

УДК 631.816:633.521:631.582

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ С РАЗНОЙ НАСЫЩЕННОСТЬЮ В ЗВЕНЕ ЛЬНЯНОГО СЕВООБОРОТА[§]

© 2024 г. Н. Н. Кузьменко*

Федеральный научный центр лубяных культур
170041 Тверь, Комсомольский просп., 17/56, Россия

*E-mail: kuzmenko.nataliya2010@mail.ru

В звене льняного севооборота (чистый пар—озимая рожь—многолетние травы 1-го года пользования (г.п.)—многолетние травы 2-го г.п.—лен-долгунец) на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в условиях Нечерноземной зоны РФ в 2019–2023 гг. изучили эффективность минеральной системы удобрения с разной насыщенностью 1 га севооборотной площади. Показано, что наибольшую урожайность озимой ржи 26.9 ц/га получили при применении удобрений в дозе N80P60K90, что соответствовало варианту внесения 140 кг д.в. NPK/га севооборотной площади. Оптимальной дозой удобрений для многолетних трав 1-го и 2-го г.п. было применение N10P40K60, что обеспечило урожайность сена 38.6 и 52.0 ц/га соответственно. Для льна-долгунца оптимальной дозой было внесение N20P50K90, что позволило получить наибольшую урожайность льносоломы 43.5 и льносемян 5.3 ц/га. Повышение дозы удобрений под многолетние травы не обеспечило достоверного роста урожайности, под лен-долгунец — привело к снижению семенной продуктивности. Для многолетних трав и льна-долгунца достаточным было внесение 120 кг д.в. NPK/га севооборотной площади. Оптимальной насыщенностью для звена севооборота характеризовалась доза 120 кг д.в. NPK/га севооборотной площади. Продуктивность звена севооборота составила 25.8 ц з.е./га, окупаемость 1 кг NPK — 10.7 кг з.е. На почве с высоким содержанием подвижного фосфора, повышенным и высоким калия повышение насыщенности звена севооборота удобрениями до 140 кг д.в. NPK/га севооборотной площади не обеспечивало существенного роста продуктивности и приводило к снижению окупаемости удобрений прибавками урожая.

Ключевые слова: звено льняного севооборота, насыщенность удобрениями, доза, урожайность.

DOI: 10.31857/S0002188124080054, **EDN:** CDYFKS

ВВЕДЕНИЕ

Как показывает накопленный опыт, к числу важнейший мер по увеличению урожайности сельскохозяйственных культур и повышения окупаемости удобрений прибавками урожая, а также эффективного использования достигнутого потенциала почвенного плодородия, относится разработка научно обоснованных систем удобрения. При разработке системы удобрения в льняном севообороте важно определить оптимальную насыщенность севооборота удобрениями, обеспечивающую получение высоких урожаев всех культур севооборота, в т.ч. и льна-долгунца. Лен в силу своих биологических особенностей требует создания благоприятных условий почвенного питания заблаговременно

за счет целенаправленной системы удобрения в севообороте [1, 2].

Для льняного севооборота предпочтительнее применение органо-минеральной системы удобрения, которая обеспечивает сохранение плодородия почвы в течение длительного времени, наиболее благоприятные агрохимические показатели и стабильно высокую продуктивность севооборота и льна-долгунца [3]. Однако в связи с резким снижением объемов применения традиционных органических удобрений из-за несостоятельности сельхозпроизводителей применение органической и органо-минеральной систем удобрения в последнее время значительно сократилось [4]. Большинство предприятий применяют только минеральные удобрения. В связи с постоянно меняющимися условиями ведения сельскохозяйственного производства вопросы применения минеральных удобрений и их дозы в севооборотах в различных почвенно-климатических условиях требуют уточнения [5, 6].

[§] Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания Федерального научно-го центра лубяных культур по теме № FGSS-2024-005.

Цель работы – изучить эффективность минеральной системы удобрения с разной насыщенностью в звене льняного севооборота.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование выполнено в стационарном опыте ФНЦ ЛК ОП НИИЛ на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в 2019–2023 гг. в Нечерноземной зоне в условиях Тверской обл. Эффективность минеральной системы удобрения изучали в звене 7-польного льняного севооборота. Чередование культур в звене следующее: пар чистый – озимая рожь с подсевом многолетних трав (клевер с тимофеевкой) – многолетние травы 1-го года пользования (г.п.) – многолетние травы 2-го г.п. – лен-долгунец. В данной работе рассмотрены варианты минеральной системы удобрения с разной насыщенностью, в качестве контроля – вариант без внесения удобрений. В опыте использовали N_{aa} , P_c состава №6: P_{26} и K_x (табл. 1).

Почва в начале ротации (2019 г.) в варианте без применения удобрений характеризовалась следующими агрохимическими показателями: pH_{KCl} 4.4 ед., содержание P_2O (по Кирсанову) – 88, K_2O – 54 мг/кг, содержание гумуса (по Тюрину) – 1.05%. В вариантах с применением минеральной системы удобрения показатели были близкими и находились в пределах соответственно 4.4–4.6 ед., 158–177, 151–174 мг/кг и 1.19–1.27%.

Опыт заложен методом рендомизированного размещения вариантов. Повторность опыта трехкратная, площадь опытной делянки составляла 72, учетной 36 м².

Возделывание культур в севообороте проводили в соответствии с их биологическими особенностями согласно рекомендованной для данной зоны технологии возделывания. Технологические процессы по выращиванию и уборке осуществляли с максимальным использованием серийных машин и оборудования. В опыте возделывали озимую рожь сорта Дымка, клевер красный сорта

Макаровский местный + тимофеевка сорта Нарынская, лен-долгунец сорта Тонус.

Учеты, наблюдения и исследования в опыте проводили согласно методическим указаниями [7, 8] и ГОСТ 26204-84 – ГОСТ 26213-84 [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Разная степень насыщенности севооборота удобрениями оказывала существенное влияние на рост, развитие и формирование урожайности возделываемых в звене севооборота сельскохозяйственных культур. Известно, что для зерновых культур важным элементом структуры урожая является продуктивность колоса. Результаты исследования на озимой ржи показали, что в варианте без применения удобрений сформировался самый мелкий колос – 5.6 см с меньшим количеством зерен в нем – 29.6 шт. Урожайность зерна озимой ржи составила всего 11.1 ц/га. Применение минеральных удобрений обеспечило повышение данных показателей в среднем на 2.9 см и 15.7 шт. и достоверную прибавку урожайности зерна в среднем на 12.1 ц/га ($HCP_{05} = 6.0$). При повышении дозы удобрения под озимую рожь с $N_{30}P_{40}K_{60}$ до $N_{80}P_{60}K_{90}$ различия урожайности также были существенными – 6.7 ц/га. Самый крупный колос – 8.8 см с количеством зерен в нем 47.3 шт., наиболее высокую продуктивную кустистость 1.9 ед. и урожайность зерна 26.9 ц/га получили при применении под озимую рожь удобрений в дозе $N_{80}P_{60}K_{90}$, что соответствовало варианту 140 кг д.в. NPK/га севооборотной площади (табл. 2).

При возделывании многолетних трав, содержащих в составе клевер красный, который очень чувствителен к реакции почвенной среды на кислой дерново-подзолистой почве (pH_{KCl} 4.4–4.6 ед.), отмечали низкую долю клевера в составе травосмеси, особенно на 2-й год пользования – от 17 до 28%. В варианте без применения удобрений была велика доля разнотравья – 55 и 59% и низкая доля тимофеевки – 12 и 13% соответственно. Между удобренными вариантами какой-либо закономерности изменения ботанического состава трав отмечено не было. Урожайность

Таблица 1. Дозы удобрений под культуры в звене льняного севооборота

Вариант	Внесено под культуры NPK, кг д.в./га				Внесено NPK за звено севооборота, кг д.в./га	Внесено в сумме NPK, кг д.в./га севооборотной площади
	озимая рожь	многолетние травы 1-го г.п.	многолетние травы 2-го г.п.	лен- долгунец		
1. Без удобрения	0–0–0	0–0–0	0–0–0	0–0–0	0–0–0	0
2. (NPK)80	30–40–60	10–30–40	10–30–40	20–40–60	70–140–200	80
3. (NPK)120	60–60–90	10–40–60	10–40–60	20–50–90	100–190–300	120
4. (NPK)140	80–60–90	10–50–90	10–50–90	30–60–100	130–220–370	140

Таблица 2. Влияние удобрений на формирование урожайности озимой ржи (2020 г.)

Вариант	Длина колоса, см	Количество зерен в колосе, шт.	Продуктивная кустистость, ед.	Урожайность зерна, ц/га
1. Без удобрения	5.6	29.6	1.4	11.1
2. (NPK)80	8.4	45.2	1.4	20.2
3. (NPK)120	8.3	43.4	1.5	22.4
4. (NPK)140	8.8	47.3	1.9	26.9
<i>HCP</i> ₀₅				6.0

Таблица 3. Влияние систем удобрения на ботанический состав и урожайность сена многолетних трав (2021–2022 гг.)

Вариант	Доля в составе травосмеси, %			Урожайность, ц/га
	клевер	тимофеевка	разнотравье	
Многолетние травы 1-го г.п.				
1. Без удобрения	32	12	55	18.0
2. (NPK)80	36	38	26	32.0
3. (NPK)120	32	34	34	38.6
4. (NPK)140	37	39	24	42.2
HCP ₀₅				6.6
Многолетние травы 2-го г.п.				
1. Без удобрения	28	13	59	23.4
2. (NPK)80	28	35	37	46.9
3. (NPK)120	18	36	46	52.0
4. (NPK)140	17	38	45	53.6
HCP ₀₅				11

Таблица 4. Влияние удобрений на динамику роста и формирование воздушно-сухой массы льна-долгунца, 2023 г.

Вариант	Высота, см			Воздушно-сухая масса, г/100 растений		
	“елочка”	начало бутонизации	цветение	“елочка”	начало бутонизации	цветение
1. Без удобрения	5.9	26.4	50.9	2.7	10.3	18.1
2. (NPK)80	10.8	40.0	59.5	5.3	18.4	33.5
3. (NPK)120	10.8	42.6	66.8	5.4	22.8	47.9
4. (NPK)140	10.6	38.4	63.1	5.7	17.3	42.8

сена многолетних трав при применении удобрений в оба года была существенно больше в сравнении с вариантом без удобрения — на 19.6 и 27.4 ц/га (при *HCP*₀₅ = 6.6 и 10.9 ц/га). Достоверную прибавку урожая сена в размере 6.6 ц/га получили только для многолетних трав 1-го г.п. при повышении дозы удобрений с N10P30K40 до N10P40K60, что соответствовало варианту 80 и 120 кг д.в. NPK/га севооборотной площади (табл. 3).

Лен-долгунец дает одновременно 2 вида продукции: волокно и семена. Основная продукция — льняное волокно формируется в вегетативном органе — стебле, поэтому для льна-долгунца высота растений является важным показателем. Показали,

что наиболее интенсивным ростом с большей воздушно-сухой массой во 2-й половине вегетации отличались растения льна при внесении удобрений в дозе N20P50K90, что соответствовало варианту с насыщенностью 120 кг д.в. NPK/га севооборотной площади (табл. 4).

В этом же варианте получена наибольшая урожайность льносолемы и льносемян — 43.5 и 5.3 ц/га. С повышением дозы удобрений под лен-долгунец до N30P60K100 на легкосуглинистой почве с высоким содержанием фосфора и повышенным калия отмечали тенденцию к снижению урожайности соломки на 4.3 ц/га и достоверное снижение семенной продуктивности на 0.4 ц/га. В среднем урожайность

Таблица 5. Урожайность льна-долгунца (2023 г.) и эффективность минеральной системы удобрения в звене севооборота (2019–2023 гг.)

Вариант	Урожайность, ц/га		Среднегодовая продуктивность звена севооборота, ц з.е./га	Окупаемость 1 кг NPK, кг з.е.
	солома	семена		
1. Без удобрения	23.6	3.8	13.0	—
2. (NPK)80	36.7	4.4	22.3	11.6
3. (NPK)120	43.5	5.3	25.8	10.7
4. (NPK)140	39.2	4.9	26.8	9.8
НСР ₀₅	11	0.4	2.0	

льнопродукции с повышением дозы удобрений с N20P50K90 до N30P60K100 снизилась на 8.7%.

Среднегодовая продуктивность звена севооборота при применении удобрений в сравнении с не-удобренным вариантом в среднем увеличилась почти в 2 раза — на 12.0 ц з.е./га. С увеличением насыщенности с 80 до 120 кг д.в. NPK/га севооборотной площади продуктивность повысилась на 3.5 ц з.е./га, с 120 до 140 кг д.в. NPK/га севооборотной площади — только на 1.0 ц з.е./га. Окупаемость удобрений при этом снизилась с 10.7 до 9.8 кг (табл. 5).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в стационарном опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в звене льняного севооборота (чистый пар — озимая рожь—многолетние травы 1-го г.п.—многолетние травы 2-го г.п.—лен-долгунец) показано, что для озимой ржи оптимальной дозой удобрений, обеспечившей наибольшую урожайность зерна 26.9 ц/га, было внесение N80P60K90, что соответствовало варианту с дозой 140 кг д.в. NPK/га севооборотной площади. Оптимальной дозой удобрений для многолетних трав 1-го и 2-го г.п. было применение N10P40K60, что позволило получить урожайность сена 38.6 и 52.0 ц/га соответственно. Повышение дозы удобрений до N10P50K90 не обеспечило достоверного роста урожайности многолетних трав. Наибольшую урожайность льносоломы 43.5 и льносемян 5.3 ц/га получили при внесении под лен удобрений в дозе N20P50K90. Повышение дозы удобрений под лен до N30P60K100 приводило к достоверному снижению семенной продуктивности. Для многолетних трав и льна-долгунца достаточным было внесение 120 кг д.в. NPK /га севооборотной площади.

Оптимальной насыщенностью звена севооборота при минеральной системе удобрения было 120 кг д.в. NPK/га севооборотной площади. Продуктивность звена севооборота составила 25.8 ц з.е./га, окупаемость 1 кг NPK — 10.7 кг з.е. Повышение насыщенности удобрениями до 140 кг д.в. NPK/га севооборотной

площади на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с низким содержанием органического вещества не обеспечивало существенного роста продуктивности и приводило к снижению окупаемости удобрений прибавками урожая.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прудников А.Д., Рыбченко Т.И., Романова И.Н. Адаптивное льноводство: монограф. / Под ред. А.В. Кучумова. Смоленск: Универсум, 2016. 216 с.
2. Дмитриевская И.И., Степанова Д.С., Белопухов С.Л., Раскатов В.А. Влияние длительного применения удобрений на урожайность льна-долгунца и качество волокна // Достиж. науки и техн. АПК. 2015. Т. 29. № 10. С. 50–52.
3. Кузьменко Н.Н. Влияние насыщенности севооборота органическими и минеральными удобрениями на показатели плодородия, урожайность и качество льнопродукции // Плодородие. 2022. № 1(124). С. 29–32. DOI: 10.25680/S19948603.2022.124.08
4. Чекмарев П.А. Состояние плодородия почв и мероприятия по его повышению в 2012 г. // Агрохим. вестн. 2012. № 1. С. 2–4.
5. Кузьменко Н.Н. Влияние различных уровней удобрений на урожайность льна-долгунца и культур льняного севооборота // Агрохимия. 2022. № 8. С. 17–21. DOI: 10.31857/S0002188122080105
6. Сорокина О.Ю. Анализ изменения оптимальных доз минеральных удобрений под лен-долгунец // Агрохим. вестн. 2014. № 3. С. 16–19.
7. Методические указания по проведению полевых опытов со льном-долгунцом. Торжок, 1978. 71 с.
8. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Ч. 1. Особенности закладки и проведения длительных опытов в различных условиях. М.: ВИУА, 1986. 146 с.
9. ГОСТ 26204-84 — ГОСТ 26213-84. Почвы. Методы анализа. М.: Изд-во стандартов, 1984. 54 с.

Effectiveness of the Mineral Fertilizer System with Different Saturation in the Link of the Flax Crop Rotation

N. N. Kuzmenko[#]

*Federal Scientific Center of Bast-Fiber Crops Breeding,
Komsomolskiy prosp. 17/56, Tver 170041, Russia*

[#]*E-mail: kuzmenko.nataliya2010@mail.ru*

In the link of flax crop rotation (fallow land—winter rye—perennial grasses of the 1st year of use (y.u.)—perennial grasses of the 2nd y.u.—fiber flax) on sod-podzolic light loamy soil in the conditions of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation in 2019–2023 the effectiveness of a mineral fertilizer system with different saturation of 1 ha of crop rotation was studied squares. It is shown that the highest yield of winter rye of 26.9 c/ha was obtained when applying fertilizers at a dose of N80P60K90, which corresponded to the option of applying 140 kg of active substance (a.s.) NPK/ha of crop rotation area. The optimal dose of fertilizers for perennial grasses of the 1st and 2nd y.u. was the use of N10P40K60, which provided hay yields of 38.6 and 52.0 c/ha, respectively. For fiber flax, the optimal dose was the introduction of N20P50K90, which made it possible to obtain the highest yield of flax straw 43.5 and flax seeds 5.3 c/ha. An increase in the dose of fertilizers for perennial grasses did not provide a reliable increase in yield, for fiber flax — led to a decrease in seed productivity. For perennial grasses and flax, it was sufficient to add 120 kg of a.s. NPK/ha of crop rotation area. The optimal saturation for the crop rotation link was characterized by a dose of 120 kg a.s. NPK/ha of crop rotation area. The productivity of the crop rotation link was 25.8 grain unit (g.u.)/ha, the payback of 1 kg of NPK was 10.7 kg g.u. On soil with a high content of mobile phosphorus, elevated and high potassium, an increase in the saturation of the crop rotation link with fertilizers up to 140 kg a.s. NPK/ha of the crop area did not provide a significant increase in productivity and led to a decrease in the payback of fertilizers with crop additions.

Keywords: flax crop rotation link, fertilizer saturation, dose, yield.