

тельном применении удобрений и их последствий // Агрохимия. – 2004. – № 7. – С. 5–10.

14. Лапа В.В., Босак В.Н., Пироговская Г.В. Влияние органо-минеральной системы удобрения на продуктивность севооборота и баланс гумуса в дерново-подзолистых почвах // Агрохимия. – 2009. – № 2. – С. 40–44.

15. Измистьев В.М., Свечников А.К. Влияние длительного применения минеральных удобрений на продуктивность кормовых

севооборотов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2015. – № 1 (44). – С. 29–34.

16. Чеботарев Н.Т., Юдин А.А. Динамика плодородия и продуктивности дерново-подзолистой почвы под действием длительного применения удобрений в условиях Республики Коми // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – № 2. – С. 11.

17. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

INFLUENCE OF LONG-TERM COMPLEX APPLICATION OF FERTILIZERS ON THE FERTILITY AND PRODUCTIVITY OF SOD-PODZOLIC SOIL IN THE EURO-NORTH-EAST

N.T. Chebotarev, chief researcher; N.N. Shergina, candidate of biological sciences

*Institute of Agrobiotechnology named A.V. Zhuravsky of Komi science center of the Ural branch of the Russian academy of sciences
– separate division of the Federal research center “Komi science center of the Ural branch of the Russian academy of sciences”.*

Sykt'yvkar, Komi Republic, 167023 Russia, E-mail: npti@bk.ru mailto:audin@rambler.ru

In long-term field trial with a six-field fodder crop rotation on sod-podzolic medium- cultivated soil were studied the effects of organic (40 and 80 t / ha TNCs) and mineral (1/3, 1/2, 1 NPK) fertilizers. Fertilizer levels were calculated by NPK crop consumption by planned yield. It was found that the most effective was the organo-mineral fertilizer system, especially 80 t / ha and a full dose of NPK. At the same time, the humus content increased by 0.9%, the exchange acidity and the hydrological acidity decreased by 1.1 units. pH and 4.4 mmol / 100g of soil respectively. The phosphorus content increased slightly, the potassium content decreased due to its consumption by plants and leaching from the soil. The largest crop yields (on average for 3 rotations) were obtained using 80 t / ha and 1 NPK: annual grasses – 4.4; perennial herbs – 6.2 and potatoes – 7.0 t / ha of high quality dry matter. Similar phenomena in other variants of field trial are less marked.

Keywords: fertilizer, soil, fodder crop rotation, productivity, humus, crops, fertility.

УДК 633.521.: 631.582

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА В СЕВООБОРОТАХ С КОРОТКОЙ РОТАЦИЕЙ

*Т.П. Сухопалова, к.с.-х.н., ФГБНУ Федеральный научный центр лубяных культур
г. Торжок, ул. Луначарского, 35, Российская Федерация, 172002, E: vniil.sekretar@mail.ru*

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России
(Госзадание № 075-00859-19-00)*

Приведены результаты научных исследований по возделыванию льна-долгунца с учетом различных элементов агротехнологии в севооборотах с короткой ротацией в Центральном районе Нечерноземной зоны РФ. Рассматривается дополнительное использование агротехнологических элементов для повышения плодородия почвы при возвращении льна-долгунца на одно и то же поле через более короткий промежуток времени. Для определения эффективности агротехнологических элементов сравнивали продуктивность трех севооборотов. В первом севообороте лен-долгунец высевали после предшественника ячменя три года подряд на одном и том же поле. Во втором – возделывали вико-овсяную смесь с поукосным выращиванием горчицы белой на зеленое удобрение, лен-долгунец, ячмень с внесением биофунгицида Стернифаг и лен-долгунец. В третьем – после предшественника горчицы белой на зеленый корм поукосно высевали горчицу белую на зеленое удобрение, лен-долгунец, ячмень и лен-долгунец. После предшественников вико-овсяной смеси и горчицы белой, убираемых на зеленый корм (севообороты 1 и 2) использование зеленой массы с промежуточного поукосного посева горчицы белой на удобрение увеличивало урожайность льнотресты и льносемян на 21-28 % относительно севооборота, где сидерат не применяли. Внесение зеленой массы горчицы белой на удобрение в севообороте 2 и биофунгицида после уборки ячменя оказало влияние на повышение урожайности льнотресты на 1,2 ц/га при сохранении ее качества по сравнению с вариантом, где биофунгицид не вносили. Продуктивность второго севооборота при комплексном использовании промежуточного посева горчицы белой и биофунгицида Стернифаг была выше в среднем на 13 ц з.е/га по сравнению с севооборотом, где повторно высевали лен-долгунец и на 5 ц з.е/га по сравнению с возделыванием его без биофунгицида.

На третий год посева льна-долгунца на одном и том же поле отмечалось снижение урожайности льноволокна на 0,3 – 0,8 ц/га, в том числе трепаного – на 1,6 – 1,7 ц/га по сравнению с выращиванием его во втором и третьем севооборотах.

Ключевые слова: лен-долгунец, севооборот с короткой ротацией, горчица белая, биофунгицид, урожайность.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.115.06

Из-за повышения цен на удобрения, гербициды, снижения площади посева зерновых культур, измене-

ния специализации сельскохозяйственных предприятий встал вопрос о размещении льна-долгунца после новых

предшественников, о введении севооборотов с более короткой ротацией и возможности посева льна по льну.

В период ведения интенсивного земледелия необходимо использовать культуры-прерыватели в коротких севооборотах. Культуры-прерыватели позволяют вводить в севооборот два поля с льном-долгунцом, с размещением его на одном поле через три года, т.е. внедрять пятипольный севооборот [1].

Промежуточные культуры в севооборотах с различным насыщением зерновыми на дерново-подзолистых почвах положительно влияют на увеличение урожайности последующих культур зернового севооборота [2]. При планировании севооборотов со льном-долгунцом в настоящее время актуальны замена многолетних предшественников (многолетние травы) льна-долгунца на однолетние предшественники (вико-овсяную смесь и горчицу белую), а также использование на зеленое удобрение поукосных и пожнивных посевов промежуточных культур [3].

В качестве сидеральной культуры можно использовать не только горчицу белую, но и горчицу сарептскую, которая благоприятно влияет на сохранение и повышение плодородия почвы. Так, после разложения 35-40 т/га зеленой массы для последующей культуры становится доступно до 90 кг/га нитратного азота, 30 подвижного фосфора, 100 кг/га обменного калия [4].

С помощью почвенного биофунгицида Стернифаг (действующее вещество – споры гриба *Trichoderma harzianum* ВИЗР – 18, титр 10^{10} КОЕ / г), предназначенного для разложения растительных остатков и подавления почвенных фитопатогенов, можно оздоровить почву. Применение биофунгицида Стернифаг в сочетании с другими технологическими приемами положительно сказалось на увеличении урожайности льнопродукции и качестве льносырья [5].

При повторном посеве льна-долгунца на одном и том же поле необходимо отметить, что типичное «льноутомление» почвы на серых лесных почвах подтаежной зоны Западной Сибири наступает на третий – четвертый год повторного возделывания льна-долгунца, снижая урожайность льносемян от 50 до 60 %, льносолумы от 35 до 45 % [6].

Возделывание льна-долгунца по льну-долгунцу и насыщение семипольного севооборота двумя-тремя полями его посевов способствовало снижению урожайности и качества льнопродукции. Уровень снижения зависел от агротехники [7]. По результатам исследований Псковского НИИСХ, развитие льноутомления почвы можно сдерживать с помощью использования на зеленое удобрение ярового рапса. При этом возрастает возможность возвращать лен-долгунец на одно и то же место в севообороте через более короткий промежуток времени – 2-3 года [7].

Цель исследований – оценить влияние возделывания льна-долгунца в севооборотах с короткой ротацией на урожайность льнопродукции, ее качество и выявить его продуктивность при использовании новых агротехнологических элементов, а также возможность повторного посева льна-долгунца на одном и том же поле несколько лет подряд.

Методика. Исследования проводили в Центральном районе Нечерноземной зоны РФ (Тверская обл.) с 2016 по 2019 г. на сильно-, средне- и слабокислой дерново-подзолистой среднесуглинистой почве (по ГОСТ 26257-97) (рН 4,4-5,4). Перед посевом льна-долгунца

почва опытного участка характеризовалась очень высоким содержанием (по ГОСТ 26907-91) подвижного фосфора (290-298 мг/кг), повышенным и высоким содержанием калия (134-170 мг/кг). Содержание гумуса было 1,5-1,6 % (по ГОСТ 26213). Полевой опыт однофакторный. Изучали три севооборота с короткой ротацией с чередованием культур (табл. 1).

1. Схема опыта с элементами агротехнологий в льняных севооборотах с короткой ротацией

Год	Агротехнологии в севооборотах		
	1-й севооборот	2-й севооборот	3-й севооборот
2016	Ячмень	Вико-овсяная смесь + поукосно горчица белая	Горчица белая + поукосно горчица белая
2017	Лен-долгунец		
2018	Лен-долгунец	Ячмень + стернифаг	Ячмень
2019	Лен-долгунец		

Предшественник ячмень высевали с нормой высева 5 млн всхожих семян на 1 га, под ячмень вносили полную дозу минеральных удобрений – $N_{45}P_{80}K_{80}$. Посев льна-долгунца сорта Тверской, проводили с нормой высева 22 млн всхожих семян на 1 га, возделывали его по общепринятой технологии с внесением минеральных удобрений под культивацию в дозе $N_{10}P_{22}K_{80}$. Перед посевом предшественника горчицы белой с использованием зеленой массы на корм вносили минеральные удобрения из расчета $N_{35}K_{60}$, под вико-овсяную смесь на зеленый корм – $N_{30}K_{70}$. Предшественники горчицу белую и вико-овсяную смесь на зеленый корм выращивали без фосфорных удобрений. Поукосно горчицу белую на зеленое удобрение после уборки горчицы белой и вико-овсяной смеси на зеленый корм высевали с нормой высева 4,5 млн всхожих семян на 1 га без внесения минеральных удобрений.

Зеленую массу горчицы белой запахивали на удобрение в количестве 13,6 т/га после предшественника горчицы белой и 14,3 т/га после предшественника вико-овсяной смеси в начале ротации севооборота. В зеленой массе горчицы белой содержится $N - 5$, $P_2O_5 - 1,6$, $K_2O - 4$ % на абсолютно сухое вещество, в почву с зеленой массой горчицы белой поступило в среднем 70 кг/га азота, 22 фосфора и 56 кг/га калия.

После уборки ячменя во втором севообороте в 2018 г. вносили почвенный биофунгицид Стернифаг, 80 г/га с добавлением в раствор 12 кг/га аммиачной селитры, для разложения растительных остатков и подавления почвенных фитопатогенов, заделывали его в почву с помощью культиватора. Отличительными особенностями препарата являются: его высокая активность, безопасность для растений, животных и человека, устойчивость к перепадам температур и химическому загрязнению почвы.

Для борьбы с сорной растительностью в фазе елочка посевы льна-долгунца обрабатывали баковой смесью гербицидов, включающей: Секатор Турбо – 75 мл/га, Лонтрел – 250 или 300 мл/га, Пантера – 1,2 л/га или Миура – 1 л/га, Гербитокс – Л – 600 или 700 мл/га. Общая площадь делянки полевого опыта 88 м², учетная – 66,5 м². Повторность опыта трехкратная.

По метеорологическим условиям вегетационные периоды 2018 и 2019 гг. были неблагоприятными. После посева и до конца фазы елочка складывались очень засушливые условия, ГТК по Селянинову – 0,74 ед. В июле, во время цветения и созревания, количество

осадков значительно превышало средние многолетние показатели с температурами меньше средних многолетних, что отрицательно влияло на формирование морфологических признаков, закладывающих основу урожая.

Результаты и их обсуждение. Продуктивность второго севооборота с использованием промежуточного посева горчицы белой в начале ротации и биофунгицида Стернифог в конце ротации возросла в среднем на 13 ц з.е/га по сравнению с севооборотом, где повторно высевался лен-долгунец и на 5 ц з.е/га, где биофунгицид не вносили (табл. 2).

2. Продуктивность 4-польных севооборотов со льном-долгунцом, ц з.е/га

Показатель	Севооборот		
	1-й	2-й	3-й
Сумма	114,9	166	146
В среднем	28,6	41,6	36,5

Агротехнологический элемент, включающий использование биофунгицида Стернифог обеспечил достоверное увеличение урожайности льнотресты – на 5 ц/га по сравнению с повторным возделыванием льна-долгунца на одном и том же поле при повышении качества льнотресты на 0,5 номера и урожайности на 1,2 ц/га по сравнению с возделыванием после ячменя (табл. 3).

Урожайность льноволокна возросла на 0,8 ц/га, в том числе трепаного – на 1,6 ц/га, по сравнению с севооборотом, где лен-долгунец возделывали повторно. В третьем севообороте урожайность, трепаного льноволокна была выше на 1,7 ц/га по сравнению с повторным его возделыванием на одном и том же поле. Качество льнотресты повысилось на 0,5 номера.

3. Урожайность льнопродукции в различных севооборотах с короткой ротацией (2019 г.), ц/га

№ севооборота	Льнотреста	Льносемена	Льноволокно		№ льнотресты
			все-го	трепаное	
1	17,4	1,9	5,2	3,2	1,00
2	22,4*	2,4	6,0*	4,8*	1,50
3	21,2*	2,0	5,5*	4,9*	1,50
НСР ₀₅ , ц/га	0,3	FF<FT	0,1	0,1	

*Существенно на 5 %-ном уровне значимости.

Выводы. На дерново-подзолистой почве с высоким содержанием фосфора и калия при возделывании льна-долгунца в севооборотах с короткой ротацией целесообразно применение дополнительных агротехнологических элементов:

- высевать после предшественника вико-овсяной смеси поукосно горчицу белую и использовать ее зеле-

ную массу на удобрение в начале ротации, и вносить биофунгицид в конце. При этом урожайность льносемян увеличилась на 0,5 ц/га, льнотресты – на 5,0 ц/га, льноволокна трепаного – на 1,6 ц/га, качество льнотресты повысилось на 0,5 номера, продуктивность севооборота – на 13 ц з.е/га;

- возделывать после предшественника горчицы поукосно горчицу белую и использовать ее зеленую массу на удобрение в начале ротации, что обеспечивает дополнительное внесение в почву 70 кг/га азота, 22 фосфора, 56 кг/га калия. Урожайность льнотресты при этом повысилась на 3,8 ц/га, трепаного волокна – на 1,7 ц/га, качество льнотресты – на 0,5 номера, продуктивность севооборота – на 7,9 ц з.е/га;

- без дополнительных агротехнологических элементов повышения плодородия почвы нежелательно размещать лен-долгунец на одном и том же поле несколько лет подряд. Урожайность льносоломы при этом снижается на 3,8-5 ц/га, льноволокна – на 0,3-0,8 ц/га, в том числе трепаного – на 1,6-1,7 ц/га, качество льнотресты уменьшается на 0,5 номера. Продуктивность севооборота с повторным посевом льна-долгунца была меньше на 7,9-13 ц з.е/га.

Литература

1. Семеницкая Г.А. Специализация льняного севооборота / Г.А. Семеницкая // Льняное дело. – 1994. – № 1. – С.19-22.
2. Лошаков В. Г. Пожнивная сидерация и плодородие дерново-подзолистых почв // Земледелие. – 2007. – № 1 – С. 11-14.
3. Сухопалова Т.П. Экономическая эффективность возделывания льна-долгунца после предшественников с промежуточными посевами горчицы белой / Т.П. Сухопалова // Достижение науки и техники АПК. – 2019. – Т.33. – № 9. – С. 90.
4. Монастырский В.А. Возделывание горчицы сарептской в качестве сидерата / В.А.Монастырский, А.Н. Бабичев, В.И. Ольгаренко, Д.В. Сухарев // Плодородие. – 2019. – № 5. – С. 45-47.
5. Захарова Л.М. Применение биологического фунгицида Стернифог, СП под посев прядильного и масличного льна / Л.М. Захарова Н.А. Кудрявцев (Методические рекомендации): Метод. Рекомендации. – М.: АгроБиоТехнология, 2019. – 24 с.
6. Клячина С.Л. Влияние предшественников и удобрений на урожайность и валовой сбор волокна льна-долгунца. Льноводство Сибири (современное состояние и перспективы развития): Материалы Всероссийской научно-практической конференции / С.Л. Клячина / РПО Тарский филиал ФГБОУ ВПО Ом. ГАУ им. П.А. Столыпина. – Тара, 2013. – 81 с.
7. Рысев М.Н. Влияние предшественников, концентрации посевов льна-долгунца в севообороте на различных фонах минерального питания на урожайность и качество льнопродукции, продуктивность севооборотов и плодородие почвы / М.Н Рысев, А.Д. Степин, Г.А Кострова. и др.// Международный научно-исследовательский журнал. Сельскохозяйственные науки. – 2019. – Вып. 11 (89). – Ч. 2. – 13. – С. 21-30.

EFFECTIVENESS OF AGROTECHNOLOGICAL ELEMENTS OF FIBER FLAX CULTIVATION IN CROP ROTATIONS WITH SHORT ROTATION

*T. P Sukhopalova., cand Sc., leading reseach fellow
Federal Scientific Center of Bast-Fiber Crops Breeding,
CBFC Lunacharskogo, St., 35, Torzhok, 172002, Russia
E: vnul.sekretar@mail.ru*

*The work was performed according to the state Task number 075-00859-19-00
and financial support from the Ministry of education and science.*

The results of scientific research on the cultivation of flax with different elements of agricultural technologies in crop rotations with short rotation in central region the non-Chernozem zone Russian Federative are presented. We consider the additional use of agrotechnological elements to increase soil fertility when returning flax to the same field after a shorter period of time. To determine the effectiveness of agrotechnological elements, the productivity of three crop rotations was compared.

In the first crop rotations flax was sown after predecessor barley for three consecutive years in the same field. The second crop rotations predecessor cultivated vetch-oat mixture cover with the cultivation of white mustard on green manure, fiber flax. predecessor barley with the biofungicide Sternifag and fiber flax. In the third crop rotations, after the predecessor of white mustard, white mustard was sown on green fodder for green fertilizer, fiber flax, the predecessor barley and fiber flax.

After the Vico-oat mixture and white mustard precursors, which were removed for green fodder (crop rotation 1 and 2), the use of green mass from the intermediate sowing of white mustard on fertilizer had an effect on increasing the yield of fiber flax and flax seeds by 21-28 % relative to the crop rotation, where siderate was not introduced. Adding a green mass of white mustard to the fertilizer in crop rotation 2 and biofungicide after harvesting barley had an effect on increasing the yield of flax seed by 1.2 quintal^{ha} while maintaining its quality compared to the option where the biofungicide was not applied. The productivity of the second crop rotation with the complex use of intermediate sowing of white mustard and Sternifag biofungicide was higher on average by 13 C quintal.units ^{ha} compared to the crop rotation, where the flax was re-sown and for 5 quintal.units ^{ha} in comparison with cultivation without biofungicide Sternifag. In the third year of sowing flax on the same field (crop rotation N 1 there was a decrease in the yield of flax fiber by 0.3 – 0.8 quintal^{ha}, including trepan – by 1.6 – 1.7 quintal^{ha} compared to growing it in the second and third crop rotations.

Keywords: fiber flax (*Linum usitatissimum*); short rotation, white mustard (*Sinapis alba*), biofungicide, productivity.

УДК 631.416.4

КАЛИЙФИКСИРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ И СОСТАВ ОБМЕННЫХ КАТИОНОВ ПОСТАГРОГЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА

¹Т.В. Нечаева, к.б.н., nechaeva@issa-siberia.ru, 7(383)3639035

²С.Л. Добрянская, к.б.н., slb85@bk.ru, 7(383)2673610

¹Институт почвоведения и агрохимии СО РАН,
630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, д. 8/2.

²Новосибирский государственный аграрный университет,
630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, д. 160

**Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН
при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования
Российской Федерации**

Объектом исследования был чернозем выщелоченный 30-летней залежи под многолетними травами в лесостепи Западной Сибири. Результаты лабораторного опыта показали, что внесенный с удобрениями калий в дозах 25 и 50 мг/100 г почвы (K₂₅ и K₅₀ соответственно) фиксировался не полностью. С увеличением дозы удобрений (K₅₀) абсолютная величина фиксируемого калия значительно увеличивалась, однако фиксация элемента оставалась на уровне дозы K₂₅ и составила в среднем 38%. В конце опыта (150 сут) при дозе K₂₅ большая часть внесенного калия (79%) переходила в форму, не извлекаемую используемыми экстрагентами, в том числе 1 М HNO₃. При дозе K₅₀ более половины калия удобрений обнаружено в необменной (29%), обменной (22%) и водорастворимой (4%) формах. В то же время значительная часть калия (45%) закрепилась на более высокоселективных позициях. Обменные катионы по содержанию в черноземе можно выстроить в следующий ряд: Ca²⁺>Mg²⁺>K⁺>Na⁺.

Ключевые слова: фиксация калия, залежь, формы калия, емкость катионного обмена, кальций, магний, натрий, Западная Сибирь.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.115.07

Калий – незаменимый элемент минерального питания растений [1, 8, 11, 13-15, 22 и др.], поэтому для эффективного функционирования агроценозов необходимо учитывать не только азотное и фосфатное, но и калийное состояние почв. Способность ионов калия переходить из одной формы в другую, занимая различные по прочности связи позиции, относятся к двум противоположно направленным процессам – фиксации (адсорбции) и мобилизации (десорбции). Исследованию данных процессов посвящено значительное количество отечественных публикаций [4, 7-9, 13-15, 20-22 и др.], что, наряду с изучением содержания различных форм калия, создает фундамент для научно обоснованного регулирования почвенного плодородия в отношении этого элемента.

В настоящее время по разным источникам в России насчитывается около 30-40 млн га залежных земель, которые претерпевают значительные изменения в направлении, характере и скорости почвообразователь-

ных процессов [3, 6, 16-17, 24 и др.]. В последние годы часть залежных земель возвращается в пашню или используется под сенокосы, что требует проведения мониторинга для отслеживания изменений параметров почвенного плодородия, в том числе в отношении калия как одного из основных биогенных элементов.

Цель работы – оценить калийное состояние постагrogenного чернозема с учетом содержания различных форм калия, калийфиксирующей способности почвы и состава обменных катионов почвенного поглощающего комплекса (ППК).

Объектом исследований выбрана одна из наиболее распространенных и ценных в хозяйственном отношении почв лесостепи Западной Сибири – чернозем выщелоченный среднесильный среднегумусный иловато-крупнопылеватый на лессовидном суглинке [5], что соответствует Luvic Chernozem по классификации почв WRB [25]. Чернозем выщелоченный (далее чернозем) сформирован на возвышенной хорошо дренированной