

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ИХ ПРИМЕНЕНИИ В СЕВООБОРОТАХ

С.М. Лукин, д.б.н., ВНИИОУ, Г.Е. Мерзлая, д.с.-х.н., ВНИИА

Оптимизация системы удобрения при длительном её применении позволяет за счет сочетания органических и минеральных удобрений повысить их эффективность, способствует воспроизводству плодородия почв, повышению окупаемости удобрений урожаем, обеспечивает устойчивость агропроизводства.

Ключевые слова: система удобрения, органические и минеральные удобрения, длительные стационарные опыты.

Одной из важнейших проблем при разработке системы применения удобрений являются проведение их сравнительной оценки и определение оптимального соотношения органических и минеральных удобрений в севооборотах различной специализации.

Впервые на необходимость сравнительного изучения органических и минеральных удобрений указал Д.Н. Прянишников после посещения им в 1927 г. Асковской опытной станции в Дании. Анализируя имеющиеся к тому времени отечественные опыты, он отмечал, что «большое число опытов, проведенных у нас на тему: «Сравнение действия навоза и минеральных удобрений», не соответствуют такому заглавию», так как варианты с навозом и минеральными удобрениями не были выровнены по количеству питательных веществ, а имеющиеся сведения о доминировании роли органического вещества навоза над азотом, фосфором и калием, ошибочны [1].

В проведенных в 1930-1960 гг. опытах на Долгопрудной опытной станции (дерново-подзолистые тяжелосуглинистые почвы), во ВНИИ льна (дерново-подзолистые среднесуглинистые), Институте картофельного хозяйства (дерново-подзолистые супесчаные), на Новозыбковской опытной станции (дерново-подзолистые песчаные), во ВНИИ лубяных культур (серые лесные) и других, были получены сходные результаты. Это позволило Л.С. Любарской [2] сделать заключение о равнозначности органической и минеральной систем удобрения и отсутствии влияния органического вещества навоза на урожай культур.

В 60-е годы прошлого века по инициативе ВИАУ во многих научно-исследовательских учреждениях были заложены длительные стационарные опыты по сравнительной оценке различных систем удобрения: органической, органоминеральной и минеральной, в зависимости от уровня минерального питания, структуры севооборота, типа и гранулометрического состава почв.



В задачу этих опытов входило изучение влияния длительного применения систем удобрения на показатели почвенного плодородия и продуктивность агроценозов, качество урожая, коэффициенты их использования растениями, круговорот и баланс элементов в системе почва – удобрение – растение.

Первое, наиболее обстоятельное, обобщение результатов опытов по эффективности сочетания навоза и минеральных удобрений было сделано И.П. Мамченковым и В.А. Васильевым [3]. На основе данных 44 отечественных и зарубежных опытов (105 ротаций) они показали, что прибавка урожая от сочетания половинных доз навоза и минеральных удобрений по сравнению с раздельным внесением составляет с 1 га 1,2 ц з.е., или 11 %, в том числе на легких дерново-подзолистых почвах 1,9 ц з.е. (23 %), тяжело- и среднесуглинистых – 1,2 (8 %), черноземах – 0,4 ц з.е. (5 %). Число опытов, в которых при сочетании навоза и минеральных удобрений вносили такое же количество питательных веществ, как и при раздельном внесении, было всего 16, в том числе на легких почвах – 6. В этих опытах прибавка урожая от органического вещества навоза составила 1,7 ц з.е./га, или 19 %.

На современном этапе основным требованием к системе удобрения сельскохозяйственных культур являются повышение окупаемости удобрений урожаем, снижение затрат на их применение и эффективное использование достигнутого потенциала почвенного плодородия [4, 5]. Поэтому, несмотря на давность исследований по сравнительной оценке систем удобрения, эта проблема актуальна и в настоящее время.

Методика. Исследования по сравнительной оценке различных систем удобрения проводили в длительных стационарных опытах. Во ВНИИОУ опыт из 16 вариантов органических и минеральных удобрений был заложен в 1968 г. на дерново-подзолистой супесчаной почве в северо-восточной части Мещерской низменности, во ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова опыт заложен по факториальной схеме (48 вариантов) на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в Смоленской области.

Во ВНИИОУ схема опыта в 1968-1983 гг. включала следующие варианты: 1) Без удобрений; 2) $P_{50}K_{60}$; 3) $N_{50}P_{50}$; 4) $N_{50}K_{60}$; 5) $N_{50}P_{50}K_{60}$; 6) Навоз, 10 т/га; 7) Навоз, 20 т/га; 8) $N_{50}P_{25}K_{60}$; 9) $N_{50}P_{50}K_{90}$; 10) Навоз, 5 т/га + $N_{25}P_{12}K_{30}$; 11) Навоз, 10 т/га + N_{50} ; 12) Навоз, 10 т/га + $N_{50}P_{25}$; 13) Навоз, 10 т/га + $N_{50}P_{25}K_{60}$; 14)

N₁₀₀P₅₀K₁₂₀; 15) N₅₀P₂₅K₆₀; 16) Навоз, 10 т/га + N₁₀₀P₅₀K₁₂₀.

В 1984-1989 гг. удобрения не вносили, с 1990 по 1994 г. исследования выполняли по схеме: 1) Без удобрений; 2) P₅₀K₆₀; 3) N₅₀P₅₀; 4) N₅₀K₆₀; 5) N₅₀P₅₀K₆₀; 6) Навоз, 10 т/га; 7) Навоз, 20 т/га; 8) N₅₀P₂₅K₆₀; 9) N₅₀P₅₀K₉₀; 10) Навоз, 5 т/га + N₂₅P₁₂K₃₀; 11) Навоз, 10 т/га + N₅₀P₂₅K₆₀ + солома; 12) Навоз, 10 т/га + N₅₀P₂₅K₆₀ + солома + сидерат; 13) Навоз, 10 т/га + N₅₀P₂₅K₆₀; 14) N₁₀₀P₅₀K₁₂₀; 15) N₅₀P₂₅K₆₀ + солома; 16) Навоз, 10 т/га + N₁₀₀P₅₀K₁₂₀.

С 1994 г. в варианте 11 применяли N₁₀₀P₅₀K₁₂₀ + солома, в варианте 12 изучали последствие удобрений на неудобренном фоне и N₅₀. Варианты 6, 8, 10 и 7, 13, 14 выровнены по количеству питательных веществ в дозах, эквивалентных, соответственно, 10 и 20 т/га навоза. Почва под опытом – дерново-сильнопodzolistая тяжелосупесчаная слабogleеватая, подстилаемая с глубины 40-50 см моренным суглинком.

Агрохимическая характеристика почвы перед закладкой опыта: pH 6,2-6,5 (на третьем поле без извести – 4,1), гидролитическая кислотность 1,0-2,2 мг-экв/100 г (на третьем поле 3,7-4,1), сумма поглощенных оснований 4,8-5,3 мг-экв/100 г (на третьем поле 1,4), P₂O₅ – 1,4-2,5, K₂O – 6,3-10,4 мг/100 г, содержание гумуса 1,05-1,17 %.

Исследования проводили в севообороте: 1 – однолетний люпин; 2 – озимая пшеница; 3 – картофель; 4 – ячмень.

В полевом опыте ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, выполняемом по факториальной схеме 1/27 (6-6-6-6), изучали четыре фактора: навоз, азотные, фосфорные и калийные удобрения в 6 градациях доз.

Единичные дозы удобрений под отдельные культуры составили: под картофель – 20 т/га навоза и N₄₅, P₄₅, K₄₅; под ячмень, овес и горохоовсяную смесь – N₃₀, P₃₀, K₃₀; под озимую пшеницу и озимую рожь – N₄₅, P₄₅, K₄₅. Единичная доза навоза под озимую пшеницу составила 15 т/га, под озимую рожь в четвертой ротации севооборота – 20 т/га.

Площадь опытной делянки 112 м² (7 x 16), повторность 3-кратная.

Почва опытного участка дерново-подзолистая легко-суглинистая окультуренная, перед закладкой опыта в слое 0-20 см содержала органического углерода 1,3-1,4%, подвижного фосфора (P₂O₅) (по Кирсанову) 110-209 мг/кг, калия (K₂O) 115-146 мг/кг при pH_{KCl} 5,5.

В опыте использовали подстильный навоз крупного рогатого скота влажностью 70% с содержанием 0,5% общего азота, 0,2 фосфора (P₂O₅), 0,7% калия (K₂O).

Результаты и их обсуждение. Согласно результатам исследований в полевом опыте ВНИИОУ, эффективность систем удобрения зависела от вида сельскохозяйственных культур и доз внесения удобрений. Органическая система удобрения, при умеренных дозах их внесения, по действию на урожайность культур уступала минеральной. Прибавки урожая от использования органо-минеральной системы удобрения в умеренных дозах при возделывании люпина, озимой пшеницы и картофеля, а также в целом за севооборот, были примерно равны прибавкам от использования минеральной системы удобрения. В посевах ячменя эффективность

органо-минеральной системы удобрения была ниже, по сравнению с минеральной системой.

При использовании удобрений в повышенных дозах эффективность органической и минеральной систем удобрения на озимой пшенице и картофеле была одинаковой, на ячмене более высокая урожайность получена при внесении минеральных удобрений. В среднем за 10 ротаций продуктивность севооборота по органической системе удобрения оказалась ниже минеральной на 4,9-5,1 ц з.е/га, или на 13-14 %. При внесении удобрений в повышенных дозах отчетливо выявляется преимущество органо-минеральной системы удобрения. В среднем за 10 ротаций прибавка урожая от сочетания навоза и минеральных удобрений была на 6,3 ц з.е/га выше по сравнению с органической системой удобрения и на 1,2 ц з.е/га – по сравнению с минеральной. Увеличение доз удобрений (NPK) с 270 до 405 кг/га не приводило к существенному росту продуктивности севооборота (табл. 1).

Установлено, что длительное возделывание сельскохозяйственных культур без использования органических и минеральных удобрений ведет к постепенному снижению уровня плодородия почвы и продуктивности севооборота. В варианте без удобрений продуктивность 10-й ротации севооборота была в 2,1 раза ниже по сравнению с 1-й ротацией.

1. Влияние различных систем удобрения на продуктивность зернопропашного севооборота (в среднем за 10 ротаций, 1968-2014 гг.)

Вариант опыта	Продуктивность севооборота (с учетом побочной продукции), ц з.е/га	Прибавка урожая, ц з.е/га	Оплата 1 кг NPK, кг з.е.
Без удобрений	22,7	-	-
Навоз, 10 т/га	30,7	8,0	5,9
Навоз, 5 т/га + N ₂₅ P ₁₂ K ₃₀	34,8	12,1	9,0
N ₅₀ P ₂₅ K ₆₀	35,6	12,9	9,6
Навоз, 20 т/га	34,5	11,8	4,4
Навоз, 10 т/га + N ₅₀ P ₂₅ K ₆₀	40,8	18,1	6,7
N ₁₀₀ P ₅₀ K ₁₂₀	39,6	16,9	6,3
Навоз, 10 т/га + N ₁₀₀ P ₅₀ K ₁₂₀	42,2	19,5	4,8
NPK ₀₅ удобрения, ц з.е/га	1,4		

В результате длительного применения удобрений и повышения окультуренности почвы наблюдался рост прибавок урожая от минеральных удобрений, долевого участия удобрений в формировании урожая, а также оплаты 1 кг NPK продукцией от 1-й к 10-й ротации севооборота. При использовании органической системы удобрения повышения оплаты урожаем 1 кг NPK навоза с течением времени не происходило. Это связано с низкой доступностью азота навоза для растений, по сравнению с азотом минеральных удобрений, в результате чего накопленный потенциал почвенного плодородия не был реализован. При использовании органо-минеральной системы удобрения окупаемость удобрений урожаем возрастала в 1,3-1,9 раза (табл. 2).

Эффективность различных видов минеральных удобрений зависела от биологических особенностей

культур, погодных условий, а также продолжительности их использования. Отмечаются тенденция к снижению с течением времени долевого участия в формировании урожая азота и возрастание роли калия. Так, если в первые три ротации калий по действию на урожай культур уступал азотным и фосфорным удобрениям, то в четвертой и пятой ротациях действие его было выше фосфора, а в шестой ротации калий оказался в первом минимуме.

В 1984 г. после 16-летнего использования удобрений длительный стационарный опыт был закрыт и в течение 7 лет изучалось последствие ранее внесенных удобрений в севообороте: 1 – картофель; 2 – ячмень; 3 – вико-овес; 4 – пар; 5 – редька масличная; 6 – пар; 7 – однолетний люпин.

Установлено, что за 7 лет последствия удобрений дополнительно получено продукции от 17,7 до 57,8 ц з.е/га, или 2,5-8,2 ц з.е/га в год. Если в прямом действии

в севообороте окупаемость 1 кг питательных веществ удобрений составляла 5,0-8,8 кг з.е., то с учетом последствия она увеличилась до 6,2-10,1 кг з.е. (табл. 3).

2. Оплата 1 кг д.в. удобрений урожаем при длительном их применении в севообороте, кг з.е.

Вариант опыта	Ротации севооборота					В среднем
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	
Навоз, 10 т/га	6,1	8,0	4,9	4,8	6,2	5,9
Навоз, 5 т/га + N ₂₅ P ₁₂ K ₃₀	8,0	9,1	9,2	8,3	10,5	9,0
N ₅₀ P ₂₅ K ₆₀	7,0	10,3	10,0	9,7	11,5	9,6
Навоз, 20 т/га	4,4	4,8	3,5	3,6	4,9	4,4
Навоз, 10 т/га + N ₅₀ P ₂₅ K ₆₀	5,1	6,5	6,9	6,7	8,6	6,7
N ₁₀₀ P ₅₀ K ₁₂₀	4,1	6,0	6,7	6,7	8,2	6,3
Навоз, 10 т/га + N ₁₀₀ P ₅₀ K ₁₂₀	3,4	4,4	5,2	4,9	6,4	4,8

3. Сравнительная эффективность систем удобрения в прямом действии и последствии

Вариант опыта	Внесено NPK за 16 лет, кг/га	Прямое действие, 16 лет, ц з.е/га		Последствие 7 лет, ц з.е/га		Всего за 23 года, ц з.е/га		Оплата 1 кг NPK урожаем, кг з.е.	
		суммарный урожай	прибавка	суммарный урожай	прибавка	суммарный урожай	прибавка	в прямом действии	с учетом последствия
Без удобрений	0	410,0	-	113,2	-	523,2	-	-	-
Навоз, 10 т/га	2160	562,4	152,4	144,8	31,6	707,2	184,0	7,1	8,5
Навоз, 5 т/га + N ₂₅ P ₁₂ K ₃₀	2160	600,0	190,0	140,5	27,3	740,5	217,3	8,8	10,1
N ₅₀ P ₂₅ K ₆₀	2160	599,2	189,2	130,9	17,7	730,1	206,9	8,8	9,6
Навоз, 20 т/га	4320	624,0	214,0	171,0	57,8	795,0	271,8	5,0	6,3
Навоз, 10 т/га + N ₅₀ P ₂₅ K ₆₀	4320	679,2	269,2	154,9	41,7	834,1	310,9	6,2	7,2
N ₁₀₀ P ₅₀ K ₁₂₀	4320	639,2	229,2	151,0	37,8	790,2	267,0	5,3	6,2

Более высоким последствием характеризовалась органическая система удобрения. Прибавка урожая от последствия навоза была в 1,5-1,8 раза больше, чем по минеральной системе удобрения. За счет последствия навоза формировалось от 22 до 34 % урожая, минеральных удобрений – 14-25, сочетания органических и минеральных удобрений – 19-27 % [6].

С учетом последствия различия в эффективности органической и минеральной систем удобрения при уровне удобренности N₅₀P₂₅K₆₀ существенно снизились, а на повышенном фоне – полностью исчезли. При этом следует учесть, что за 7 лет наблюдений последствие удобрений, несмотря на легкий гранулометрический состав почв, не закончилось. Прибавка урожая от навоза в последний год учета достигала 5,9 ц з.е/га, или 10 % от суммарной прибавки за весь период.

Анализ многолетних данных свидетельствует о значительном варьировании урожайности культур в зависимости от погодных условий вегетационного периода. При недостатке влаги действие органической системы удобрения на урожайность культур превышало минеральную. В условиях достаточной и повышенной влагообеспеченности эффективность органической системы удобрения оказалась ниже минеральной (табл. 4).

Более высокая эффективность органической и органоминеральной систем удобрения в условиях недостатка влаги, по сравнению с минеральной системой, была обусловлена положительным влиянием органического вещества наводна-физические свойства почв, которые не играли существенной роли в условиях оптимальной влагообеспеченности.

4. Эффективность систем удобрения в севообороте в зависимости от условий увлажнения вегетационного периода (в среднем за 7 ротаций)

Вариант опыта	Условия увлажнения				
	Засуха ГТК=0,60	Недостаточное ГТК=0,96	Достаточное ГТК=1,25	Повышенное ГТК=1,64	Избыточное ГТК=2,00
Продуктивность севооборота, ц з.е/га					
Без удобрений	17,5	27,2	28,7	22,6	10,0
Навоз, 10 т/га	23,8	35,9	37,1	32,2	14,8
Навоз, 5 т/га + N ₂₅ P ₁₂ K ₃₀	24,8	37,0	40,9	35,5	17,6
N ₅₀ P ₂₅ K ₆₀	23,7	34,9	40,6	37,4	17,4
Навоз, 20 т/га	24,8	39,6	40,7	36,1	17,3
Навоз, 10 т/га + N ₅₀ P ₂₅ K ₆₀	26,6	39,4	46,4	40,7	19,7
N ₁₀₀ P ₅₀ K ₁₂₀	22,5	35,9	45,1	38,9	20,3
Навоз, 10 т/га + N ₁₀₀ P ₅₀ K ₁₂₀	28,2	41,0	47,3	41,3	21,0
Оплата 1 кг д.в. удобрений, кг з.е.					
Без удобрений	-	-	-	-	-
Навоз, 10 т/га	4,7	6,4	6,2	7,1	3,6
Навоз, 5 т/га + N ₂₅ P ₁₂ K ₃₀	5,4	7,3	9,0	9,6	5,6
N ₅₀ P ₂₅ K ₆₀	4,6	5,7	8,8	11,0	5,5
Навоз, 20 т/га	2,7	4,6	4,4	5,0	2,7
Навоз, 10 т/га + N ₅₀ P ₂₅ K ₆₀	3,3	4,5	6,6	6,7	3,6
N ₁₀₀ P ₅₀ K ₁₂₀	1,9	3,2	6,1	6,0	3,8
Навоз, 10 т/га + N ₁₀₀ P ₅₀ K ₁₂₀	2,6	3,4	4,6	4,6	4,1

Условия увлажнения особенно сильно отразились на эффективности азотных удобрений. В засушливые годы

прибавки урожая озимой пшеницы от азота были в 2,0-2,6 раза ниже, чем в годы с повышенным увлажнением; ячменя, соответственно, в 2,2-4,3 раза, картофеля – в 2,8 раза (табл. 5).

В целом по севообороту наибольшие прибавки урожая получены при недостатке влаги от внесения калийных, а во влажные годы – азотных удобрений. При этом долевое участие азота в прибавке урожая увеличилось с 32 до 53 %. По сравнению с несбалансированным внесением минеральных удобрений в виде NP или NK эффективность полного минерального удобрения была в меньшей степени подвержена отрицательному влиянию засухи.

В длительном стационарном опыте ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, заложенном на легкосуглинистой почве в Смоленской области, в течение 30 лет прошло четыре ротации севооборота. Чередование культур было следующим: в первой ротации севооборота (1979-1989 гг.): 1 – картофель; 2 – ячмень; 3 – озимая рожь; 4 – овес; 5 – горохоовсяная смесь; 6 – озимая пшеница; 7 – ячмень; 8 и 9 – многолетние травы 1- и 2-го годов пользования; 10 – озимая рожь; 11 – овес; во второй (1990-1995 гг.) и третьей (1996-2001 гг.) ротациях: 1 – картофель; 2 – ячмень; 3 и 4 – многолетние травы 1- и 2-го годов пользования; 5 – озимая пшеница; 6 – овес; в четвертой (2002-2008 гг.) и пятой (2009-2015 гг.) ротациях: 1 – однолетние травы (овес на зеленый корм); 2 – озимая рожь; 3 – ячмень; 4 и 5 – многолетние травы 1- и 2-го годов пользования; 6 – яровая пшеница; 7 – овес.

5. Эффективность различных видов минеральных удобрений в севообороте в зависимости от условий увлажнения вегетационного периода

Вариант опыта	Условия увлажнения				
	Засуха ГТК=0,60	Недостаточное ГТК=0,96	Достаточное ГТК=1,25	Повышенное ГТК=1,64	Избыточное ГТК=2,00
<i>Продуктивность севооборота, ц з.е./га</i>					
Без удобрений	17,5	27,2	28,7	22,6	10,0
P ₅₀ K ₆₀	20,7	31,7	32,6	26,5	13,0
N ₅₀ P ₅₀	19,9	31,5	36,3	32,9	16,8
N ₅₀ K ₆₀	20,9	32,4	37,0	32,8	14,7
N ₅₀ P ₅₀ K ₆₀	25,6	37,1	41,3	38,8	17,9
<i>Долевое участие удобрений в формировании прибавки урожая, %</i>					
Азотных	32	34	48	51	53
Фосфорных	31	30	24	25	35
Калийных	37	36	28	24	12
<i>Оплата 1 кг д.в. удобрений, кг з.е.</i>					
Азотных	9,8	10,8	17,4	24,6	9,8
Фосфорных	9,4	9,4	8,6	12,0	6,4
Калийных	9,5	9,3	8,3	9,8	1,8

В течение первых четырех ротаций изучали действие органических и минеральных удобрений, в пятой ротации – их последствие. В последствии проводили поддерживающую весеннюю подкормку азотными минеральными удобрениями фоном в низких дозах: под озимую рожь вносили N₄₅, под яровые зерновые и многолетние травы – N₃₀.

Насыщенность севооборота зерновыми культурами (с учетом гибели их посевов в 1994 г.) составляла в среднем 53%, многолетними травами – 27% [7].

Единичные дозы минеральных удобрений – азота, фосфора и калия в расчете на 1 га севооборотной площади (в среднем за 30 лет) составляли по 25,5 кг д.в. Подстилочный навоз крупного рогатого скота вносили в первой ротации севооборота под картофель и озимую пшеницу, во второй и третьей ротациях – под картофель, в четвертой ротации – под озимую рожь. Единичная ежегодная доза навоза составляла 3,2 т/га. С ее внесением в почву в расчете на 1 га поступало 580 кг органического вещества, 14,5 азота, 6,6 P₂O₅, 20,7 кг K₂O.

На рисунке 1 представлены результаты исследования по эффективности вариантов удобрения в действии и последствии. Расчетная наименьшая существенная разность для продуктивности севооборота на 5%-ном уровне значимости составляла при анализе действия и последствия удобрений, соответственно, 5 и 6 ц/га кормовых единиц.

Согласно полученным экспериментальным данным, исследуемые системы удобрения оказывали различное влияние на продуктивность культур севооборота. Применение органической системы в виде навоза крупного рогатого скота в дозе 9,6 т/га в год позволяло поддерживать продуктивность севооборота на уровне 34 ц/га кормовых единиц, что достоверно выше (на 6 ц к.е/га при НСР₀₅, равной 5 ц/га), чем без внесения удобрений. В то же время органоминеральная (в 2-3-кратных дозах) и минеральная (в трехкратных дозах) системы обеспечивали продуктивность культур севооборота 38-40 ц к.е/га, или на 10-12 ц к.е/га выше контроля.

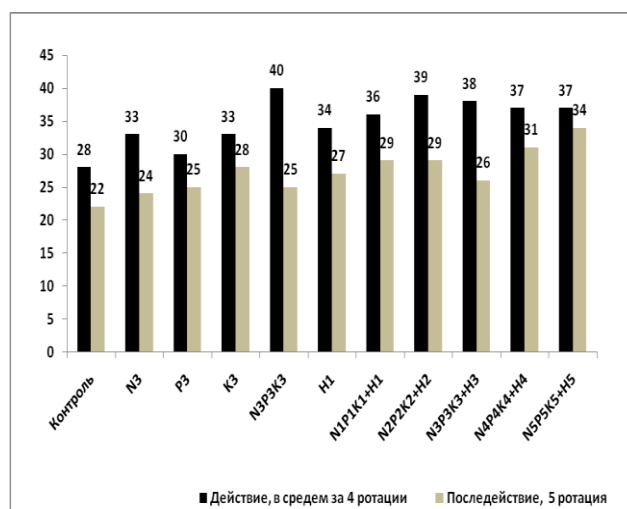


Рис. 1. Продуктивность севооборота (ц к.е./га) в зависимости от органических и минеральных удобрений

При одностороннем внесении азотных и калийных удобрений продуктивность севооборота в течение четырех ротаций находилась на уровне 33 ц к.е/га, т.е. существенно превышала контрольный неудобренный вариант. Исключение составляло одностороннее внесение фосфорных удобрений, при котором достоверной прибавки не получено.

В пятой ротации, когда было прекращено внесение удобрений (кроме поддерживающей азотной подкормки) по отношению к предыдущим ротациям севооборота продуктивность культур снижалась. При этом использование органической системы удобрения сопровождалось падением продуктивности на 26%, минеральной – на 60 и органоминеральных систем – на 19-46%. Важно отме-

титель также, что по данным, полученным в пятой ротации севооборота, прибавки продуктивности по отношению к контролю были недостоверными от одностороннего применения минеральных азотных (вариант N) и фосфорных (вариант P) удобрений, а также полного минерального удобрения (NPK). Что касается варианта с калийным минеральным удобрением, то он обеспечивал в последствии, также как и в действии, достоверный прирост продуктивности севооборота.

В вариантах опыта за длительный период применения органических и минеральных удобрений сформировались определенные уровни плодородия почвы. Так, при исследовании динамики гумусового состояния почв установлено, что в конце четвертой ротации севооборота бездефицитный баланс гумуса сформировался только при органоминеральной системе удобрения.

Снижение содержания гумуса в почве в первые ротации севооборота можно объяснить в основном недостаточной насыщенностью его многолетними травами, а в пятую ротацию – прекращением внесения навоза и минеральных удобрений. Без внесения удобрений отмечалось, как правило, снижение содержания гумуса в почве и в итоге была получена самая низкая урожайность в опыте – 28 ц к.е/га в среднем за четыре первых ротации и 22 ц к.е/га – в пятой ротации.

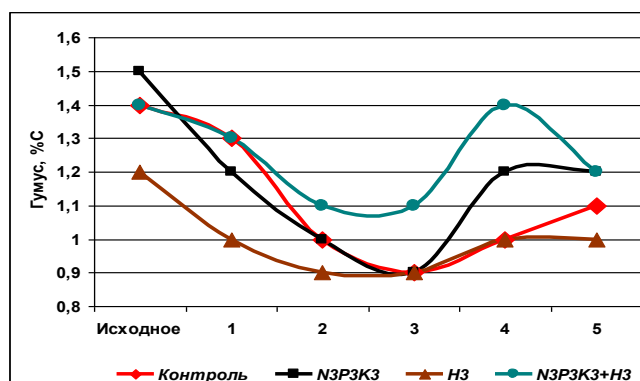


Рис. 2. Влияние удобрений на содержания гумуса в почве по ротациям севооборота

Заключение. Эффективность органической системы удобрения на 13-18 % ниже по сравнению с минеральной системой. Эффективность минеральной системы

удобрения в умеренных дозах равна эффективности органоминеральной; в повышенных дозах наибольшее влияние на урожайность культур оказывает органоминеральная система удобрения.

При длительном применении удобрений наблюдается изменение порядка минимумов элементов питания растений. Отмечаются тенденция к снижению с течением времени долевого участия в формировании урожая азота и возрастание роли фосфора и особенно калия. Применение удобрений обеспечивает большую устойчивость агроценозов по годам исследований по сравнению с неудобренными вариантами. Эффективность органической системы удобрения в годы с недостатком влаги выше эффективности минеральной системы удобрения, а при повышенном увлажнении – уступает ей. Прибавки урожая от использования органоминеральной системы удобрения в засушливые годы в 1,4 - 1,8 раза выше по сравнению с минеральной.

Литература

1. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения. Т. 3. Общие вопросы земледелия и химизации. – М.: Колос, 1965. – 639 с.
2. Любарская Л.С. Некоторые вопросы системы удобрения в севообороте // Методические указания по Географической сети опытов с удобрениями, вып. 15. – М.: ВИУА, 1969. – С. 40-58.
3. Мамченков И.П., Васильев В.А. Эффективность сочетания навоза и минеральных удобрений в севооборотах // Органические удобрения (Материалы научно-методического совещания стран-участниц СЭВ, состоявшегося в Москве 1-6 июля 1970 г.). – М.: ВИУА, 1972. – С. 267-284.
4. Лапа В.В., Ивахненко Н.Н. Влияние различных систем удобрения на продуктивность и качество картофеля на дерново-подзолистой супесчаной почве // Агрохимия. – 1999. – № 1. – С. 45-51.
5. Лукин С.М. Методология научных исследований по оценке эффективности органических и органоминеральных удобрений в земледелии // Труды Содружества ученых агрохимиков и агроэкологов. Выпуск 2. Совершенствование программы и методов агрохимических исследований: Материалы 8-го симпозиума ученых и агроэкологов «Агрохимэко-содружества», Белгород, 25-27 июня 2013 г. – М.: ВНИИА, 2014. – С. 155-170.
6. Лукин С.М. Агроэкологическое обоснование систем применения удобрений в севооборотах на дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почвах. Автореферат дисс... доктора биол. наук. – М., 2009. – 49 с.
7. Мерзлая Г.Е., Зябкина Г.А., Фомкина Т.П., Козлова А.В., Макишкова О.В. и др. Эффективность длительного применения органических и минеральных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Агрохимия. – 2012. – № 2. – С. 37-46.

COMPARATIVE EFFICIENCIES OF DIFFERENT LONG-TERM FERTILIZATION SYSTEMS IN CROP ROTATIONS

S.M. Lukin^a, G.E. Merzlaya^b

^a All-Russian Research Institute of Organic Fertilizers and Peat, ul. Pryanishnikova 2, Vyatkinskoye, Sudogda district, Vladimir oblast, 601390 Russia, E-mail: vnion@vtsnet.ru тел.: (4922) 426035

^b Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry, ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia e-mail: lab.organic@mail.ru

Optimization of long-term fertilizing system increases the efficiency of the used organic and mineral fertilizers, favors the reproduction of soil fertility, and increases the crop yields and the recoupage of fertilizers by crop gain.

Keywords: fertilizer systems, organic and mineral fertilizers, long-term field experiments.

