варианту. В среднем продуктивность культур за 23 года исследований составила 4,36 т к.е./га.

С 1979 г. по 2002 г. в варианте $N_{54}P_{54}K_{54}H_{6,6}$ реакция среды (рН) составляла 5,8 ед., что обусловлено проведением известкования перед первой и второй ротациями севооборота и его последствием, через 7 лет характеризуется как сильноокислая. Динамика в почве подвижного фосфора в значительной степени определяется дозой и комбинацией фосфорных удобрений с азотными и калийными. Стабильная реакция среды, ежегодное внесение органики и применение физиологически кислых удобрений способствовало замедлению фиксации подвижного фосфора удобрений, мобилизации почвенных запасов, что привело к повышению его содержания с 16,6 мг/100 гр. почвы на 9,9 мг/100 гр. почвы к концу 3 ротации. Снижение значения рН и поступление гуминовых кислот с органическим удобрением вызывало частичный гидролиз труднорастворимых фосфатов кальция, усиление микробиологической активности, фосфор становится доступным растениям и к концу 4 ротации составляет 15,1 мг/100 гр. почвы. Применение тройных

доз удобрений в органоминеральной системе способствовало созданию бездефицитного баланса калийного режима в течение 4 ротаций зерноотравнопропашного севооборота (13,0—12,5 мг/100 гр. почвы). Содержание гумуса к концу 3 ротации снижается с 2,6% до 2,1% и вновь возрастает на 0,2% в конце 4 ротации. Прибавка урожая за 4 ротацию составила 49,1% по отношению к контролю, в среднем за 3 ротации увеличилась на 1,13 т к.е./га.

Почва варианта с применением тройной дозы удобрений характеризовалась слабокислой реакцией среды почвенного раствора в течении 23 лет с последующим увеличением кислотности на 0,9 ед. Зависимость динамики подвижного фосфора аналогична варианту с двойными дозами. Внесение минерального удобрения и навоза в комплексе способствовало увеличению количества подвижного фосфора в 3,8, калия в 2,6 раза по отношению к контролю, позволило стабилизировать калийный режим на уровне 14,5 мг/100 гр. почвы и баланс органического вещества (2,2%) к концу последней ротации, обеспечило подъем продуктивности культур до 4,48 т к.е./га в среднем за 3 ротации, а в 4 на 3,24 т к.е./га с прибавкой урожая по отношению к не удобренному варианту 54,3%.

Внесение в почву ежегодно NPK_{108} кг д.в./га + $N_{13,2}$ т/га и известки перед 1 и 2 ротациями способствовало поддержанию кислотности почвы варианта на одном уровне в течении 23 лет, к концу 4 ротации отмечается повышение кислотности на 0,5 ед. Четвертичные дозы удобрений привели к увеличению обеспеченности почвы подвижным фосфором со средней (14,9 мг/100 гр. почвы) перед закладкой опыта до очень высокой к концу 3 (43,5 мг/100 гр. почвы) и 4 ротации (50,3 мг/100 гр. почвы). Исходное содержание подвижного калия составляет 11,5 мг/100 гр. почвы, за 23 года показатель возрастает до 23,9 мг/100 гр. почвы и уменьшается на 3,9 мг/100 гр. почвы в конце 4. За 4 ротации севооборота установлено увеличение содержания гумуса до 3,0%. Урожайность за три ротации в среднем на данном варианте составила 4,40 т к.е./га, а за 4 ротацию 3,38 т к.е./га с прибавкой урожая по отношению к контролю в 61,0%.

При внесении 5-кратной дозы удобрений ежегодно реакция среды почвенного раствора изменилась на 0,6 ед. по сравнению с исходными данными и осталась на уровне 4,9 в течение последующих 16 лет. Сочетание навоза и минеральных удобрений в высоких дозах привело к повышению обеспеченности почвы подвижным фосфором с 15,8 мг/100 гр. почвы до 42,5 мг/100 гр. почвы к концу 4 ротации.

Обеспеченность дерново-слабоподзолистой почвы обменным калием в начале опыта характеризуется как повышенная (13,7 мг/100 гр. почвы), через 30 лет как очень высокая (до 23,5 мг/100 гр. почвы). За 4 года ротации установлено, что высокие дозы удобрений ухудшают гумусовое состояние на 0,1% каждые 7 лет. Продуктивность зерноотравнопропашного севооборота в среднем за 3 ротации составила 4,19 т к.е./га, в четвертой ротации была максимальной по отношению к другим вариантам и составила 3,53 т к.е./га с прибавкой урожая по отношению к контролю 68,1%.

Дерново-слабоподзолистая почва варианта с тройными дозами азотных удобрений характеризуется слабокислой реакцией среды в исходном состоянии и, в результате отсутствия известкования и внесения органики, кислой последние 14 лет (5,2 ед.). Одностороннее внесение азотных удобрений ухудшило фосфорный и калийный режимы почвы к концу 4 ротации по сравнению с исходным состоянием на 7,7 мг/100 гр. почвы и 4,6 мг/100 гр. почвы соответственно. Содержание гумуса увеличилось за последнюю ротацию севооборота с 1,7% до 2,1%. Продуктивность данного варианта за 23 года составила в среднем до 3,84 т к.е./га, 4 ротацию возросла до 2,95 т к.е./га или на 0,85 т к.е./га по отношению к контролю.

При внесении фосфорных удобрений в тройной дозе актуальная кислотность составила 5,0 ед. за последние 2 ротации. Содержание подвижного фосфора находится в прямой зависимости от внесения фосфорных удобрений в сторону постепенного повышения с 16,7 мг/100 гр. почвы в начале 1 ротации до 26 мг/100 гр. почвы в 3 и 26,2 мг/100 гр. почвы к концу 4. Количество калия в 1 ротацию севооборота составляло 13,3 мг/100 гр. почвы, во 2 и 3 ротации севооборота наблюдается высокий вынос растениями (2,5 мг/100 гр. почвы), за последнюю ротацию произошло повышение содержания K_2O до 8,6 мг/100 гр. почвы. Не смотря на то, что содержание гумуса возросло на 0,2% по сравнению с 3 ротацией, одностороннее внесение фосфорных удобрений малоэффективно и обеспечивает продуктивность севооборота за последнюю ротацию 2,39 т к.е./га с прибавкой по отношению к контролю 13,8%. Урожайность в среднем за три ротации севооборота отмечалась на уровне 3,57 т к.е./га с прибавкой 6,68% по отношению к не удобренному варианту.

К концу 4 ротации севооборота в варианте $N_0P_0K_{81}H_0$ произошло увеличение кислотности почвы в среднем на 0,7 ед. по сравнению данными за

23 года. Одностороннее внесение калийных удобрений способствовало снижению до 7,5 мг/100 гр. почвы подвижного фосфора и его выравниванию по сравнению с исходным состоянием. Содержания подвижного калия увеличилось до 8,5 мг/100 гр. почвы к концу 4 ротации. При внесении калийных удобрений в дозе 81 кг д.в./га урожайность в среднем за 3 ротации севооборота составила 3,72 т к.е./га с прибавкой на 11,3% по отношению к контролю. К концу 4 ротации продуктивность возросла на 0,65 т к.е./га к варианту без применения удобрений до 2,75 т к.е./га.

Внесение навоза в тройной дозе (9,9 т/га) способствовало увеличению реакции среды почвенного раствора дерново-слабоподзолистой почвы опытного участка до 5,6 ед. Органическая система привела к улучшению фосфорно-калийного режима почвы в конце 3 ротации. По сравнению с исходным состоянием в данном варианте за счет активного выноса растениями содержание подвижного фосфора снизилось в 2 раза до 7,0 мг/100 гр. почвы, а количество калия стабилизировалось на уровне 14,5 мг/100 гр. почвы. Внесение органики способствовало увеличению органического вещества на 1,1% до 2,8% к данным в конце 3 ротации. Средняя урожайность за 3 ротации увеличилась по отношению к контролю на 19,4% и составила 3,99 т к.е./га. За последнюю ротацию продуктивность севооборота равна 2,88 т к.е./га с прибавкой урожая 37,1%.

В варианте с применением минеральной системы удобрений в тройной дозе ($N_{81}P_{81}K_{81}H_0$) произошло значительное подкисление почвы с 6,1 ед. до 4,8 ед. Отмечено уменьшение в почве содержания подвижного фосфора с 14,9 мг/100 гр. почвы до 12,9 мг/100 гр. почвы. На фоне потребления растениями фосфора наблюдается снижение количества подвижного калия с 13,3 мг/100 гр. почвы до 13,0 мг/100 гр. почвы. За счет возделывания многолетних трав содержание гумуса возросло на 0,5% и составило к концу 4 ротации 2,8%. Сочетание азотных, фосфорных и калийных удобрений обеспечило более высокую продуктивность севооборота за 3 ротации в отличие от внесения единичных их доз — 4,63 т к.е./га и прибавку по отношению к контролю 38,6%. В 4 ротации урожайность составила 3,26 т к.е./га с прибавкой по отношению к не удобренному варианту 55,2%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Наиболее контрастные варианты показали, что длительное выращивание сельскохозяйственных культур в зернотравянопропашном севообо-

роте без применения удобрений привело к снижению плодородия почвы, что выражается в отрицательной динамике фосфорно-калийного режима, в увеличении реакции среды почвенного раствора по сравнению с исходным состоянием. Продуктивность на контроле за последнюю ротацию является наиболее низкой и составляет 2,10 т к.е./га.

2. Одностороннее внесение фосфора и калия по 81 кг д.в./га, навоза по 9,9 кг д.в./га малоэффективно и дает низкую прибавку урожая, тогда как применение азотных удобрений в тройной дозе повысило продуктивность севооборота на 40,5% по отношению к контролю.

3. Использование навоза в комплексе с минеральными удобрениями в двойных и тройных дозах стабилизирует калийный и фосфорный режим, гумусовое состояние почвы. Пятикратные дозы удобрений способствуют повышению содержания подвижных форм фосфора и калия, сохраняет актуальную кислотность на исходном уровне, при этом ухудшается гумусовое состояние.

4. Последовательный рост продуктивности культур 2,57; 3,13; 3,24; 3,38; 3,53 т к.е./га с прибавкой 22,4, 49,1, 54,3, 61,0, 68,1% по отношению к контролю за 4 ротацию соответствовал повышению доз удобрений от одинарных до пятикратных в органо-минеральных вариантах. В среднем за 4 ротации севооборота урожайность культур максимальна в следующих вариантах $N_{81}P_{81}K_{81}H_{9,9}$, $N_{108}P_{108}K_{108}H_{13,2}$, $N_{135}P_{135}K_{135}H_{16,5}$, составляет в среднем 3,87 т к.е./га и на 1,1 т к.е./га превосходит вариант без удобрений.

5. Применение минеральной и органо-минеральной систем удобрений привело к снижению реакции среды почвенного раствора и количества подвижного фосфора, стабилизировало гумусовое состояние и калийный режим дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почвы. Внесение тройной дозы минеральных удобрений в отдельности и в сочетании с навозом позволило выровнять плодородие почвы, обеспечив среднюю урожайность до 3,25 т к.е./га, что на 54,7% выше контроля без удобрений и на 12,8% эффективней, чем в варианте с органической системой. Анализ полученных данных позволяет сделать заключение, что органо-минеральная система применения удобрений в тройных дозах является наиболее оптимальной в условиях зернотравянопропашного севооборота на дерново-слабоподзолистой почве.

6. Помимо вариантов с одинарными дозами NPK + навоз и варианта с органической системой, все остальные имеют сильнокислую и кислую

Рекомендуемые дозы извести в зависимости от степени насыщенности основаниями и реакции среды почвенного раствора

Вариант	Контроль	$N_{27}P_{27}K_{27}H_{3,3}$	$N_{54}P_{54}K_{54}H_{6,6}$	$N_{81}P_{81}K_{81}H_{9,9}$	$N_{108}P_{108}K_{108}H_{13,2}$	$N_{135}P_{135}K_{135}H_{16,5}$	$N_{81}P_{81}K_{81}H_0$	$N_{0}P_{81}K_{81}H_0$	$N_{0}P_{0}K_{81}H_0$	$N_{81}P_{81}K_{81}H_0$	$N_{0}P_{0}K_{0}H_{9,9}$
pH_{Kcl}	5,23	5,48	4,40	4,89	5,33	4,92	5,0	5,14	5,25	4,87	5,65
Нг, мг-экв/100 гр. п.	2,88	2,36	4,37	4,37	2,88	4,46	3,85	3,06	3,23	4,37	2,45
V, %	68,9	62,3	52,2	53,3	47,4	46,1	48,9	53,8	44,4	49,6	42,6
Дозы извести, т/га	4,32	3,54	6,55	6,55	4,32	6,69	5,77	4,59	4,84	6,55	3,67

реакцию среды почвенного раствора и нуждаются в известковании. Увеличение доз минеральных удобрений до 60 кг д.в./га под яровые зерновые, озимую рожь до 90 кг д.в./га с неизменным внесением 20 т/га подстилочного навоза, а так же периодическое известкование (в среднем 5,21 т/га) позволит улучшить агрохимические свойства дерново-слабоподзолистой почвы опытного участка, повысить продуктивность культур и качество урожая (табл. 5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по специальности «Агрохимия и почвоведение» / Е. В. Аринушкина. — М. : Изд-во Московского ун-та, 1970. — 487 с.

2. Лукин С. М. Длительность действия органических удобрений / С. М. Лукин, Еськов А. И // Плодородие. — 2004. — № 1 (16). — С. 15—17.

3. Мерзлая Г. Е. Длительное применение органических и минеральных удобрений при оптимизации их доз и сочетаний на легкосуглинистой почве / Г. Е. Мерзлая, Г. А. Зябкина Т. П. Фомкина // Агрохимия. — 2006. — № 10. — С. 33—40.

4. Минеев В. Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения / В. Г. Минеев, Б. Дебрецени, Т. Мазур. — М.: Изд-во Колос, 1993. — 615 с.

5. Минеев В. Г. Химизация земледелия и природная среда / В. Г. Минеев. — М.: Изд-во Агропромиздат, 1990. — 287 с.

6. Программа и методика исследований в Географической сети полевых опытов по комплексному применению средств химизации в земледелии. — М.: ВИУА, 1990. — 187 с.

Румянцева Ирина Васильевна — аспирант второго года обучения, кафедра экологии и земельных ресурсов, Воронежский государственный университет; тел.: (4732) 208-265, e-mail: riw86@rambler.ru

Rumjantseva Irina V. — The post-graduate student of the second year of training, Chair of Ecology and ground resources, Voronezh State University; tel.: (4732) 208-265, e-mail: riw86@rambler.ru

Девятова Татьяна Анатольевна — д.б.н., профессор, заведующая кафедрой экологии и земельных ресурсов, Воронежский государственный университет; тел.: (4732) 208-265, e-mail: bssoil@bio.vsu.ru

Devjatova Tatyana A. — Doctor of Biology, Professor, Chair of Ecology and land resources, Voronezh State University; tel.: (4732) 208-265, e-mail: bssoil@bio.vsu.ru