

ПАРАМЕТРЫ ИЗМЕНЕНИЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СЕВООБОРОТОВ И СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ

В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

Интенсификация сельскохозяйственного производства, увеличение в структуре посевных площадей доли пропашных культур, в частности посевов кукурузы, на фоне снижения объемов применения органических удобрений являются серьезными факторами агрохимической деградации почв пахотных земель. Дегумификация почв уже в ближайшем будущем может стать экологически опасной, так как почвенный гумус является главным аккумулятором солнечной энергии и гарантом продуктивности, обеспечивающим устойчивость биосферы в целом.

По данным крупномасштабного агрохимического обследования почв за последние четыре года содержание гумуса уменьшилось в пахотных почвах 65 районов республики. Наблюдаемые потери гумуса в ближайшей перспективе, если не принять соответствующих мер, могут привести к ухудшению агрофизических свойств, азотного режима преобладающих в республике дерново-подзолистых почв и, как следствие, потере их продуктивности [1-3, 10].

Уровень применения минеральных и органических удобрений в севообороте является одним из наиболее важных факторов, определяющих его продуктивность и состояние агрохимических показателей почвенного плодородия. Оценить правильность систем удобрения можно только в условиях их длительного применения в севооборотах. Уровень применения удобрений в севооборотах, обеспечивающий их максимальную продуктивность и благоприятный баланс элементов питания, может быть важным нормативным материалом при разработке мероприятий по сохранению или повышению плодородия почвы [7-8, 11].

Основой научно-обоснованных приемов, позволяющих получать планируемую урожайность сельскохозяйственных культур за счет повышения окупаемости удобрений и более эффективного использования достигнутого потенциала плодородия окультуренных дерново-подзолистых почв, должно быть поддержание за ротацию севооборота бездефицитного баланса фосфора, калия и гумуса и получение экономически обоснованной продуктивности сельскохозяйственных культур с благоприятным качеством товарной продукции.

В настоящее время во всех индустриально развитых странах, обладающих хорошо развитой азотной промышленностью, проблема “биологического” азота является актуальной как в области биологических, так и сельскохозяйственных исследований. Так как, во-первых, несмотря на рост производства минеральных удобрений, все еще наблюдается недостаток азота; во-вторых, биологически связанный азот значительно дешевле, дает богатую полноценным белком продукцию и обогащает почву; в-третьих, азот, накопленный биологическим путем, практически не загрязняет окружающую среду. Таким образом, возделывание бобовых культур, в частности клевера лугового, является одним из средств экономии азотных удобрений и энергетических ресурсов [12].

Цель исследований – установить производительную способность и параметры изменения агрохимических показателей (рН, фосфор, калий, гумус) в зерно-пропашном, зернотравяно-пропашном и зернотравяных севооборотах при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Эффективность применения органических и минеральных удобрений (систему удобрения) изучали в длительных полевых опытах в следующих севооборотах: зернопропашном (картофель сорта Орбита – ячмень сорта Сябра – озимая рожь сорта Верасень – овес сорта Дукат), зернотравяно-пропашном (картофель сорта Скарб – ячмень сорта Дзивосный – озимая рожь сорта Игуменская с подсевом клевера – клевер луговой сорта Слуцкий ранний – озимое тритикале сорта Михась) и зернотравяном (горохо-овсяная смесь-ячмень сорта Гонар – озимая рожь сорта Зарница с подсевом клевера – клевер луговой сорта Устойливы – озимое тритикале сорта Вольтарио) на окультуренной дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой с глубины 30-50 см песком, почве (pH_{KCl} 5,9-6,2, гидролитическая кислотность – 1,58-1,92, сумма обменных оснований 9,10-9,52 смоль (+)/кг почвы, обменные: кальций 4,4-4,8 и магний 1,3-1,6 смоль (+)/кг почвы, содержание гумуса 2,5-3,0%, подвижных: P_2O_5 – 170-290, K_2O – 130-230 мг/кг почвы (индекс агрохимической окультуренности 0,94) в РУП “Экспериментальная база им. Суворова” Узденского района Минской области. Схема опыта в зерно-пропашном, зернотравяно-пропашном и зернотравяном севооборотах предусматривала внесение возрастающих доз азотных удобрений на фоне органических (17,5, 12 и 8 т/га среднегодовое внесение навоза КРС) и различных уровней фосфорных и калийных удобрений, рассчитанные на положительные, поддерживающие и дефицитные балансы P_2O_5 и K_2O .

В соответствии с методикой [7] рассчитан баланс элементов питания в севообороте. В приходную статью включено поступление азота, фосфора и калия с органическими ($N_{63}P_{31}K_{131}$) и минеральными удобрениями, осадками и семенами ($N_{13,9}P_{1,5}K_{10,7}$). Учтена фиксация азота свободноживущими микроорганизмами (из расчета 10 кг/га в год). В статью расхода включены: вынос элементов питания сельскохозяйственными культурами, газообразные потери азота, которые в среднем составляют 25% от общего количества, внесенного с минеральными и органическими удобрениями, вынос с инфильтрационными водами ($N_{10}K_{25}$).

Анализ почвенных и растительных образцов проводили в соответствии с ГОСТ: обменную кислотность pH_{KCl} – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85), гидролитическую кислотность – по Каппену (ГОСТ 26212-84), сумму обменных оснований – по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821-88), подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207-91), обменные кальций и магний – методом ЦИНАО (ГОСТ 26487-85), гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой с глубины 30-50 см песком, почве наиболее высокую продуктивность **зернопропашного** севооборота – 61,4-62,0 ц/га к.ед., обеспечило дробное внесение максимальной дозы азотных –

105 кг/га д. в. на фоне 17,5 т/га органических удобрений, фосфорных ($P_{40,70}$) и калийных (K_{90-128}) в среднем на 1 га севооборотной площади (100% и 150% компенсации выноса P_2O_5 и K_2O с урожаем). При применении минеральных удобрений на фоне 17,5 т/га органических формировалась продуктивность на уровне 45,9-62,0 ц/га к. ед. Окупаемость 1 кг NPK в оптимальном варианте ($N_{60+45}P_{40}K_{90}$) была достаточно высокой – 8,7 к.ед., а азотных удобрений – 13,5 к.ед. Органические удобрения обеспечили повышение продуктивности на 6,9 ц/га к.ед., а азотные – на 6,0-14,2 ц/га к.ед. (табл. 1).

Таблица 1

Продуктивность зернопропашного севооборота

Среднегодовой уровень применения удобрений	Среднегодовая продуктивность, ц/га к.ед	Прибавка от удобрений, ц/га		Оплата удобрений к.ед.	
		NPK	N	NPK	N
Без удобрений	34,0	–	–	–	–
17,5 т/га НКРС – фон	40,9	–	–	–	–
$N_{75}P_{70}$	56,7	15,8	–	10,9	–
$N_{75}K_{127,5}$	56,2	15,3	–	7,6	–
$P_{70}K_{127,5}$	50,9	10,0	–	5,1	–
$N_{45}P_{70}K_{127,5}$	56,9	16,0	6,0	6,6	13,3
$N_{75}P_{70}K_{127,5}$	60,4	19,5	9,5	7,2	12,7
$N_{60}P_{70}K_{127,5}+N_{45}$	62,0	21,1	11,1	7,0	10,6
$P_{40}K_{90}$	47,2	6,3	–	4,8	–
$N_{45}P_{40}K_{90}$	57,2	16,3	10,0	9,3	22,2
$N_{75}P_{40}K_{90}$	56,8	15,9	9,6	7,8	12,8
$N_{60}P_{40}K_{90}+N_{45}$	61,4	20,5	14,2	8,7	13,5
$P_{20}K_{45}$	45,9	5,0	–	7,8	–
$N_{45}P_{20}K_{45}$	54,4	13,5	8,5	12,3	18,2
$N_{75}P_{20}K_{45}$	56,2	15,3	10,3	10,9	13,3
НСР	1,6				

Существенное значение для обоснования наиболее эффективных уровней применения удобрений и целенаправленного регулирования почвенного плодородия имеют балансовые расчеты.

Среднегодовая продуктивность севооборота формировалась при положительном балансе азота (3,3-52,0 кг/га), фосфора (2,0-70,9 кг/га) и калия (15,3-157,2 кг/га). Положительный баланс фосфора и калия прослеживается и при дозах удобрений, соответствующих 50% компенсации выносов P_2O_5 и K_2O с урожаем, что объясняется более низкой продуктивностью сельскохозяйственных культур и небольшим выносом элементов питания (табл. 5). Даже при отсутствии одного из удобрений в парных комбинациях РК, NP и НК баланс элементов питания положительный.

Отрицательный баланс по азоту (-25,3), фосфору (-17,5) и калию (-71,6) отмечен только при отсутствии удобрений. С увеличением доз фосфорных и калийных удобрений баланс азота уменьшался с 6,1 до 3,3, и возрастал при повышении доз азотных удобрений (табл. 2).

Таблица 2

**Среднегодовой баланс элементов питания
в зернопропашном севообороте**

Вариант	Азот		Фосфор		Калий	
	баланс, ± кг/га	ИБ*, %	баланс, ± кг/га	ИБ*, %	баланс, ± кг/га	ИБ*, %
Без удобрений	-25,3	49	-17,5	8	-71,6	13
17,5 т/га НКРС – фон	12,5	117	9	138	44,9	146
N ₇₅ P ₇₀	39,0	132	70,7	322	15,3	112
N ₇₅ K _{127,5}	40,0	133	2,0	107	139,4	207
P ₇₀ K _{127,5}	3,3	104	74,7	369	157,2	240
N ₄₅ P ₇₀ K _{127,5}	21,0	119	70,9	324	139,5	207
N ₇₅ P ₇₀ K _{127,5}	34,0	127	68,7	303	130,9	194
N ₆₀ P ₇₀ K _{127,5} +N ₄₅	49,0	134	68,1	298	124,6	186
P ₄₀ K ₉₀	4,1	105	46,1	275	118,9	205
N ₄₅ P ₄₀ K ₉₀	21,0	119	41,6	235	103,0	180
N ₇₅ P ₄₀ K ₉₀	37,0	130	41,6	235	98,6	174
N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ +N ₄₅	52,0	137	39,2	218	87,7	161
P ₂₀ K ₄₅	6,1	107	26,7	203	72,6	169
N ₄₅ P ₂₀ K ₄₅	26,0	125	22,5	175	55,3	145
N ₇₅ P ₂₀ K ₄₅	41,0	134	21,5	169	50,4	140

*ИБ – интенсивность баланса, * – дробное внесение азота.

Интенсивность баланса – отношение поступления элементов питания к выносу их урожаем – выражается в виде процентов или коэффициентов. Величина интенсивности менее 100% характеризует дефицитный, на уровне 100% – бездефицитный, нулевой или поддерживающий баланс, а более 100% – положительный. По азоту интенсивность баланса изменялась от 104-107% при применении P₂₀₋₇₀K_{45-127,5} до 127-137% при внесении N₇₅₋₁₀₅ на фоне P₂₀₋₇₀K_{45-127,5}. Интенсивность баланса по фосфору и калию во всех вариантах выше 100% (табл. 2).

Содержание подвижных (по Кирсанову) форм фосфора и калия в почве увеличилось во всех вариантах, даже при внесении только органических удобрений. Содержание фосфора в оптимальном по продуктивности варианте возросло на 29, калия – на 11 мг/кг. При отсутствии удобрений содержание фосфора снизилось на 0,9, а калия – на 20 мг/кг почвы (табл. 3).

Таблица 3

**Изменение агрохимических показателей пахотного слоя
в зернопропашном севообороте**

Вариант	pH _{KCl}		P ₂ O ₅ , мг/кг		K ₂ O, мг/кг		Гумус, %	
	1994- 1996 гг.	1998- 2000 гг.	1994- 1996 гг.	1998- 2000 гг.	1994- 1996 гг.	1998- 2000 гг.	1994- 1996 гг.	1998- 2000 гг.
1. Без удобрений	6,2	6,1	190	181	153	133	2,93	2,84
2. 17,5 т/га НКРС – фон	6,2	6,2	194	200	169	158	2,79	2,94
3. N ₇₅ P ₇₀	6,1	6,2	215	245	162	145	2,78	3,14
4. N ₇₅ K _{127,5}	6,1	6,2	197	203	201	225	2,97	3,16
5. P ₇₀ K _{127,5}	6,3	6,2	238	268	230	275	2,89	3,12
6. N ₄₅ P ₇₀ K _{127,5}	6,2	6,2	235	263	200	239	2,91	3,08
7. N ₇₅ P ₇₀ K _{127,5}	6,2	6,1	238	276	218	233	2,86	3,09
8. *N ₁₀₅ P ₇₀ K _{127,5}	6,2	6,1	264	281	226	235	2,90	3,09
9. P ₄₀ K ₉₀	6,2	6,2	241	270	206	238	2,92	3,12
10. N ₄₅ P ₄₀ K ₉₀	6,1	6,1	252	260	244	234	2,97	3,37
11. N ₇₅ P ₄₀ K ₉₀	6,0	6,1	268	270	232	222	2,90	3,35
12. *N ₁₀₅ P ₄₀ K ₉₀	6,1	6,1	238	257	202	213	2,89	3,25
13. P ₂₀ K ₄₅	6,1	6,2	246	259	220	224	2,84	3,17
14. N ₄₅ P ₂₀ K ₄₅	6,0	6,1	232	241	192	203	2,99	3,26
15. N ₇₅ P ₂₀ K ₄₅	6,0	6,1	248	249	210	172	2,80	3,27
НСР	0,08	0,09	26	24	22	19	0,35	0,32

*Дробное внесение азота.

Содержание гумуса в варианте без удобрений уменьшилось на 0,09%, а при применении органической системы удобрения повысилось на 0,15%. Трудно выделить влияние систем удобрения и величины продуктивности на накопление гумуса в почве. Однако можно отметить, что совместное применение органических и минеральных удобрений способствовало накоплению гумуса на 0,18-0,47% (табл. 3).

Исследования в зернотравяно-пропашном севообороте на дерново-подзолистой супесчаной почве показали, что лучшая среднегодовая продуктивность 87,5-87,7 ц./га к.ед. формировалась при внесении максимальной дозы азотных удобрений N84 в два срока на фоне фосфорных и калийных удобрений P40,70K88,126, рассчитанных на 100% и 150% компенсацию выносов (поддерживающие и положительные балансы P₂O₅ и K₂O).

Среднегодовое внесение фосфорных и калийных удобрений P_{20,40,70}K_{44,88,126} на фоне 12 т/га навоза КРС обеспечило прибавку продуктивности севооборота 6,2, 8,3 и 10,3 ц/га к.ед. соответственно при окупаемости 1 кг РК 5,3-9,4 кг зерна. Окупаемость 1 кг NPK при применении N₈₄P₄₀₋₇₀K₈₈₋₁₂₆ составила 8,3-10,9 к.ед., азотных – 15,5-17,6 к.ед., фосфорных и калийных удобрений – 5,2-6,5 к.ед.

При системе удобрения сельскохозяйственных культур со среднегодовым внесением N36-60P20K44 (50% компенсации выносов P₂O₅ и K₂O) формировалась среднегодовая продуктивность севооборота 76,6-79,7 ц/га к.ед., а окупае-

мость 1 кг NPK составила 12,2-12,3 к.ед., азотных удобрений – 16,7-15,0 к.ед., фосфорных и калийных – 9,7 к.ед.

Эффективным агрохимическим приемом при возделывании культур зерно-травяно-пропашного севооборота оказалось внесение органических удобрений (60 т/га соломистого навоза КРС под картофель). Действие и последствие органических удобрений способствовало дополнительному сбору 7,7 ц/га к.ед. при окупаемости одной тонны навоза 64,2 к.ед. (табл. 4).

Таблица 4

**Влияние систем удобрения на продуктивность
зернотравяно-пропашного севооборота**

Среднегодовой уровень применения удобрений	Среднегодовая продуктивность, ц/га к.ед	Прибавка от удобрений, ц/га		Оплата удобрений к.ед.	
		NPK	N	NPK	N
Без удобрений	56,7	–	–	–	–
12 т/га НКРС – фон	64,4	7,7	–	–	–
N ₆₀ P ₇₀	81,7	17,3	–	13,3	–
N ₆₀ K ₁₂₆	83,4	19,0	–	10,2	–
P ₇₀ K ₁₂₆	74,7	10,3	–	5,3	–
N ₃₆ P ₇₀ K ₁₂₆	81,8	17,4	7,1	7,5	19,7
N ₆₀ P ₇₀ K ₁₂₆	83,1	18,7	8,4	7,3	14,0
N ₈₄ P ₇₀ K ₁₂₆	87,7	23,3	13,0	8,3	15,5
P ₄₀ K ₈₈	72,7	8,3	–	6,5	–
N ₃₆ P ₄₀ K ₈₈	78,8	14,4	6,1	8,8	16,9
N ₆₀ P ₄₀ K ₈₈	83,0	18,6	10,3	9,9	17,2
N ₈₄ P ₄₀ K ₈₈	87,5	23,1	14,8	10,9	17,6
P ₂₀ K ₄₄	70,6	6,2	–	9,4	–
N ₃₆ P ₂₀ K ₄₄	76,6	12,2	6,0	12,0	16,7
N ₆₀ P ₂₀ K ₄₄	79,7	15,3	9,1	12,3	15,2
НСР ₀₅	3,0				

Исследования показали, что в результате введения в севооборот клевера и озимого тритикале получена продуктивность на уровне 80-88 ц/га к.ед., что на 20-26 ц/га к.ед. больше, чем в севообороте с 4 культурами (в севообороте картофель, ячмень, озимая рожь, овес за 1995-1999 гг. получено 60-62 ц/га к.ед.).

В многочисленных опытах, проведенных в Республике Беларусь, установлено, что при достижении продуктивности пашни выше 50 ц/га к.ед. при недостаточном уровне применения удобрений может складываться отрицательный баланс по важнейшим элементам питания: азоту, фосфору, калию, а также усиливаются процессы деградации гумуса. Поэтому существенное значение для обоснования наиболее эффективных уровней применения удобрений и целенаправленного регулирования почвенного плодородия имеют балансовые расчеты [6, 7].

При расчете баланса элементов питания в приходную статью включено поступление азота, фосфора и калия с органическими ($N_{49,2}P_{28,8}K_{63}$) и минеральными удобрениями, осадками и семенами ($N_{13,9}P_{1,6}K_{10,7}$), среднегодовая фиксация азота свободноживущими микроорганизмами – 10,0 кг/га, и среднегодовая фиксация азота клевером – 22 кг/га (табл. 5).

При применении $N_{84}P_{40,70}K_{88,126}$ на фоне 12 т/га навоза КРС положительный баланс азота составил 17-20 кг/га, фосфора – 4-33 кг/га. В вариантах без применения азотных удобрений и при внесении N_{36} на фоне $P_{20}O_{520-70}K_{44-126}$ баланс по азоту оказался отрицательный – от -3 до -41 кг/га. Интенсивность баланса более 100% характерна для азота при внесении N_{60-84} на фоне $P_{40,70}K_{126}$.

Положительный баланс по фосфору характерен для системы удобрения с $N_{36-84}P_{40,70}K_{88,126}$ (P_2O_5 в расчете на поддерживающий и положительный баланс) и с нарастанием доз азотных удобрений баланс уменьшался.

Баланс по калию положительный только при среднегодовом внесении 126 кг/га калийных удобрений (табл. 5).

Таблица 5

**Среднегодовой баланс элементов питания
в зернотравяно-пропашном севообороте**

Вариант	Азот		Фосфор		Калий	
	баланс, ± кг/га	ИБ*, %	баланс, ± кг/га	ИБ*, %	баланс, ± кг/га	ИБ*, %
Без удобрений	-41	57	-40	4	-107	9
Навоз, 12 т/га – фон	-13	90	-21	58	-73	47
$N_{60}P_{70}$	8	105	36	157	-89	42
$N_{60}K_{126}$	6	104	-37	44	8	104
$P_{70}K_{126}$	-41	73	42	173	25	115
$N_{36}P_{70}K_{126}$	-15	91	36	156	7	104
$N_{60}P_{70}K_{126}$	6	104	36	156	8	104
$N_{84}^{**}P_{70}K_{126}$	17	110	33	150	1	100
$P_{40}K_{88}$	-27	80	14	126	-7	95
$N_{36}P_{40}K_{88}$	-5	97	11	119	-14	91
$N_{60}P_{40}K_{88}$	5	103	5	108	-20	88
$N_{84}^{**}P_{40}K_{88}$	20	112	4	107	-23	87
$P_{20}K_{44}$	-22	83	-3	94	-43	72
$N_{36}P_{20}K_{44}$	-3	98	-8	85	-53	67
$N_{60}P_{20}K_{44}$	9	106	-12	81	-57	65

*ИБ – интенсивность баланса, ** – дробное внесение азота.

В вариантах с максимальной продуктивностью севооборота 87,5-87,7 ц/га к.е. при применении $N_{84}P_{40-70}K_{88-126}$ интенсивность баланса по азоту составила 112-110, по фосфору – 107-150, и по – калию 87-100% (табл.5).

Результаты исследований подвижного (0,2 М НСl) фосфора и калия в почве показали, что достоверного повышения или снижения содержания подвижного фосфора в почве за севооборот не наблюдалось, кроме варианта с внесением $N_{60}P_{20}K_{44}$ (P_2O_5 в расчете на дефицитный баланс), где содержание P_2O_5 снизилось на 32 мг/кг почвы.

Содержание подвижного калия в почве уменьшилось на 21-41 мг/кг при отсутствии калийных удобрений и при внесении их в расчете на дефицитный баланс. Максимальное снижение содержания калия в почве на 41 мг/кг обнаружено при внесении $N_{36}P_{20}K_{44}$.

Обменная кислотность почвы повысилась на 0,3-0,4 единицы – от 6,1-6,2 до 5,7-5,9 (табл. 6).

Известно [13], что на каждый центнер клеверного сена в почве с корневыми остатками остается до 1 кг азота. После клевера остается 40-50 ц органического вещества. Однако, в наших исследованиях содержание гумуса за ротацию севооборота в некоторых вариантах ($N_{36-84}P_{40}K_{88}$) достоверно уменьшалось на 0,36-0,46% (от 3,25-3,37% до 2,98-2,81%) (табл. 6).

Таблица 6

**Динамика агрохимических показателей пахотного слоя
в зернотравяно-пропашном севообороте**

Вариант	рН _{KCl}		P_2O_5 , мг/кг		K_2O , мг/кг		Гумус, %	
	1998- 2000 гг.	2003- 2005 гг.	1998- 2000 гг.	2003- 2005 гг.	1998- 2000 гг.	2003- 2005 гг.	1998- 2000 гг.	2003- 2005 гг.
Без удобрений	6,1	5,8	181	168	133	110	2,84	2,60
Навоз, ¹² т/га –фон	6,2	5,9	200	185	158	125	2,94	2,79
$N_{60}P_{70}$	6,2	5,8	245	256	145	114	3,14	2,83
$N_{60}K_{126}$	6,2	5,8	203	187	225	247	3,16	3,02
$P_{70}K_{126}$	6,2	5,9	268	270	275	275	3,12	2,90
$N_{36}P_{70}K_{126}$	6,2	5,8	263	275	239	246	3,08	2,94
$N_{60}P_{70}K_{126}$	6,1	5,8	276	285	233	239	3,09	2,87
* $N_{84}P_{70}K_{126}$	6,1	5,7	281	281	235	238	3,09	2,91
$P_{40}K_{88}$	6,2	5,8	270	277	238	246	3,12	2,99
$N_{36}P_{40}K_{88}$	6,1	5,8	260	255	234	226	3,37	2,98
$N_{60}P_{40}K_{88}$	6,1	5,8	270	260	222	206	3,35	2,91
* $N_{84}P_{40}K_{88}$	6,1	5,8	257	240	213	192	3,25	2,89
$P_{20}K_{44}$	6,2	5,8	259	237	224	197	3,17	2,88
$N_{36}P_{20}K_{44}$	6,1	5,8	241	221	203	162	3,26	3,00
$N_{60}P_{20}K_{44}$	6,1	5,8	249	217	172	146	3,27	2,81
НСР ₀₅	0,09	0,08	24	25	19	18	0,32	0,31

*Дробное внесение азота.

Таким образом, при введении в севооборот высокоурожайных культур (клевер и озимое тритикале) среднегодовая продуктивность севооборота картофель – ячмень – озимая рожь с подсевом клевера – клевер луговой – озимое тритикале составила 80 – 88 ц к. ед. /га при изменении плодородия пахотного слоя поч-

вы (повышение кислотности на 0,3-0,4 ед. и снижение содержания гумуса на 0,13-0,46%).

Продуктивность двух ротаций севооборотов на дерново-подзолистой супесчаной почве при применении минеральных удобрений на фоне 14,4 т/га органических формировалась на уровне 52,7-74,9 ц/га. Среднегодовая прибавка продуктивности при применении 14,4 т/га органических удобрений составила 7,3 ц/га к. ед., а при внесении минеральных удобрений – 5,6-22,2 ц/га к.ед. Отсутствие фосфора или калия, и особенно азота, существенно снижало среднегодовой выход кормовых единиц, несмотря на повышенную обеспеченность супесчаной почвы подвижными формами P_2O_5 и K_2O (табл. 7).

Таблица 7

Продуктивность двух ротаций севооборота

Вариант	Продуктивность, ц/га к.ед.	Прибавка, ц/га к.ед.		Оплата удобрений к.ед.	
		фон	N	NPK	N
Без удобрений	45,4	–	–	–	–
14,4 т/га НКРС – фон	52,7	7,3	–	–	–
$N_{67}P_{70}$	69,2	16,6	–	12,1	–
$N_{67}K_{127}$	69,8	17,2	–	8,9	–
$P_{70}K_{127}$	62,8	10,2	–	5,2	–
$N_{40}P_{70}K_{127}$	69,4	16,7	6,6	7,0	16,5
$N_{67}P_{70}K_{127}$	71,8	19,1	9,0	7,4	13,4
$N_{93}P_{70}K_{127}$	74,9	22,2	12,1	7,7	13,0
$P_{40}K_{89}$	60,0	7,3	–	0,6	–
$N_{40}P_{40}K_{89}$	68,0	15,4	8,1	9,1	20,3
$N_{67}P_{40}K_{89}$	69,9	17,3	10,0	8,8	14,9
$N_{93}P_{40}K_{89}$	74,5	21,8	14,5	9,8	15,6
$P_{20}K_{44}$	58,3	5,6	–	8,8	–
$N_{40}P_{20}K_{44}$	65,5	12,9	7,3	12,4	18,3
$N_{67}P_{20}K_{44}$	68,0	15,3	9,7	11,7	14,5
HCP_{05}	1,8				

Установлено, что содержание подвижного (0,2 М HCl) фосфора за две ротации севооборота достоверно снизилось на 31 мг/кг почвы только при среднегодовом применении $N_{67}P_{20}K_{44}$ на фоне 14,4 т/га органических удобрений и достоверно увеличилось на 32-47 мг/кг при применении фосфорных удобрений в расчете на положительный баланс P_2O_5 (табл. 8).

Содержание подвижного (0,2 М HCl) калия за две ротации севооборота достоверно снизилось на 23-64 мг/кг почвы при среднегодовом применении $N_{67}P_{20,40}K_{44,89}$ на фоне 14,4 т/га органических удобрений. Максимальное снижение содержания калия в почве на 43-48 мг/кг обнаружено при отсутствии калийных удобрений. При внесении калийных удобрений из расчета на положительный баланс содержание калия в почве достоверно увеличилось на 21-48 мг/кг (табл. 8).

Обменная кислотность почвы повысилась на 0,2-0,5 единицы – от 6,1-6,3 до 5,7-5,9 (табл. 8).

Таблица 8

**Динамика агрохимических показателей пахотного слоя
в зернотравяно-пропашном севообороте**

Вариант	рН _{KCl}		Р ₂ О ₅ , мг/кг		К ₂ О, мг/кг		Гумус, %	
	1994- 1996 гг.	2003- 2005 гг.	1994- 1996 гг.	2003- 2005 гг.	1994- 1996 гг.	2003- 2005 гг.	1994- 1996 гг.	2003- 2005 гг.
Без удобрений	6,2	5,8	190	168	153	110	2,93	2,60
Навоз, 14,4 т/га – фон	6,2	5,9	194	185	169	125	2,79	2,79
N ₆₇ P ₇₀	6,1	5,8	215	256	162	114	2,78	2,83
N ₆₇ K ₁₂₇	6,1	5,8	197	187	201	247	2,97	3,02
P ₇₀ K ₁₂₇	6,3	5,9	238	270	230	275	2,89	2,90
N ₄₀ P ₇₀ K ₁₂₇	6,2	5,8	235	275	200	246	2,91	2,94
N ₆₇ P ₇₀ K ₁₂₇	6,2	5,8	238	285	218	239	2,86	2,87
*N ₉₃ P ₇₀ K ₁₂₇	6,2	5,7	264	281	226	238	2,90	2,91
P ₄₀ K ₈₉	6,2	5,8	241	277	206	246	2,92	2,99
N ₄₀ P ₄₀ K ₈₉	6,1	5,8	252	255	244	226	2,97	2,98
N ₆₇ P ₄₀ K ₈₉	6,0	5,8	268	260	232	206	2,90	2,91
*N ₉₃ P ₄₀ K ₈₉	6,1	5,8	238	240	202	192	2,89	2,89
P ₂₀ K ₄₄	6,1	5,8	246	237	220	197	2,84	2,88
N ₄₀ P ₂₀ K ₄₄	6,0	5,8	232	221	192	162	2,99	3,00
N ₆₇ P ₂₀ K ₄₄	6,0	5,8	248	217	210	146	2,80	2,81
НСП ₀₅	0,09	0,08	26	25	22	18	0,35	0,31

*Дробное внесение азота.

При среднегодовой продуктивности двух ротаций на уровне 52,7-74,9 ц/га к.ед. при применении только органических и минеральных удобрений на фоне среднегодового внесения 14,4 т/га органических (соломистый навоз КРС), в дерново-подзолистой супесчаной почве содержание гумуса сохранилось на первоначальном уровне. При отсутствии органических и минеральных удобрений снижение содержания гумуса составило 0,33% (табл. 8).

Максимальная продуктивность зернотравяного (горохо-овсяная смесь – ячмень Гонар – озимая рожь Зарница с подсевом клевера лугового – клевер луговой Устойливы – озимое тритикале Вольтарио) севооборота 83,2 ц/га к.ед. получена при среднегодовом применении 84 кг/га д.в. азотных удобрений в два или три срока на фоне Р₄₀К₈₀ (в расчете на поддерживающие балансы фосфора и калия). Прибавка продуктивности севооборота по отношению к фоновому варианту (8 т/га среднегодовое внесение навоза КРС) составила 21,5 ц/га к.ед. при окупаемости 1 кг NPK 9,7 к.ед., в том числе получена прибавка от применения азотных удобрений 9,7 ц/га к.ед. Окупаемость 1 кг д.в. азота составила 11,5 к.ед. При внесении аналогичных доз азотных удобрений на фоне Р₇₀К₁₂₀ (положительные балансы) продуктивность севооборота, если несколько и выше (на 0,8-1,3 ц/га к.ед.), но ниже НСП. При применении N_{36,60} на фоне Р₂₀К₄₀ (дефицитный баланс) недобор продуктивности составил 5,3-4,1 ц/га к.ед. (табл. 9).

Таблица 9

Продуктивность зернотравяного севооборота

Вариант	Продуктивность, ц/га к.ед.	Прибавка, ц/га к.ед. от		Оплата к.ед. 1 кг	
		NPK	N	NPK	N
1. Без удобрений	54,2	–	–	–	–
2. 8 т/га НКРС – фон	61,7	7,5	–	0,9	–
3. N ₆₀ P ₇₀	76,7	15,0	–	11,5	–
4. N ₆₀ K ₁₂₀	74,7	13,0	–	7,2	–
5. P ₇₀ K ₁₂₀	73,5	11,8	–	6,2	–
6. N ₃₆ P ₇₀ K ₁₂₀	82,0	20,3	8,5	9,0	23,6
7. N ₆₀ P ₇₀ K ₁₂₀	80,7	19,0	7,2	7,6	12,0
8. N ₈₄ *P ₇₀ K ₁₂₀	84,5	22,8	11,0	8,3	13,1
9. P ₄₀ K ₈₀	73,5	11,8	–	9,8	–
10. N ₃₆ P ₄₀ K ₈₀	81,2	19,5	7,7	12,5	21,4
11. N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	81,5	19,8	8,0	11,0	12,5
12. N ₈₄ *P ₄₀ K ₈₀	83,2	21,5	9,7	10,5	11,5
13. P ₂₀ K ₄₀	68,3	6,6	–	11,0	–
14. N ₃₆ P ₂₀ K ₄₀	75,9	14,2	7,6	14,8	21,1
15. N ₆₀ P ₂₀ K ₄₀	77,4	15,7	9,1	12,7	15,2
НСР ₀₅	1,6				

За ротацию зернотравяного севооборота кислотность почвы имела тенденцию к повышению при снижении рН на 0-0,18 ед. Содержание подвижных (0,2 М НСl) фосфора и калия в почве за севооборот также имело тенденцию или достоверно снижалось во всех вариантах. Содержание гумуса за ротацию зернотравяного севооборота практически осталось на первоначальном уровне или имело тенденцию к накоплению (табл. 10).

Таблица 10

Динамика агрохимических показателей пахотного слоя в зернотравяном севообороте

Вариант	рН _{КСl}			Р ₂ О ₅ , мг/кг			К ₂ О, мг/кг			Гумус, %		
	2003-2004	2008-2009	+	2003-2004	2008-2009	+	2003-2004	2008-2009	+	2003-2004	2008-2009	+
1. Без удобрений	5,88	5,85	-0,03	153	128	-25	111	69	-42	2,75	2,71	-0,04
2. 8 т/га НКРС* – фон	5,96	5,95	-0,01	170	151	-19	126	95	-31	2,94	2,84	-0,10
3. N ₆₀ P ₇₀	5,85	5,78	-0,07	254	225	-29	105	72	-33	2,98	2,90	-0,08
4. N ₆₀ K ₁₂₀	5,88	5,87	-0,01	168	149	-19	262	231	-31	3,00	2,98	-0,02

Вариант	pH _{KCl}			P ₂ O ₅ , мг/кг			K ₂ O, мг/кг			Гумус, %		
	2003-2004	2008-2009	+	2003-2004	2008-2009	+	2003-2004	2008-2009	+	2003-2004	2008-2009	+
5. P ₇₀ K ₁₂₀	5,91	5,85	-0,06	261	254	-7	287	241	-46	2,92	2,91	-0,01
6. N ₃₆ P ₇₀ K ₁₂₀	5,86	5,76	-0,10	269	264	-5	264	223	-41	2,92	2,97	+0,05
7. N ₆₀ P ₇₀ K ₁₂₀	5,84	5,72	-0,12	282	260	-22	257	214	-43	2,92	2,94	0,02
8. N ₈₄ *P ₇₀ K ₁₂₀	5,79	5,61	-0,18	283	266	-17	254	218	-36	3,02	2,91	-0,11
9. P ₄₀ K ₈₀	5,88	5,81	-0,07	270	241	-29	265	217	-48	3,08	2,91	-0,17
10. N ₃₆ P ₄₀ K ₈₀	5,84	5,79	-0,05	250	240	-10	250	203	-47	3,05	2,96	-0,11
11. N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	5,81	5,71	-0,10	266	234	-32	219	162	-57	3,02	2,95	-0,07
12. N ₈₄ *P ₄₀ K ₈₀	5,8	5,73	-0,07	246	222	-24	210	166	-44	2,87	3,02	+0,15
13. P ₂₀ K ₄₀	5,91	5,93	0,02	241	223	-18	216	171	-45	2,93	2,94	+0,01
14. N ₃₆ P ₂₀ K ₄₀	5,84	5,84	0	222	207	-15	167	147	-20	3,11	3,12	+0,01
15. N ₆₀ P ₂₀ K ₄₀	5,88	5,79	-0,09	217	193	-24	156	116	-40	2,98	2,97	-0,01
НСП	0,10	0,11		35	37		22,3	24,4		0,43	0,40	

В результате проведенных исследований подготовлены параметры изменения агрохимических показателей в пахотном слое дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой с глубины 30-50 см песком, почве в зависимости от севооборота и системы удобрения (табл. 11, 12).

Органо-минеральная система удобрения, предусматривающая внесение **N₄₅₋₁₀₅P₂₀₋₇₀K_{45-127,5} на фоне 17,5 т/га** соломистого навоза КРС, обеспечила продуктивность **зернопропашного севооборота**: картофель – ячмень – озимая рожь – овес на уровне 54-62 ц/га к.ед. при сохранении реакции почвенной среды; сохранении или повышении содержания гумуса на 0,15-0,47%, а фосфора – на 8-38 мг/кг почвы. **Органо-минеральная система удобрения (17,5 т/га НКРС + N₇₅K_{127,5} или P₂₀₋₇₀ K_{45-127,5} или N₄₅₋₁₀₅P₂₀₋₇₀K_{45-127,5})** обеспечивает сохранение содержания подвижного калия в почве, кроме варианта (17,5 т/га НКРС + N₇₅P₂₀K₄₅), где снижение содержания калия в почве произошло на 38 мг/кг

Органо-минеральная система удобрения, предусматривающая внесение **N₃₆₋₈₄P_{40,70}K_{88,126} на фоне 12 т/га** соломистого навоза КРС, обеспечила продуктивность **зернотравяно-пропашного севооборота**: картофель – ячмень – озимая рожь с подсевом клевера-клевер луговой – озимое тритикале на уровне 70-88 ц/га к.ед. при **повышении почвенной кислотности** пахотного слоя на 0,14-0,46 ед., **снижении содержания гумуса на 0,18-0,36%, при сохранении подвижных фосфора и калия.**

Органо-минеральная система удобрения, предусматривающая внесение **N₄₀₋₉₃P₂₀₋₇₀K₄₄₋₁₂₇ на фоне 14,4 т/га** соломистого навоза КРС, обеспечила продуктивность двух ротаций **зерно-пропашного и зернотравяно-пропашного севооборотов** на уровне 52,7-74,9 ц/га к.ед. **при сохранении реакции почвенной среды** и содержания **гумуса** пахотного слоя, а также при сохранении и повышении содержания подвижных фосфора и калия. **Органо-минеральная система удобрения (14,4 т/га НКРС + N₄₀₋₆₇P₂₀K₄₄)** обеспечивает продуктивность севооборота на уровне 58,3-68,0 ц/га к.ед. **без сохранения** содержания подвижных фосфора и калия в пахотном слое за две ротации зерно-пропашного и зернотравяно-пропашного севооборота.

Органо-минеральная система удобрения, предусматривающая внесение **N₃₆₋₈₄P₂₀₋₇₀K₄₀₋₁₂₀ на фоне 8 т/га** соломистого навоза КРС, обеспечила продук-

тивность **зернотравяного севооборота**: горохо-овсяная смесь – ячмень – озимая рожь с подсевом клевера – клевер луговой – озимое тритикале на уровне 68,3-84,5 ц/га к.ед. при **снижении почвенной кислотности** пахотного слоя на 0,13-0,26, сохранении содержания гумуса и снижении содержания подвижных фосфора и калия.

Таблица 11

Продуктивность и параметры изменения реакции почвенной среды и содержания гумуса в зависимости от севооборота и системы удобрения на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Продук- тив- ность, ц/га к.ед.	Изменение pH			Изменение гумуса		
		в нача- ле ро- тации	в конце ротации	±	в начале ротации	в конце ротации	±
зернопропашной севооборот							
Без удобрений	34,0	6,2	6,1	-0,1	2,93	2,84	-0,9
17,5 т/га НКРС – фон	40,9	6,2	6,2	0	2,79	2,94	+0,15
N ₇₅ P ₇₀	56,7	6,1	6,2	+0,1	2,78	3,14	+0,36
N ₇₅ K _{127,5}	56,2	6,1	6,2	+0,1	2,97	3,16	+0,19
P ₂₀₋₇₀ K _{45-127,5}	45,9-50,9	6,1-6,3	6,1-6,2	0	2,84-2,92	3,12-3,17	0,25-0,28
N ₄₅₋₁₀₅ P ₂₀₋₇₀ K _{45-127,5}	54,4-62,0	6,0-6,2	6,1-6,2	0	2,80-2,99	3,08-3,37	0,19-0,47
зернотравяно-пропашной севооборот							
Навоз КРС 12 т/га – фон	64,4	6,2	5,9	-0,3	2,94	2,79	-0,15
Фон + N ₆₀ P ₇₀	81,7	6,2	5,8	-0,4	3,14	2,83	-0,31
Фон + N ₆₀ K ₁₂₆	83,4	6,2	5,8	-0,4	3,16	3,02	-0,14
Фон + P ₂₀₋₇₀ K ₄₄₋₁₂₆	70,6-74,7	6,1-6,2	5,8	-0,4	3,12-3,17	2,88-2,99	0,13- -0,37
Фон + N ₄₀₋₉₃ P ₂₀₋₇₀ K ₄₄₋₁₂₇	76,6-87,7	6,1-6,2	5,7-5,9	-0,3-0,4	3,08-3,37	2,81-3,00	0,14- -0,46
две ротации зерно-пропашного и зернотравяно-пропашного севооборота							
Без удобрений	45,4	6,2	5,8	-0,1	2,93	2,60	-0,9
14,4 т/га НКРС – фон	52,7	6,2	5,9	0	2,79	2,79	+0,15
N ₆₇ P ₇₀	69,2	6,1	5,8	+0,1	2,78	2,83	+0,36
N ₆₇ K ₁₂₇	69,8	6,1	5,8	+0,1	2,97	3,02	+0,19
P ₂₀₋₇₀ K ₄₄₋₁₂₇	58,3-62,8	6,1-6,3	5,8	0	2,84-2,92	2,88-2,99	0,25-0,28
N ₄₀₋₉₃ P ₂₀₋₇₀ K ₄₄₋₁₂₇	65,5-74,9	6,0-6,2	5,7-5,9	0	2,80-2,99	2,81-3,00	0,19-0,47
зернотравяной севооборот							
1. Без удобрений	54,2	5,51	5,85	0,34	2,75	2,71	-0,04
2. 8 т/га НКРС – фон	61,7	5,63	5,95	0,32	2,94	2,84	-0,10
3. Фон + N ₆₀ P ₇₀	76,7	5,56	5,78	0,22	2,98	2,90	-0,08
4. Фон + N ₆₀ K ₁₂₀	74,7	5,61	5,87	0,26	3,00	2,98	-0,02
5. Фон + P ₂₀₋₇₀ K ₄₀₋₁₂₀	68,3-73,5	5,62-5,66	5,81-5,93	0,17-0,19	2,85- 2,95	2,91-2,94	0,01-0,06
6. Фон + N ₃₆₋₈₄ P ₂₀₋₇₀ K ₄₀₋₁₂₀	75,9-84,5	5,48-5,58	5,61-5,84	0,13-0,26	2,87- 3,11	2,91-3,12	0,17- 0,15

Таблица 12

**Параметры изменения содержания подвижных фосфора
и калия за ротацию севооборотов**

Вариант	Продук- тивность, ц/га к.ед.	Изменение P ₂ O ₅ , мг/кг			Изменение K ₂ O, мг/кг		
		в на- чале рота- ции	в кон- це рота- ции	+	в на- чале рота- ции	в кон- це рота- ции	+
за ротацию зернопропашного севооборота							
Без удобрений	34,0	190	181	-9	153	133	-20
17,5 т/га НКРС – фон	40,9	194	200	+6	169	158	-11
P ₂₀₋₇₀ K _{45-127,5}	45,9-50,9	238-246	259-270	13 -30	206-230	224-275	4-45
N ₄₅₋₁₀₅ P ₂₀₋₇₀ K _{45-127,5}	54,4-62,0	232-268	241-281	1-38	192-244	172-239	-38-39
за ротацию зернотравяно-пропашного севооборота							
Без удобрений	56,7	181	168	-13	133	110	-23
Навоз КРС 12 т/га –фон	64,4	200	185	-15	158	125	-33
P ₄₀₋₇₀ K _{88,126}	72,7-74,7	268-270	270-277	2-7	238-275	246-275	0-8
N ₃₆₋₈₄ P ₇₀ K ₁₂₆	81,8-87,7	263-281	275-285	0-12	233-239	238-246	3-7
за две ротации зернопропашного и зернотравяно-пропашного севооборота							
Без удобрений	45,4	190	168	-22	153	110	-43
14,4 т/га НКРС – фон	52,7	194	185	-9	169	125	-44
P ₄₀₋₇₀ K _{89,127}	60,0-62,8	238-241	270-277	32-36	206-230	246-275	40-45
N ₄₀₋₉₃ P ₄₀ K ₈₉	65,5-74,5	238-268	240-260	-8– +3	202-244	192-226	-10 – -26
N ₆₇₋₉₃ P ₇₀ K ₁₂₆	69,4-74,9	235-264	275-285	17-47	220-226	238-246	12-46
за ротацию зернотравяного севооборота							
Без удобрений	54,2	153	128	-25	111	69	-43
8 т/га НКРС – фон	61,7	170	151	-19	126	95	-31
P ₂₀₋₇₀ K ₄₀₋₁₂₀	68,3-73,5	241-270	223-254	-7 – -29	216-287	171-241	-45 – -47
N ₃₆₋₈₄ P ₂₀₋₇₀ K ₄₀₋₁₂₀	75,9-84,5	217-283	193-266	-5 – -32	156-264	116-223	-20 – -57

Регрессионный анализ подтвердил зависимость накопления элементов питания в почве за ротацию зернопропашного и зернотравяно-пропашного севооборота, а также за две ротации вышеуказанных севооборотов в зависимости от продуктивности данных севооборотов и доз внесения фосфорных и калийных удобрений (табл. 13).

Таблица 13

**Регрессионная зависимость накопления элементов питания в почве
в зависимости от дозы удобрений и продуктивности севооборота**

Элемент питания	Уравнение регрессии	Расчетная доза, кг/га д.в.
Зернопропашной		
Фосфор	$Y = -7,8244 - 0,1688x + 0,4284z, R^2 = 0,66$	15

Окончание таблицы 13

Элемент питания	Уравнение регрессии	Расчетная доза, кг/га д.в.
Калий	$Y=37,95-1,2659x+0,4625z$, $R^2=0,62$	45
Зернотравяно-пропашной		
Фосфор	$Y=-4,5963-0,4610x+0,3670z$, $R^2=0,77$	65
Калий	$Y=16,7679-0,5483x+0,4857z$, $R^2=0,67$	76
Зернопропашной + Зернотравяно-пропашной		
Фосфор	$Y=22,2669-0,7553x+0,92z$, $R^2=0,75$	50
Калий	$Y=53,9-1,9053x+0,8576z$, $R^2=0,82$	63
Элемент питания	Уравнение регрессии	Расчетная доза, кг/га д.в.
Зернопропашной		
Фосфор	$Y=-7,8244-0,1688x+0,4284z$, $R^2=0,66$	15
Калий	$Y=37,95-1,2659x+0,4625z$, $R^2=0,62$	45
Зернотравяно-пропашной		
Фосфор	$Y=-4,5963-0,4610x+0,3670z$, $R^2=0,77$	65
Калий	$Y=16,7679-0,5483x+0,4857z$, $R^2=0,67$	76
Зернопропашной + Зернотравяно-пропашной		
Фосфор	$Y=22,2669-0,7553x+0,92z$, $R^2=0,75$	50
Калий	$Y=53,9-1,9053x+0,8576z$, $R^2=0,82$	63

x – доза внесения фосфорных или калийных удобрений,

z – продуктивность севооборота

При помощи математических моделей установлено, что при уровне продуктивности зернопропашного севооборота 34-62 ц/га к.ед. для обеспечения поддержания постоянного уровня содержания элементов питания в почве необходимо вносить не менее 15 кг/га д.в. фосфорных удобрений и более 45 кг/га д.в. калийных на фоне 17,5 т/га органических удобрений. С увеличением продуктивности севооборота до 56,7-87,7 ц/га к.ед. и при возделывании клевера лугового в севообороте (зернотравяно-пропашной) для поддержания содержания элементов питания на первоначальном уровне необходимо вносить не менее 65 кг/га д.в. фосфорных и 76 кг/га д.в. калийных удобрений. За ротации вышеуказанных севооборотов для поддержания бездефицитного баланса необходимо вносить не менее 50 кг/га д.в. фосфорных и 63 кг/га д.в. калийных удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.]. – Мн.: Институт почвоведения и агрохимии, 2006. – 288 с.
2. Адаптивные системы земледелия в Беларуси / В.Г. Гусаков [и др.]. – Мн., 2001. – 308 с.

3. Вильдфлуш, И.Р. Фосфор в почвах и земледелии Беларуси / И.Р. Вильдфлуш, А.Р. Цыганов, В.В. Лапа. – Минск: Хата, 1999. – 196 с.
4. Интенсивная технология возделывания зерновых колосовых культур / А.С. Андреев [и др.]. – Мн.: Ураджай, 1986. – 151 с.
5. Кобзаренко, В.И. Изучение ресурсов фосфора и калия дерново-подзолистой почвы и возможностей их мобилизации в условиях стационарного полевого опыта / В.И. Кобзаренко // Развитие почвенно-экологических исследований. – М.: МГУ, 1999. – С. 134-153.
6. Лапа, В.В. Продуктивность зернового севооборота и плодородие дерново-подзолистой почвы при различных системах применения удобрений / В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко // Агрохимия. – 2003. – №1. – С. 20-29.
7. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В.В. Лапа и [др.]. – Белорусский научный центр информации и маркетинга АПК. – Мн.: 2001. – 20 с.
8. Никончик, П.И. Интенсивное использование пашни / П.И. Никончик. – Мн.: Ураджай, 1995. – 192 с.
9. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов/ Ин. аграр.экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В.Г. Гусаков и [др.]. – Мн.: Бел. наука, 2005. – 460 с.
10. Привалов, Ф.И. Плодородие почв и применение удобрений в Республике Беларусь / Ф.И. Привалов, В.В. Лапа // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 2. – С. 7-14.
11. Применение удобрений в интенсивном земледелии: справ. пособие / М.П. Шкель [и др.]. – Мн.: Ураджай, 1989. – 216 с.
12. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]. – Мн.: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
13. Трепачев, Е.П. Агрохимические аспекты биологического азота в современном земледелии / Е.П. Трепачев – М., 1999. – 532 с.

PARAMETERS OF AGROCHEMICAL PROPERTIES OF LUVISOL LOAMY SAND SOIL AND ITS FERTILITY STATUS IN DEPENDENCE ON CROP ROTATIONS AND FERTILIZER SYSTEMS

V.V. Lapa, N.N. Ivakhnenko

Summary

The data on productivity of crop rotations with different share of grain crops in dependence on fertilizer system as well as parameters of agrochemical properties of Luvisol loamy sand soil (pH, humus content, mobile phosphorus and potassium content) in dependence on fertilizer system and crop rotation are considered.

Поступила 24 ноября 2009 г.