

УДК 631.8: 631.8.022.3

ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ УДОБРЕНИЯ И ИЗВЕСТКОВАНИИ

А.Н. Налиухин¹, д.с.-х.н., О.А. Власова², к.с.-х.н., А.В. Ерегин^{2,3},
Д.А. Белозеров³, А.А. Рыжакова³, А.В. Рябков^{2,3}

¹ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии
имени Д.Н. Прянишникова

127434, Россия, Москва, ул. Прянишникова, 31а, e-mail: naliuhin@yandex.ru

²ФГБУ Государственный центр агрохимической службы «Вологодский»
160555, Россия, Вологда, с. Молочное, ул. Студенческая, 11

³ФГБОУ ВО Вологодская государственная молочно-хозяйственная академия
имени Н. В. Верещагина
160555, Россия, с. Молочное, Вологда, ул. Шмидта, 2

В полевом севообороте на дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почве установлена высокая эффективность внесения органических и минеральных удобрений в полной и двойной дозах на фоне известкования. Применение навоза в дозе 50 т/га с совместным использованием минеральных удобрений при известковании увеличивало среднегодовую продуктивность севооборота на 2,9 т/га з.е. по сравнению с контролем (без удобрений). При этом отмечено повышение показателей качества возделываемых культур (содержание сырого протеина, клейковины в зерне озимой пшеницы) на 5-20%. В то же время наибольшая окупаемость 1 кг д.в. прибавкой урожайности (14,4-16,5 кг з.е.) наблюдалась при внесении навоза и NPK в половинных дозах. Здесь же был и наибольший уровень рентабельности – 149% на неизвесткованном фоне и 69% при внесении CaCO₃. Снижение экономической эффективности при известковании связано с большими затратами на транспортировку и внесение известкового материала. В период последействия удобрений сохраняется тенденция к повышению продуктивности культур севооборота при органоминеральной системе удобрения (двойная доза) на фоне известкования.

Ключевые слова: системы удобрения, известкование, севооборот, урожайность, окупаемость, рентабельность.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.115.09

Несмотря на множество научных работ по поиску оптимальных систем удобрения для зоны дерново-подзолистых почв и рекомендаций для сельхозтоваропроизводителей, вопрос о наиболее агрономически и экономически эффективных, экологически приемлемых дозах, способах и сроках внесения удобрений остаётся открытым. Особенно актуален комплексный подход к программированию урожайности при высоком качестве растениеводческой продукции. Данную проблему помогут решить длительные стационарные опыты по изучению систем удобрения, на основании которых можно сделать выводы о комплексном влиянии различных факторов на формирование продуктивности сельскохозяйственных культур [1, 12].

В настоящее время в Нечернозёмной зоне проводят исследования по изучению эффективности систем удобрения в полевых и кормовых севооборотах [4, 6, 11, 14]. Имеются многочисленные работы [2, 13, 15] по изучению действия удобрений на урожайность и качество продукции отдельных сельскохозяйственных культур. В то же время вопрос последействия удобрений ещё недостаточно изучен [5, 10].

Цель наших исследований – изучить действие и последействие систем удобрения на урожайность и показатели качества культур полевого севооборота, выявить наиболее оптимальную систему удобрения с учётом экономической эффективности.

Методика. Двухфакторный полевой опыт заложен в 2015 г., на учебно-опытном поле кафедры растениевод-

ства, земледелия и агрохимии факультета агрономии и лесного хозяйства Вологодской ГМХА им. Н.В. Верещагина.

Перед закладкой опыта почва имела следующие агрохимические характеристики: pH_{KCl} 5,1-5,2, содержание органического углерода (C_{орг.}) – 1,50-1,86 %, подвижного фосфора – 251-296 мг/кг (по Кирсанову), калия – 116-148 мг/кг (по Кирсанову), гидролитическая кислотность – 3,40-4,14 ммоль (экв.)/100 г (по Каппену), сумма поглощенных оснований – 10,5-12,8 ммоль(экв)/100 г (по Каппену – Гильковицу) [8].

Чередование культур в полевом севообороте было следующим: 1 – вико – овсяная смесь; 2 – озимая пшеница; 3 – ячмень с подсевом клевера лугового; 4 – клевер луговой 1-го г.п.; 5 – овес.

Схема опыта представлена следующими системами удобрения (фактор В): 1. Контроль (без удобрения); 2. Навоз, 50 т/га; 3. NPK (экв. по д.в. количеству NPK, вносимому с навозом во 2-м варианте); 4. Навоз, 25 т/га + ½ NPK (1-я органоминеральная система); 5. Навоз, 50 т/га + NPK (2-я органоминеральная система, в сумме двойная доза NPK). Таким образом, все исследуемые системы удобрения вырабатывались по содержанию действующего вещества. Вышеуказанные системы удобрения изучают на фоне известкования (pH 5,7-5,9) и без применения CaCO₃ (pH 5,1-5,2) – фактор А.

В качестве органического удобрения использовали навозный компост КРС с содержанием: N – 0,27 %, P₂O₅ – 0,24, K₂O – 0,45% и влажностью 80%. Применя-

ли следующие виды минеральных удобрений: АФК (15:15:15), Кх, Наа.

Навоз и известь вносили под первую культуру севооборота, минеральные удобрения – ежегодно под первые три культуры севооборота (см. табл. 1), последующие два года изучали их последствие. Обработка почвы – общепринятая для региона.

Повторность в опыте трехкратная, площадь делянок – 100 м², размещение вариантов – систематическое. Опыт развернут во времени и пространстве на трех последовательно введенных полях, с одинаковым набором культур севооборота и исследуемых удобрений. В данной работе приведены результаты по окончании первой ротации севооборота на поле № 1, частично результаты данного опыта по звену севооборота опубликованы в работах [7, 9].

Урожайность учитывали сплошным методом с последующей обработкой дисперсионным анализом по Б.А. Доспехову [3].

Показатели качества растениеводческой продукции определяли в аккредитованной лаборатории ФГБУ ГЦАС «Вологодский»: азот – по Кельдалю, с пересчетом на сырой протеин (коэффициент пересчета для зерновых – 5,7, для вико-овсянной смеси и клевера – 6,25), сырую клетчатку – методом инфракрасной спектроскопии, сырую клейковину и ИДК в зерне озимой пшеницы – в лаборатории технологии и биохимии зерна ФИЦ «Немчиновка».

Погодные условия варьировали: наиболее оптимальными для развития культур были вегетационные периоды 2015, 2016, 2018 гг. (ГТК Селянинова 1,2-1,4), неблагоприятными (избыточно увлажненными и прохладными) – 2017 и 2019 гг. (ГТК Селянинова 2,0-2,3).

Результаты и их обсуждение. Применение всех систем удобрения достоверно увеличивало урожайность культур севооборота по сравнению с контролем (без удобрения), в период как действия, так и последствие (табл. 1).

1. Урожайность культур севооборота в зависимости от применяемых систем удобрения и известкования, ц/га

Удобрение (фактор В)		Известкование (фактор А)		В среднем по фактору В	Прибавка к контролю, ц/га	
		1	2		1	2
Вико – овсяная смесь (зеленая масса)						
1. Контроль (без удобрения)		198,9	205,3	202,1	-	-
2. Навоз, 50 т/га		255,9	262,4	259,2	57,0	57,1
3. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀		275,2	308,2	291,7	76,3	102,9
4. Навоз, 25 т/га + N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅		283,0	303,0	293,0	84,1	97,7
5. Навоз, 50 т/га + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀		392,2	410,9	401,6	193,2	205,6
Среднее по А		293,3	315,8	289,5	106,1	124,3
HCP ₀₅ А = 19,2 ц/га HCP _{05 част.разл.} = 42,8 ц/га				HCP ₀₅ В = 30,3 ц/га		
Озимая пшеница (зерно)						
1. Контроль (без удобрения)		30,4	35,8	33,6	-	-
2. Навоз, 50 т/га (1-й год последствий)		44,7	55,5	50,1	14,3	18,8
3. N ₃₀ P ₃₀ K ₆₀ +N ₅₀ (в подкормку)		55,4	65,6	60,5	25,0	28,9
4. Навоз, 25 т/га (1-й год последствий) + N ₁₅ P ₁₅ K ₃₀ + N ₂₅ (в подкормку)		60,1	68,8	64,4	29,7	32,0
5. Навоз, 50 т/га (1-й год последствий) + N ₃₀ P ₃₀ K ₆₀ + N ₅₀ (в подкормку)		64,4	75,6	70,1	34,2	38,9
Среднее по А		54,7	63,0	55,7	27,3	29,5
HCP ₀₅ А = 2,9 ц/га HCP _{05 част.разл.} = 6,5 ц/га				HCP ₀₅ В = 4,6 ц/га		
Ячмень (зерно)						
1. Контроль (без удобрения)		10,1	12,4	11,2	-	-
2. Навоз, 50 т/га (2-й год последствий)		11,4	15,8	13,6	1,3	3,4
3. N ₄₀ P ₆₀ K ₁₃₅		15,5	20,7	18,1	5,4	8,9
4. Навоз, 25 т/га (2-й год последствий) + N ₂₀ P ₃₀ K ₆₈		13,4	18,0	15,7	3,3	5,6
5. Навоз, 50 т/га (2-й год последствий) + N ₄₀ P ₆₀ K ₁₃₅		17,9	23,4	20,7	7,8	11,1
Среднее по А		14,3	19,4	15,9	4,8	8,0
HCP ₀₅ А = 0,6 ц/га HCP _{05 част.разл.} = 1,5 ц/га				HCP ₀₅ В = 1,1 ц/га		
Клевер (зеленая масса), в сумме за 2 укоса						
1. Контроль (без удобрения)		364,2	399,7	381,9	-	-
2. Навоз, 50 т/га (3-й год последствий)		426,3	492,7	459,5	62,1	93,0
3. NPK (1-й год последствий)		421,2	481,6	451,4	57,0	81,9
4. Навоз, 25 т/га (3-й год последствий) + NPK (1-й год последствий)		445,5	529,3	487,4	81,3	129,6
5. Навоз, 50 т/га (3-й год последствий) + NPK (1-й год последствий)		502,6	592,7	547,6	138,4	193,0
Среднее по А		432,0	499,2	465,5	84,7	124,4
HCP ₀₅ А = 28,1 ц/га HCP _{05 част.разл.} = 62,8 ц/га				HCP ₀₅ В = 44,4 ц/га		
Овес (зерно)						
1. Контроль (без удобрения)		47,0	50,7	48,8	-	-
2. Навоз, 50 т/га (4-й год последствий)		51,3	56,3	53,8	4,3	5,6
3. NPK (1-й год последствий)		52,9	55,1	54,0	5,9	4,4
4. Навоз, 25 т/га (4-й год последствий) + NPK (2-й год последствий)		59,0	57,7	58,3	12,0	7,0
5. Навоз, 50 т/га (4-й год последствий) + NPK (2-й год последствий)		59,6	61,5	60,6	12,6	10,8
Среднее по А		54,0	56,3	55,1	8,7	7,0
HCP ₀₅ А = 1,7 ц/га HCP _{05 част.разл.} = 3,9 ц/га				HCP ₀₅ В = 2,8 ц/га		

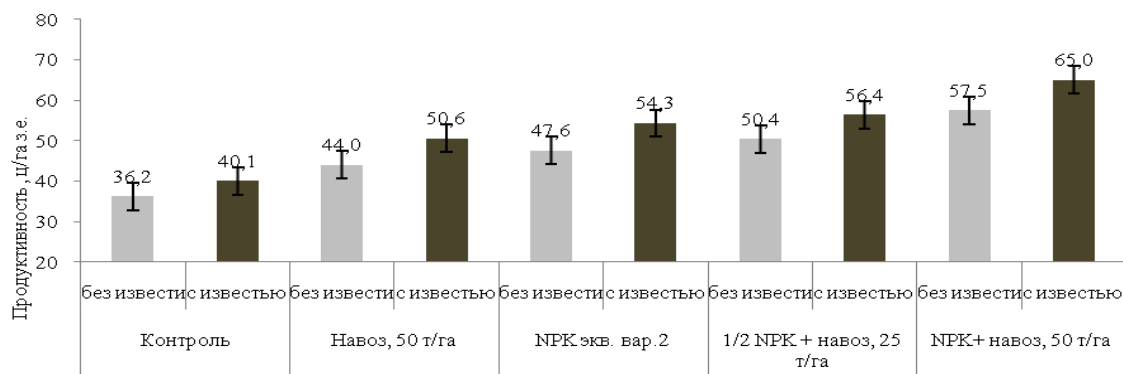
Следует отметить значительное влияние погодных условий на урожайность культур и эффективность удобрений. Так, в избыточно увлажненный 2017 г.,

урожайность ярового ячменя в среднем по опыту не поднималась выше 23,4 ц/га. В вариантах с известкованием, урожайность культур была выше на 15 % по

сравнению с не известкованным фоном. Во все годы исследований преимущество было за органоминеральной системой удобрения (двойная доза), которая обеспечивала прибавку урожайности вико-овсяной смеси 19-21 т/га (зелёная масса), озимой пшеницы – 3,4-3,9 (зерно), ячменя – 0,8-1,1 т/га. Высокий эффект наблюдался и в последствии на клевере луговом и овсе. Эффективность органической и минеральной систем

удобрения в годы исследований была различной. В первые 3 года преимущество было за минеральной системой, а в последствии наибольшая прибавка урожайности культур севооборота отмечалась при органической системе удобрения (на известкованном фоне).

При определении среднегодовой продуктивности культур полевого севооборота урожайность всех культур была выражена в зерновых единицах (рис.1).



"Усиками" показана величина НСР₀₅ для част. разл.=6,8 ц/га з.е.

НСР₀₅ факт. А = 3,6 ц/га з.е.

НСР₀₅ факт. В и вз-ия АВ=5,1 ц/га з.е.

Рис. 1. Среднегодовая продуктивность севооборота при использовании различных систем удобрения и известкования

Статистически достоверное изменение урожайности от известкования зафиксировано во всех вариантах опыта, что свидетельствует о положительном влиянии снижения кислотности почв на эффективность удобрений [16].

В целом, за ротацию севооборота, наибольшая урожайность была достигнута в варианте с органоминеральной системой удобрения (5-й вариант, двойная доза НПК), как на фоне известкования, так и без внесения

известки. Это подтверждает многочисленные выводы исследователей о положительном влиянии применения навоза КРС в сочетании с минеральными удобрениями на урожайность культур севооборота.

Известкование положительно сказалось и на окупаемости удобрений. Во всех исследуемых вариантах окупаемость 1 кг д.в. прибавкой урожайности была выше на фоне известки, чем без внесения CaCO₃ (рис.2).

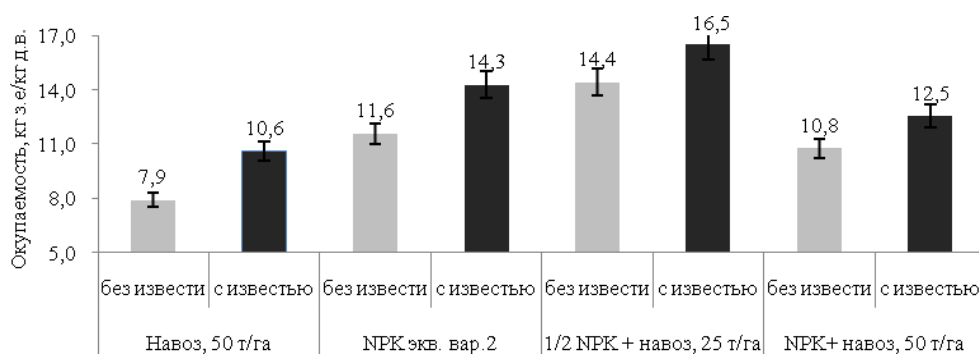


Рис. 2. Окупаемость систем удобрения прибавкой урожайности (в среднем за ротацию севооборота)

Применение 1-й органоминеральной системы удобрения (4-й вариант) способствовало самому высокому уровню окупаемости как на известкованном фоне, так и без внесения CaCO₃. Окупаемость в этом варианте на неизвесткованном фоне была выше, чем у органической системы на 82%, минеральной на 24%, 2-й органоминеральной системы удобрения – на 33%, а на фоне с внесением известки – на 56 %, 15 и 32 % соответственно.

Вариант со 2-й органоминеральной системой (двойная доза НПК), несмотря на самую высокую прибавку урожайности за всю ротацию севооборота (см. рис. 1), не смог обеспечить более высокий уровень окупаемости удобрений, поскольку количество внесенного дей-

ствующего вещества было высоким (990 кг/га по сравнению с 495 кг/га за 5 лет).

При рассмотрении вопроса о влиянии систем удобрения и известкования на качество продукции растениеводства следует разделить период внесения минеральных удобрений от периода их последствия. Основные характеристики качества продукции в период действия удобрений были приведены в работе [7]. Как показали результаты исследований, известкование значительно усиливало влияние изучаемых систем удобрения на качество продукции растениеводства.

Так, на фоне внесения известки, органоминеральная система удобрения (двойная доза) способствовала уве-

личению содержания сырого протеина в зеленой массе вико-овсяной смеси на 17% по сравнению с неизвесткованной почвой.

Количество сырого белка в зерне озимой пшеницы, влияющее на хлебопекарные качества, в этом же варианте превышало на 23 % аналогичный показатель контрольного варианта как на фоне известкования, так и без внесения CaCO_3 .

Содержание сырой клейковины в зерне озимой пшеницы при известковании в среднем по вариантам опыта было на 6 % выше, чем по неизвесткованному фону. Наибольшее содержание клейковины в зерне наблюдалось при использовании органоминеральной системы удобрения.

В избыточно увлажнённом 2017 г. изучаемые системы удобрения оказали положительное действие на содержания сырого протеина в зерне ярового ячменя, как на фоне внесения извести, так и без известкования. Максимальное его содержание зафиксировано при использовании органоминеральной системы удобрения (5-й вариант), на фоне известкования и превышало аналогичный показатель контрольного варианта на 22%.

Таким образом, в период внесения минеральных удобрений (2015-2017 гг.), наибольший эффект на показатели качества оказала органоминеральная система удобрения (двойная доза NPK). Причем на фоне известкования эффективность этой системы была максимальной.

В период как последствий, так и действия удобрений, наибольший эффект на качество выращиваемой продукции, среди изучаемых систем удобрения, оказывала органоминеральная система на фоне известкования (табл. 2).

2. Показатели качества растениеводческой продукции в период последствий систем удобрения (2018-2019 гг.), % сухого вещества

Вариант опыта*	Клевер луговой (з.м.)**						Овес (зерно)
	1-й укос		2-й укос		В среднем за 2 укоса		
	Сырой протеин	Сырая клетчатка	Сырой протеин	Сырая клетчатка	Сырой протеин	Сырая клетчатка	Сырой протеин
	Без известкования						
1	14,1	27,0	22,1	28,8	18,1	27,9	14,3
2	14,2	25,5	21,9	25,0	18,1	25,2	13,9
3	13,5	32,1	20,6	25,1	17,0	28,6	14,5
4	13,1	27,9	22,7	27,8	17,9	27,8	13,6
5	12,6	28,3	23,1	26,5	17,9	27,4	14,2
	С известкованием						
1	14,0	25,8	20,9	26,3	17,4	26,0	14,4
2	12,9	27,0	22,4	23,3	17,6	25,1	13,7
3	13,1	25,4	23,0	25,3	18,0	25,3	14,1
4	13,2	30,1	22,1	25,7	17,6	27,9	14,2
5	14,7	26,2	22,0	25,6	18,3	25,9	14,2

*Номера вариантов опыта соответствуют вариантам в таблице 1.

**Зеленая масса.

Содержание сырого протеина в зеленой массе клевера лугового, при последствии совместного внесения навоза и NPK (5-й вариант), на фоне внесения CaCO_3 , было несколько выше, а содержание клетчатки практически не изменялось по сравнению с вариантом без внесения удобрений. Благоприятные погодные условия вегетационного периода 2018 г., отчасти нивелировали эффект последствий удобрений на показатели качества зеленой массы клевера лугового по сравнению с контролем.

В заключительный год ротации севооборота (2-й год последствий удобрений), не отмечено значительного влияния систем удобрения на качество зерна овса.

Для всесторонней оценки эффективности изучаемых систем удобрения необходимо рассмотреть один из важнейших показателей, особенно актуальных в современных условиях производства сельскохозяйственной продукции, а именно – экономическую эффективность (табл. 3).

3. Экономическая эффективность систем удобрения

Показатель	Навоз, 50 т/га		NPK		Навоз, 25 т/га + ½ NPK		Навоз, 50 т/га + NPK	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1. Урожайность, в сумме за 5 лет, ц/га з.е.	192	223	210	242	226	249	258	287
2. Прибавка урожайности, ц/га з.е.	33	46	51	65	67	72	98	111
3. Стоимость прибавки, тыс. руб/га	29,4	41,7	45,6	58,7	59,9	64,8	88,5	99,8
4. Затраты на внесение удобрений и известкование, тыс. руб/га	17,5	28,1	25,9	36,5	21,7	32,3	43,4	54,0
5. Окупаемость 1 руб. затрат чистой прибылью, руб.	1,6	1,4	1,6	1,5	2,5	1,9	1,9	1,7
6. Рентабельность, %	58	41	64	51	149	86	89	72

Примечание. 1 – без известкования, 2 – с известкованием.

Несмотря на высокую прибавку урожайности при известковании, наибольшая окупаемость затрат и уровень рентабельности изучаемых систем удобрения отмечены на неизвесткованном фоне. По всей вероятности, это связано с высокими затратами на транспортировку и внесение известкового материала, определяемыми стоимостью ТСМ и прочими энергзатратами. Стоит отметить, что действие извести на урожайность не ограничивается пятью годами, поэтому распределённый эффект после второй ротации севооборота может быть значительно выше, что увеличит рентабельность известкования.

Из исследуемых систем удобрения наибольший уровень рентабельности – 86-149% достигнут при органоминеральной системе (полная доза). Несмотря на самую высокую прибавку урожайности в варианте с двойной дозой NPK, прибыль от этой прибавки не смогла обеспечить более высокую рентабельность по сравнению с внесением навоза и NPK в половинных дозах.

Вывод. Среди изучаемых систем удобрения наиболее оптимальное сочетание параметров: урожайность / рентабельность за ротацию севооборота отмечается при внесении навозного компоста КРС и NPK в половинных дозах на фоне известкования.

Использование органоминеральной системы удобрения (NPK + навоз, двойная доза) на фоне известкования обеспечило максимально высокие показатели качества растениеводческой продукции, среди изучаемых систем удобрения, при самой высокой урожайности за весь период ротации севооборота.

Таким образом, при возделывании сельскохозяйственных культур в полевом севообороте на дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почве, в зависи-

мости от поставленной цели, может использоваться органоминеральная система удобрения, основанная на внесении навоза и NPK в полной или половинной дозах.

Литература

1. Беличенко М.В. Использование результатов длительных полевых опытов с удобрениями для разработки стратегии обеспечения стабильных урожаев / М.В. Беличенко, О.В. Рухович, В.А. Романенков // В сб.: 75 лет Географической сети опытов с удобрениями. Материалы Всероссийского совещания научных учреждений – участников Географической сети опытов с удобрениями. – М.: ВНИИА, 2016. – С. 23-27.
2. Белозеров Д.А. Влияние различных систем удобрения на урожайность и качество зерна озимой пшеницы при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Д.А. Белозеров // Агрохимия в XXI веке: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной памяти академика РАН В.Г. Минеева. – М., 2018. – С. 92-97.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351с.
4. Жуков Ю.П. Влияние различных доз удобрений на урожайность культур севооборота и агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы // Ю.П. Жуков, О.В. Чухина, Н.В. Токарева, Е.И. Куликова // Плодородие. – 2015. – № 2. – С. 14-20.
5. Мерзлая Г.Е. Эффекты последствия минеральных и органических удобрений на дерново-подзолистой почве / Г.Е. Мерзлая, Р.А. Афанасьев // Плодородие. – 2019. – № 1 – С. 15-17.
6. Мерзлая Г.Е. Эффективность органоминеральных систем удобрения / Г.Е. Мерзлая, И.В. Понкратенкова // Плодородие. – 2016. – №2. – С. 25-28.
7. Налиухин А.Н. Эффективность органических и минеральных удобрений при известковании дерново-подзолистой почвы / А.Н. Налиухин, Г.Е. Мерзлая, А.С. Максимова, О.В. Силуанова, Д.А. Белозеров, А.В. Ерегин // Плодородие. – 2018. – № 2. – С. 42-45.
8. Налиухин А.Н. Почвы опытного поля ВГМХА имени Н.В. Верещагина и их агрохимическая характеристика / А.Н. Налиухин, О.В. Чухина, О.А. Власова // Молочно-хозяйственный вестник. – 2015. – № 3. – С. 35-46.
9. Налиухин А.Н. Изменение агрохимических показателей дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почвы и продуктивности культур севооборота при применении различных систем удобрения / А.Н. Налиухин, Д.А. Белозеров, А.В. Ерегин // Земледелие. – 2018. – № 8. – С. 3-7.
10. Новоселов С.И. Действие и последствие органических удобрений в севообороте / С.И. Новоселов, С.А. Горохов, М.Н. Иванов, Е.С. Новоселова // Агрохимия. – 2013. – № 8. – С. 30-37.
11. Паников В.Д. Почва, климат, удобрения и урожай / В.Д. Паников, В.Г. Минеев. – М.: Колос, 1977. – 416 с.
12. Пасынков А.В. Влияние длительного применения минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы, продуктивность севооборота и качество зерна / А.В. Пасынков, Е.В. Светлакова, Н.В. Котельникова, В.Д. Абашев, Е.Н. Пасынкова, Г.Г. Садакова, С.А. Баландина, Г.И. Дунашева, Н.В. Рублева, М.С. Татарникова // Агрохимия. – 2016. – №10. – С. 38-47.
13. Рыжакова А.А. Влияние систем удобрения на урожайность и питательную ценность клевера лугового при возделывании на дерново-подзолистой почве / А.А. Рыжакова // Современные аспекты развития АПК: Труды Всероссийского совета молодых ученых и специалистов аграрных образовательных и научных учреждений. – М., 2019. – С. 7-13.
14. Чеботарев Н.Т. Эффективность применения органических и минеральных удобрений в кормовом севообороте на дерново-подзолистой почве Севера / Н.Т. Чеботарев, А.А. Юдин, П.И. Конкин, А.В. Облизов // Российская сельскохозяйственная наука. – 2017. – № 1. – С. 29-33.
15. Чухина О.В. Удобрения и качество зеленой массы вико-овсяной смеси / О.В. Чухина, Е.И. Куликова, Н.В. Токарева, К.А. Усова // Кормопроизводство. – 2011. – № 8. – С. 6-8.
16. Шильников И.А. Известкование как фактор урожайности и почвенного плодородия / И.А. Шильников и др. – М.: ВНИИА, 2008. – 338 с.

PRODUCTIVITY OF FIELD CROP ROTATION IN THE APPLICATION OF DIFFERENT FERTILIZATION SYSTEMS AND LIMING

A. N. Naliuhin¹, O. A. Vlasova², A. V. Eregin^{2, 3}, D. A. Belozеров³, A. A. Ryzhakova³, A. V. Ryabkov^{2, 3}

¹All-Russian research Institute of Agrochemistry named after D. N. Pryanishnikov, Pryanishnikova ul. 31 A, Moscow, 127434, Russia, E-mail: naliuhin@yandex.ru

²State center of agrochemical service "Vologda",

Studentcheskaya ul. 11, 160555, ul. Molochnoe, Vologda, Russia,

³Vologda state dairy farming Academy named after N. V. Vereshchagin, Schmidt ul. 2, 160555, s. Molochnoe, Vologda, Russia.

In the field crop rotation on sod-medium-podzolic light-loamy soil, the high efficiency of the organic-mineral fertilizer system with the introduction of organic and mineral fertilizers in full and double doses against the background of liming was established. The use of manure at a dose of 50 t / ha with the joint use of mineral fertilizers during liming increases the average annual productivity of crop rotation by 2.9 t / ha of grain units (g.u.) compared to the control (without fertilizers). At the same time, there is an increase in the quality of cultivated crops (the content of raw protein, gluten in winter wheat grain) by 5-20%. At the same time, the highest payback of 1 kg of a.s. with an increase in yield (14.4-16.5 kg g.u.) was noted when applying manure and NPK in half doses. Here, the highest level of profitability is also noted – 149% on a non-limed background and 69% when making CaCO₃. Reducing the economic efficiency of liming is associated with high costs for transportation and application of lime material. During the period of aftereffect of fertilizers, there is a tendency to increase the productivity of crop rotation in the organic-mineral fertilizer system (double dose) against the background of liming.

Key words: fertilizer systems, crop rotation, yield, payback, profitability.