

УДК 631.8:631.559:633.521:631.582

## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЕЙ УДОБРЕННОСТИ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА И КУЛЬТУР ЛЬНЯНОГО СЕВООБОРОТА<sup>1</sup>

© 2022 г. Н. Н. Кузьменко

Федеральный научный центр лубяных культур  
172002 Торжок, Тверская обл., ул. Луначарского, 35, Россия

E-mail: kuzmenko.nataliya2010@mail.ru

Поступила в редакцию 21.02.2022 г.

После доработки 28.03.2022 г.

Принята к публикации 16.05.2022 г.

В Центральном районе Нечерноземной зоны России в 2012–2018 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с низким содержанием гумуса, повышенным содержанием подвижного фосфора и средним калия в 7-польном льняном севообороте изучили эффективность 3-х уровней удобрений при минеральной системе удобрения. Показано, что при возделывании льна-долгунца в севообороте после многолетних трав максимальную урожайность льносоломы 67.1 ц/га с номером 3.00 и урожайность льносемян 11.1 ц/га обеспечила доза N15P25K65. Для возделываемых в севообороте культур (озимая рожь, ячмень, овес и многолетние травы) и в целом для севооборота оптимальным уровнем удобрений было применение среднегодовой дозы N38P26.4K69.3 (за ротацию севооборота в сумме N265P185K485). Среднегодовая продуктивность севооборота составила 41.1 ц з.е./га при окупаемости 1 кг NPK прибавкой продуктивности в размере 13.8 кг з.е. Применение среднегодовой дозы N31P21.4K56.4 (в сумме N315P220K590) привело к снижению среднегодовой продуктивности севооборота на 6.2 ц з.е./га (на 15.1%) и снижению окупаемости удобрений на 6.1 кг з.е. (в 1.8 раза).

*Ключевые слова:* уровень удобрений, лен-долгунец, льняной севооборот, продуктивность.

**DOI:** 10.31857/S0002188122080105

### ВВЕДЕНИЕ

Повышение эффективности сельскохозяйственного производства в значительной мере определяется научно-обоснованным применением минеральных удобрений, обеспечивающим сбалансированность питания сельскохозяйственных культур при надлежащем выполнении других агротехнических приемов [1].

В условиях острого дефицита удобрений важно определить оптимальные дозы удобрений, обеспечивающие максимальную их оплату дополнительным урожаем продукции, снижение затрат на их применение и эффективное использование достигнутого потенциала почвенного плодородия. Рекомендуются дифференцированно подходить к применению минеральных удобрений с учетом достигнутого уровня содержания их в почве [2]. Научные исследования, проведенные

на льне-долгунце, показали, что при его возделывании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве с содержанием подвижного фосфора от повышенного до очень высокого и средним содержанием калия возможно снижение дозы фосфорных удобрений при основном внесении в 4.1 раза, калия – в 1.4 раза без снижения урожайности [3].

При разработке системы удобрения в севообороте важно определить оптимальную насыщенность севооборота органическими и минеральными удобрениями, обеспечивающую сохранение плодородия почвы, создание оптимальных условий почвенного питания и получение высоких и устойчивых урожаев всех культур севооборота. Для того чтобы сохранить исходный уровень плодородия, как правило, требуются более высокие дозы удобрений, но с экономической точки зрения они не всегда оправдываются [4–6]. Например, применение в льняном севообороте удобрений из расчета 360–370 кг д.в./га севооборотной площади способствует сохранению пло-

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания Федерального научного центра лубяных культур (№ FGSS-2019-0017).

**Таблица 1.** Дозы минеральных удобрений под культуры севооборота, кг д.в./га

Культура	Уровень удобренности, NPK		
	низкий	средний	повышенный
Озимая рожь	75–30–65	90–40–80	105–50–95
Многолетние травы 1-го года пользования	0–25–80	0–30–100	0–35–120
Многолетние травы 2-го года пользования	0–25–80	0–30–100	0–35–120
Лен-долгунец	10–20–50	15–25–65	20–30–75
Ячмень	65–25–60	80–30–70	95–35–90
Овес	65–25–60	80–30–70	95–35–90
Внесено за севооборот	215–150–395	265–185–485	315–220–590
На 1 га севооборотной площади	31–21.4–56.4	38–26.4–69	45–31.4–84

дородия дерново-подзолистой почвы, но не обеспечивает существенного роста продуктивности в сравнении с дозой 200 кг д.в./га и приводит к снижению качества продукции [5].

Цель работы – выявление оптимального уровня удобренности льняного севооборота при минеральной системе удобрения, обеспечивающей максимальную урожайность льнопродукции с хорошим качеством и высокую продуктивность севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в условиях Центрального района Нечерноземной зоны России.

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование провели в стационарном опыте ФНЦ ЛК в Тверской обл. в 2012–2018 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в севообороте со следующим чередованием культур: пар чистый – озимая рожь с подсевом многолетних трав (клевер красный и тимофеевка) – многолетние травы 1-го года пользования – многолетние травы 2-го года пользования – лен-долгунец – ячмень – овес.

В севообороте изучали 3 уровня удобренности: низкий – N31P21.4K56.4, средний – N38P26.4K69, повышенный – N45P31.4K84. Варианты систем удобрения и дозы удобрений под культуры севооборота представлены в табл. 1. В качестве контрольного варианта использовали вариант без внесения удобрений.

Почва перед закладкой эксперимента характеризовалась следующими агрохимическими показателями: рН<sub>KCl</sub> 4.4, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> по Кирсанову – 131, K<sub>2</sub>O – 91 мг/кг, содержание гумуса по Тюрину – 1.10%. Общая площадь делянки в опыте составляла 72 м<sup>2</sup>, учетная – 36 м<sup>2</sup>, повторность трехкратная.

Использовали следующие виды минеральных удобрений: N<sub>aa</sub>, P<sub>c</sub> (N6P26) и K<sub>x</sub>. Удобрения вно-

сили вразброс вручную под первую весеннюю культивацию. В опыте возделывали районированные в Тверской обл. сорта в соответствии с рекомендованной технологией для Нечерноземной зоны России с максимальным использованием серийных машин и оборудования. Учет урожая осуществляли поделочно, сплошным методом, с приведением его к стандартной влажности и чистоте. Урожайные данные обработаны методом дисперсионного анализа. Наблюдения и исследования в опыте, химические анализы почвы осуществляли в соответствии с методическими указаниями [7–9] и ГОСТ 26204-84-ГОСТ 26213-84 [10].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Определяющим фактором в формировании урожайности льнопродукции является высота растений. Проведенные в опыте наблюдения показали, что наибольшая высота растений льна на протяжении всего периода вегетации отмечена при среднем уровне удобренности, что соответствовало дозе удобрения под лен N15P25K65. В фазе цветения высота растений в этом варианте составила 79.2 см, прирост высоты по отношению к неудобренному варианту был равен 10.3 см. Повышение дозы удобрения приводило к снижению высоты растений, при этом воздушно-сухая масса растений увеличивалась. Она была наибольшей (57.2 г/100 растений) и сформировалась при повышенном уровне удобренности, что соответствовало дозе N20P30K75, что было на 20.8 г больше, чем в контрольном варианте (табл. 2).

Погодные условия при возделывании льна-долгунца были благоприятными, что позволило даже в контрольном варианте без внесения удобрений получить высокую урожайность: льносоломы – 43.8 и льносемян – 9.4 ц/га. Наибольшую прибавку урожая льносоломы в размере 23.3 ц/га получили при среднем уровне удобренности при

**Таблица 2.** Влияние уровня удобрения льна-долгунца на формирование высоты растений и накопление воздушно-сухой массы

Уровень удобрения	Высота растений, см			Воздушно-сухая масса, г/100 растений		
	“елочка”	быстрый рост	цветение	“елочка”	быстрый рост	цветение
Без удобрения	6.9	28.7	68.9	2.4	8.5	36.4
Низкий	10.4	38.1	76.4	4.9	14.7	50.1
Средний	12.5	43.1	79.2	5.8	13.2	54.6
Повышенный	12.1	40.8	76.9	5.2	16.1	57.2

**Таблица 3.** Влияние уровня удобрения на урожайность и качество льнопродукции

Уровень удобрения	Урожайность, ц/га		Показатели инструментальной оценки качества льносоломы					
	льно-солома	льно-семена	горстевая длина, см	содержание луба, %	прочность, кгс	общий показатель качества	номер по ГОСТ	интерполированный номер
Без удобрения	43.8	9.4	76	35	39	140	2.50	2.69
Низкий	63.5	12.1	80	33	45	138	2.50	2.88
Средний	67.1	11.1	81	36	45	143	3.00	3.19
Повышенный	58.5	10.9	82	34	45	140	3.00	3.00
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	13	1.8						

дозе удобрения N15P25K65. Качество льносоломы в этом варианте за счет наиболее высокого содержания луба (36%) было самым высоким с интерполированным номером 3.19 ед. (табл. 3).

Применение повышенной дозы удобрения N20P30K75 на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с повышенным содержанием подвижного фосфора и средним калия привело к снижению урожайности льносоломы на 12.8% (на 8.6 ц/га) в сравнении со средней дозой. При самой низкой дозе удобрения N10P20K50 снижение урожая льносоломы было меньше (на 5.4% или на 3.6 ц/га), но при этом снизилось качество соломы на 1 сортономер с 3.00 до 2.50.

Урожайность льносемян в опыте была высокой – 9.4 ц/га в контрольном варианте и 10.9–12.1 ц/га – в удобренных. При этом отмечена четкая закономерность снижения семенной продуктивности льна с повышением уровня удобрения с 12.1 до 10.9 ц/га или на 8.3 и 9.9% соответственно.

Окупаемость минеральных удобрений на льне прибавкой основной продукции снижалась по мере увеличения доз удобрений: с 2.5 до 2.1 и 1.2 кг/кг соответственно.

На других культурах севооборота эффективность примененных удобрений была также достаточно высокой. При этом прослежена четкая закономерность получения максимальной урожай-

ности при среднем уровне удобрения севооборота – N38P26,4K69. Урожайность ячменя при низком уровне снизилась на 5.3, озимой ржи – на 16.7%. При повышенном уровне удобрения урожайность снижалась в большей степени: озимой ржи – на 10.2 многолетних трав 1-го года пользования – на 18.8%. Наибольшее снижение урожайности отметили для овса – на 31.0% при низком уровне удобрения и на 36.6% при повышенном уровне (табл. 4). Достоверное снижение урожайности при повышенном уровне удобрения отметили для 3-х культур севооборота: многолетних трав 1-го года пользования при применении удобрений в дозе N0P35K120, а также ячменя и овса при применении N95P35K90.

Установлены оптимальные дозы минеральных удобрений для культур льняного севооборота при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с повышенным содержанием подвижного фосфора и средним калия: для озимой ржи – N90P40K80, для многолетних трав – N0P30K100, для льна-долгунца – N15P25K65, для ячменя и овса – N80P30K70.

Наиболее высокая продуктивность севооборота – 41.1 ц з.е./га и самая высокая окупаемость удобрений прибавкой продуктивности – 13.8 кг з.е. получена при среднем уровне удобрения. Суммарная доза удобрений за ротацию составила

**Таблица 4.** Урожайность культур льняного севооборота при применении различных доз удобрений, ц/га

Уровень удобренности	Озимая рожь	Многолетние травы 1-го года пользования	Многолетние травы 2-го года пользования	Ячмень	Овес
Без удобрения	13.2	35.9	34.6	19.5	15.5
Низкий	22.9	60.8	62.9	38.2	20.3
Средний	27.5	65.3	66.4	41.8	32.0
Повышенный	24.7	53.0	58.4	37.1	22.0
$HCP_{05}$	3.5	2.6	$F_{\phi} < F_{05}$	2.5	3.6

**Таблица 5.** Влияние насыщенности удобрениями на продуктивность севооборота и окупаемость 1 кг NPK

Уровень удобрённости	Внесено NPK, кг д.в./га севооборотной площади	Продуктивность севооборота, ц з.е./га	Окупаемость 1 кг NPK прибавками продуктивности севооборота, кг з.е.
Без удобрения	0	22.7	–
Низкий	31–21.4–56.4	36.0	12.5
Средний	38–26.4–69	41.1	13.8
Повышенный	45–31.4–84Ф	34.9	7.7

N265P185K485, среднегодовая доза – N38P26.4K69. При низком уровне удобрённости (среднегодовая доза N31P21.4K56.4) продуктивность севооборота снизилась на 12.4%, при повышенном (N45P31.4K84) – на 15.1% в сравнении со средним уровнем (табл. 1, 5).

Полученные данные согласовались с результатами других экспериментов, показавшие, что использование агротехнологий с высоким уровнем применения удобрённых на почвах легкого гранулометрического состава с низким содержанием физической глины и органического вещества не обеспечивало существенного роста урожайности культур льняного севооборота [6].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, результаты исследования на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с повышенным содержанием подвижного фосфора и средним калия показали, что при возделывании льна-долгунца в севообороте после многолетних трав с урожайностью сена на уровне 60 ц/га оптимальной дозой удобрения является N15P25K65. Урожайность льносолемы составила 67.1 ц/га, оцененной номером 3.00, урожайность льносемян – 11.1 ц/га. Применение повышенной дозы удобрения N20P30K75 привело к снижению урожайности льносолемы на 12.8% в сравнении с оптимальной без снижения ее качества. Меньшая доза удобрения N10P20K50 обеспечивала наибо-

лее высокую семенную продуктивность – 12.1 ц/га, но привела к снижению урожайности льносолемы на 5.4% и его качества на 1 сортономер.

Наиболее высокую продуктивность 7-польного льняного севооборота – 41.1 ц з.е./га обеспечило применение среднегодовой дозы N38P26.4K69 (за ротацию в сумме N265P185K485). Окупаемость 1 кг NPK прибавкой продуктивности составила 13.8 кг з.е.

Повышение уровня удобрённости до N45P31.4K84 на легкосуглинистой почве с низким содержанием органического вещества привело к снижению среднегодовой продуктивности севооборота на 6.2 ц з.е./га (на 15.1%) и снижению окупаемости удобрённых на 6.1 кг з.е. (в 1.8 раза).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кириллова Г.Б., Жуков Ю.П. Продуктивность культур севооборота при различных дозах удобрённых на дерново-подзолистой почве // Агротехника. 2004. № 1. С. 65–70.
2. Жуков Ю.П., Чухина О.В., Токарева Н.В., Куликова Е.И. Влияние различных доз удобрённых на урожайность культур севооборота и агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы // Плодородие. 2015. № 2. С. 14–20.
3. Кузьменко Н.Н. Сравнительная эффективности разных доз удобрённых при возделывании льна-долгунца // Юбилей сб. научн. тр. XIII Междунород. научн.-практ. конф., посвящ. 90-летию Донского гос. техн. ун-та (Ростовского-на-Дону ин-та

- сельхозмашиностроения), в рамках XXIII Агропромышл. форума юга России и выставки “Интерагромаш”. В 2-х т. 2020 С. 633–636.  
<https://doi.org/10.23947/interagro.2020.1.633-636>
4. *Kosolapova A., Yamaltdinova V., Mitrofanova E., Fomin D., Teterlev I.* Yields of field crops and sod-podzolic soil fertility of West Ural depending on fertilizer system // *Bulgar. J. Agricult. Sci.* 2016. V. 22. № 3. P. 381–385.
  5. *Кузьменко Н.Н.* Оценка эффективности разной насыщенности льняного севооборота удобрениями // *Плодородие.* 2020. № 2(113). С. 6–9. DOI: 10.25680/S19948603.2020.113.02
  6. *Белоусов Н.М., Драганская М.Г., Бельченко С.А.* Изменение параметров плодородия песчаных почв в результате длительного применения удобрений // *Результаты длительных исследований в системе Географической сети опытов с удобрениями (К 70-летию Геосети).* Вып. 1. М., 2011. С. 95–103.
  7. *Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями.* Ч. 1. М.: ВАСХНИЛ, 1986. 146 с.
  8. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 415 с.
  9. *Методические указания по проведению полевых опытов со льном-долгунцом.* Торжок: Ржевская типография, 1979. 71 с.
  10. ГОСТ 26204-84-ГОСТ 26213-84. Почвы. Методы анализа. М.: Изд-во стандартов, 1984. 54 с.

## Effect of Different Levels of Fertilization on the Yield of Flax and Crops Flax Crop Rotation

**N. N. Kuzmenko**

*Federal Scientific Center of Bast Crops  
 ul. Lunacharskogo 35, Tver region, Torzhok 172002, Russia  
 E-mail: kuzmenko.nataliya2010@mail.ru*

In the Central region of the Non-Chernozem zone of Russia in 2012–2018, on sod-podzolic light loamy soil with low humus content, increased content of mobile phosphorus and average potassium in a 7-full flax crop rotation, the effectiveness of 3 levels of fertilization with a mineral fertilizer system was studied. It is shown that when cultivating flax in crop rotation after perennial grasses, the maximum yield of flax straw is 67.1 c/ha with the number 3.00 and the yield of flax seeds is 11.1 c/ha was provided by a dose of N15P25K65. For crops cultivated in crop rotation (winter rye, barley, oats and perennial grasses) and in general for crop rotation, the optimal level of fertilization was the use of an average annual dose of N38P26.4K69.3 (for rotation of crop rotation in the amount of N265P185K485). The average annual productivity of crop rotation was 41.1 c f.u./ha with a payback of 1 kg of NPK with an increase in productivity of 13.8 kg f.u. The use of an average annual dose of N31P21.4K56.4 (in the amount of N315P220K590) led to a decrease in the average annual productivity of crop rotation by 6.2 c f.u./ha (by 15.1%) and a decrease in the payback of fertilizers by 6.1 kg f.u. (1.8 times).

*Key words:* fertilization level, flax, flax crop rotation, productivity.