



## Реакция сортов льна-долгунца на нормы высева, сроки сева и оптимизацию минерального питания на дерново-подзолистых среднеоккультуренных почвах в условиях Псковской области

© 2020. А. Д. Степин✉, М. Н. Рысев, Т. А. Рысева, С. В. Уткина, Н. В. Романова

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Тверь, Российская Федерация

В статье представлены результаты научных исследований за 2014-2019 годы по выявлению реакции ранне-спелых сортов льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) псковской селекции Пересвет, Квартет, Восход и Добрыня на условия выращивания: сроки сева, нормы высева (16, 18, 20, 22, 24 млн шт. всхожих семян на 1 га), дозы азотных удобрений (0, 15, 30, 45 кг д. в./га). Гидротермический коэффициент (ГТК) за период вегетации варьировал от 0,98 до 1,94. Оптимальной нормой высева для льна-долгунца сорта Пересвет является 22 млн шт/га, для сорта Квартет – 20 млн шт/га, при которых урожайность льноволокна с 1 га составила соответственно 21,9-20,6 ц, что достоверно превышало урожайность волокна при минимальной норме высева соответственно на 1,0-1,7 ц/га при  $НСР_{05} = 0,7-0,9$  ц/га. Максимальная урожайность семян у обоих сортов получена при минимальной норме высева. Оптимальным сроком сева для сорта Пересвет определен третий (8-17 мая 2014-2016 гг.), для сорта Квартет – второй срок (11-20 мая 2017-2019 гг.). Урожайность льноволокна по ним достоверно превысила первый срок посева соответственно на 0,7-2,3 ц/га ( $НСР_{05} = 0,6-0,8$  ц/га) и составила 23,0-21,1 ц/га, а семян 9,8-9,1 ц/га. Оптимальными дозами азота по фону  $P_{40}K_{60}$  для сортов Восход и Квартет являются 15 кг д. в./га, для сортов Добрыня и Пересвет – 30 кг д. в./га. Урожайность льноволокна при применении этих доз превысила контроль соответственно на 1,5-1,3 ц/га ( $НСР_{05} = 0,6-0,8$  ц/га) и на 2,7-2,5 ц/га ( $НСР_{05} = 1,0-0,9$  ц/га). Окупаемость 1 кг азота прибавкой льноволокна у всех сортов была наивысшей при внесении минимальной дозы  $N_{15}$ . В разрезе сортов она колебалась в пределах 8,0-12,7 кг/кг. Определены величины удельного выноса элементов питания на 1 тонну льносолом и льноволокна, которые рекомендуется использовать при определении доз минеральных удобрений под планируемую урожайность льноволокна.

**Ключевые слова:** *Linum usitatissimum* L., сорта, сроки сева, нормы высева, дозы азота, урожайность, окупаемость удобрений, вынос элементов питания

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № 0477-2019-0009).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Степин А. Д., Рысев М. Н., Рысева Т. А., Уткина С. В., Романова Н. В. Реакция сортов льна-долгунца на нормы высева, сроки сева и оптимизацию минерального питания на дерново-подзолистых средне окультуренных почвах в условиях Псковской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(6):764-776. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.764-776>

Поступила: 10.09.2020

Принята к публикации: 06.11.2020

Опубликована онлайн: 10.12.2020

## Reaction of fiber flax varieties to seeding rates, sowing time and optimization of mineral nutrition on sod-podzolic medium-cultivated soils in the Pskov region

© 2020. Aleksander D. Stepin✉, Michail N. Rysev, Tamara A. Ryseva,

Svetlana V. Utkina, Nadezhda V. Romanova

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russian Federation

The article presents the results of scientific research for 2014-2019 on the reaction of early-maturing fiber flax varieties (*Linum usitatissimum* L.) of the Pskov selection Peresvet, Kvartet, Voskhod and Dobrynya to growing conditions: sowing time, seeding rates (16, 18, 20, 22, 24 million pieces of germinating seeds per 1 ha), doses of nitrogen fertilizers (0, 15, 30, 45 kg of active ingredient (a. i.) per hectare). The hydrothermal coefficient (GTC) for the growing season varied from 0.98 to 1.94. The optimal seeding rate for fiber flax of the Peresvet variety is 22 million pcs /ha, and for the Kvartet variety – 20 million pcs /ha. With these seeding rates the yield of flax fiber was 21.9-20.6 hundred kilograms (centners) per hectare, respectively, that significantly exceeded the yield of fiber with the minimum seeding rate of 1.0-1.7 hkg/ha, respectively, with  $LSD_{05} = 0.7-0.9$  hkg/ha. The maximum yield of seeds in both varieties was obtained at the minimum seeding rate. The optimal sowing period for the Peresvet variety was the third period (May 8-17th, 2014-2016) and the second period for the Kvartet variety (May 11-20th, 2017-2019). The yield of flax fiber for these varieties significantly exceeded the 1<sup>st</sup> sowing period by 0.7-2.3 hkg/ha, respectively ( $LSD_{05} = 0.6-0.8$  hkg/ha) and amounted to 23.0-21.1 hkg/ha, that of seeds – 9.8-9.1 hkg/ha.

*The optimal nitrogen doses for R<sub>40</sub>K<sub>60</sub> background are for Voskhod and Kvartet varieties 15 kg a. i./ha, and for the Dobrynya and Peresvet varieties – 30 kg a. i./ha. The yield of flax fiber for them exceeded the control by 1.5-1.3 hkg/ha, respectively (LSD<sub>05</sub> = 0.6-0.8 hkg/ha) and 2.7-2.5 hkg/ha (LSD<sub>05</sub> = 1,0-0.9 hkg/ha). The payback of 1 kg of nitrogen by flax fiber increase in all varieties was the highest with the minimum dose of N<sub>15</sub>. Among the varieties, it ranged from 8 to 12.7 kg/kg. The specific removal of food elements per 1 ton of flax straw and flax fiber recommended for use in determining the doses of mineral fertilizers for the planned yield of flax fiber, has been determined.*

**Key words:** *Linum usitatissimum* L., varieties, sowing periods, seeding rates, nitrogen doses, yield, payback of fertilizers, removal of food elements

**Acknowledgements:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops (theme No.0477-2019-0009).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Stepin A. D., Rysev M. N., Ryseva T. A., Utkina S. V., Romanova N. V. Reaction of fiber flax varieties to seeding rates, sowing time and optimization of mineral nutrition on sod-podzolic medium-cultivated soils in the Pskov region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(6):764-776. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.764-776>

Received: 10.09.2020

Accepted for publication: 06.11.2020

Published online: 10.12.2020

Лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.) является важнейшей технической прядильной культурой комплексного использования, продукция которого (волокно, семена, костра) в качестве сырья широко используется в различных отраслях народного хозяйства. В последние годы его роль значительно возросла в связи с тем, что он стал единственным источником растительного сырья для текстильной промышленности, производимого в больших объемах в России. Ежегодная потребность в льноволокне составляет свыше 130 тыс. тонн, тогда как фактически производится в 2,5 раза меньше. Оставляет желать лучшего и качество производимого волокнистого сырья. Это сдерживает расширение сфер его использования [1, 2].

Важная роль в решении сырьевой проблемы принадлежит внедрению в производство новых высокоэффективных сортов льна-долгунца, обладающих хорошим качеством льноволокна. Их использование без дополнительных затрат позволяет на 25-30 % увеличить урожайность льнопродукции и повысить эффективность льноводства [3].

Созданные селекционерами за последние годы сорта льна-долгунца обладают потенциальной урожайностью 20-25 и более центнеров льноволокна с гектара. Однако в производственных условиях потенциал сорта реализуется не более чем на 30-35 %, что связано с неблагоприятными факторами среды, в том числе и несовершенством применяемой агротехнологии [4]. Последняя

не учитывает биологические особенности используемых сортов, которые довольно разнообразны. Сорта льна-долгунца, обладая определенными биологическими свойствами, отличаются неодинаковой отзывчивостью на уровень плодородия почвы<sup>1</sup>, условия минерального питания, густоту стеблестоя, сроки сева и т. д. [5, 6, 7, 8]. Они характеризуются различной устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, к фитопатогенам, отличаются по химическому составу растений [4, 9]. Все это вызывает необходимость разработки приемов сортовой агротехники для получения максимально возможной урожайности для каждого сорта льна-долгунца.

**Цель исследований** – выявить реакции раннеспелых сортов льна-долгунца на нормы высева и сроки сева (Пересвет и Квартет), условия минерального питания (Пересвет, Квартет, Восход, Добрыня) и установить оптимальные сроки сева, нормы высева и дозы азотных удобрений для этих сортов в условиях Псковской области.

**Материал и методы.** Исследования проводили в 2014-2019 годах на опытном поле Псковского института сельского хозяйства – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» в севообороте лаборатории селекционных технологий. Почва участка – дерново-слабоподзолистая легкосуглинистая, среднеокультуренная со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) 2,0-2,6 %, рН<sub>KCl</sub> – 4,9-5,6, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 218-426 мг/кг, K<sub>2</sub>O – 128-210 мг/кг почвы.

<sup>1</sup>Кукреш С. П., Ходянкова С. Ф. Влияние условий питания и сортовых особенностей на урожайность и качество льна-долгунца. Роль адаптивной интенсификации земледелия в повышении эффективности аграрного производства. Жодино, 1998. Т. 1. С. 127-130.

Метеорологические условия вегетационных периодов за годы проведения исследований существенно различались. Количество осадков варьировало от 202 до 403 мм, сумма температур – от 1759 до 2251 °С, гидротермический коэффициент (ГТК) – от 0,98 до 1,94: 2004, 2018 годы (ГТК = 1,04; 0,98) были недостаточно увлажненными; 2015 год (ГТК = 1,16) – достаточно увлажненный; 2016, 2017, 2019 гг. (ГТК = 1,94; 1,72; 1,54) – избыточно увлажненными. Различия по влаго- и теплообеспеченности оказывали определенное влияние на рост и развитие льна-долгунца, урожайность льнопродукции.

Объектами исследования являлись раннеспелые сорта льна-долгунца селекции института Восход, Добрыня, Пересвет и Квартет.

В опытах изучали 5 норм высева (16, 18, 20, 22, 24 млн шт. всхожих семян на 1 га) и 4 срока сева. Первый, ранний срок, устанавливали по готовности почвы к обработке и посеву при ее прогреве на глубину пахотного слоя до 8-12 °С. Все остальные сроки – с интервалом в 5 дней. Первый срок посева сорта Пересвет в разрезе годов (2014-2016 гг.) состоялся 28 апреля, 16 мая и 7 мая, сорта Квартет (2017-2019 гг.) – 6 мая, 8 мая и 15 мая.

В опыте по оптимизации минерального питания изучали 4 дозы азота (0, 15, 30, 45 кг/га) по фону фосфорно-калийных удобрений в дозе  $P_{40}K_{60}$ . В качестве азотных удобрений использовали аммиачную селитру, которую вносили совместно с фосфорно-калийными удобрениями под предпосевную культивацию.

Площадь делянки в опытах по срокам сева и нормам высева составляла 7 м<sup>2</sup>, с дозами удобрений – 40 м<sup>2</sup>, повторность 4-кратная. В первом случае предшественником являлись многолетние травы, во втором – зерновые культуры.

Обработка почвы состояла из лущения стерни после зерновых культур, дискования пласта многолетних трав, зяблевой вспашки, проводимой в первой половине сентября, ранневесеннего боронования и предпосевной культивации в 2-3 следа. В день посева проводили прикатывание почвы гладкими катками. В опытах со сроками сева и нормами высева семян общим фоном вносили минеральные удобрения в дозе  $N_{24}P_{24}K_{24}$ , в опыте с дозами азотных удобрений и сроками сева норма высева семян составляла 21 млн шт. всхожих

семян на гектар. Удобрения вносили под предпосевную культивацию в соответствии со схемой опыта.

Уход за посевами состоял из химической прополки баковой смесью, включающей: Магnum – 5 г/га, Хантер – 2 л/га, Корректор – 0,2 л/га, Гербитокс Л – 0,7 л/га.

Урожай соломы и семян учитывали поделочно с последующим взвешиванием и пересчетом на стандартную влажность и 100 %-ную чистоту. Содержание волокна определяли путем тепловой мочки, устойчивость к болезням – в соответствии с методическими указаниями<sup>2</sup>.

Статистическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа с использованием пакета программы Microsoft Office Excel.

**Результаты и их обсуждение.** Зависимость урожайности льна-долгунца от норм высева семян. Наблюдения за ростом и развитием растений показали, что при изменении нормы высева и соответственно густоты стеблестоя сорта Пересвет и Квартет практически одинаково реагировали на условия выращивания. Длина вегетационного периода у обоих сортов и высота растений не зависели от норм высева семян. В среднем за три года исследований, которые проходили в разные годы, длина вегетационного периода у сорта Пересвет составила 76 дней, сорта Квартет – 81 день, а общая высота растений находилась в пределах 83-85 и 80-82 см соответственно (табл. 1). Имеющаяся между ними разница была в пределах ошибки опыта.

Слабо зависела от норм высева и устойчивость к ржавчине, фузариозу, антракнозу, пасмо, бактериозу. У сорта Пересвет устойчивость к болезням была довольно высокой (92-96 %), сорта Квартет – несколько ниже (59,0-68,5 %) с минимальным значением при норме высева 24 млн шт/га.

Устойчивость растений к полеганию была наиболее высокой при нормах высева 16-18 млн шт/га. По средним данным, у сорта Пересвет она составила 5,0 баллов, сорта Квартет – 4,0-4,2 балла. С увеличением нормы высева устойчивость к полеганию снижалась, достигая минимума при норме высева 24 млн шт. всхожих семян на гектар: у сорта Пересвет до 3,8 балла, сорта Квартет – до 3,0 баллов.

<sup>2</sup>Лошакова Н. И., Крылова Т. В., Кудрявцева Л. П. Методические указания по фитопатологической оценке устойчивости льна-долгунца к болезням. М., 2000. 52 с.

*Таблица 1 – Влияние сроков сева и норм высева семян на биологические и хозяйственные признаки новых сортов льна-долгунца /*

*Table 1 – Influence of sowing periods and seeding rates on the biological and economic characteristics of new varieties of fiber flax*

Вариант опыта / Variant of the experiment	Вегета- ционный период, сут / Growing season, days	Высота растений, см / Plant height, cm	Урожайность, ц/га / Yield, hkg/ha			Содер- жание волокна, % / Fiber content, %	Устойчивость, % / Resistance, %	
			солома / straw	семена / seeds'	волокно / fibers		к болезням / to disease	к полеганию / to lodging
Срок сева / Time of sowing		Пересвет / Peresvet (2014-2016)						
1	73	78	61,2	10,0	22,3	36,3	96,0	4,3
2	73	78	60,1	10,1	21,7	36,0	96,0	4,3
3	72	81	61,8	9,8	23,0	37,0	96,0	4,3
4	76	83	64,2	9,1	23,2	36,1	82,0	3,7
HCP <sub>05</sub> ц/га / LSD <sub>05</sub> hkg/ha		-	1,5	0,4	0,6	-	-	-
Квартет / Kvartet (2017-2019)								
1	78	78	48,2	8,6	18,8	39,1	69,3	4,7
2	79	82	53,5	9,1	21,1	39,5	63,3	4,3
3	80	82	54,0	8,9	20,8	38,7	55,0	3,6
4	82	84	50,4	7,2	19,4	38,6	48,7	3,3
HCP <sub>05</sub> ц/га / LSD <sub>05</sub> hkg/ha		-	5,2	1,1	0,8	-	-	-
Норма высева, млн шт. / Seeding rates, million pcs.		Пересвет / Peresvet (2014-2016)						
16	76	84	51,7	9,6	19,5	37,8	94,0	5,0
18	76	85	55,2	9,9	20,9	37,8	96,0	5,0
20	76	83	56,3	9,8	21,5	38,2	96,0	4,8
22	76	83	57,7	9,4	21,9	38,0	94,0	4,6
24	76	84	60,3	9,2	22,7	37,7	92,0	3,8
HCP <sub>05</sub> ц/га / LSD <sub>05</sub> hkg/ha		-	1,4	0,2	0,7	-	-	-
Квартет / Kvartet (2017-2019)								
16	81	82	50,3	9,9	18,9	37,6	68,5	4,2
18	81	81	51,5	8,9	19,6	38,1	60,0	4,0
20	81	80	53,8	8,2	20,6	38,6	62,0	3,6
22	81	81	54,5	7,8	20,8	38,4	65,0	3,0
24	81	80	54,3	8,0	20,7	38,4	59,0	3,0
HCP <sub>05</sub> ц/га / LSD <sub>05</sub> hkg/ha		-	1,5	0,8	0,9	-	-	-

Урожайность льносоломы у сорта Пересвет возрастала с увеличением нормы высева, максимальная урожайность 60,3 ц/га была получена при густоте стеблестоя 1890 штук растений/м<sup>2</sup>, что соответствует норме высева 24 млн шт/га. У сорта Квартет урожайность возрастала с увеличением нормы высева до 22 млн шт/га, к тому же между нормами высева 20 и 22 млн шт/га прибавки льносоломы были недостоверны. Реакция сортов по влиянию норм высева на урожайность льносемян несколько различалась. У сорта Пересвет наи-

большей (9,9-9,8 ц/га) она была при норме высева семян 18-20 млн шт/га. При увеличении нормы высева до 24 млн шт/га урожайность семян снизилась на 0,6 ц/га (НСР<sub>05</sub> = 0,2 ц/га). У сорта Квартет наибольшая урожайность семян – 9,9 ц/га получена при минимальной норме высева семян – 16 млн шт/га, с увеличением нормы до 22-24 млн шт/га она снизилась до 7,8-8,0 ц/га.

Анализ урожайных данных за годы исследований показал, что подобная закономерность изменения урожайности льносоломы

и семян от нормы высева характерна для каждого года. У сорта Пересвет урожайность льносоломой колебалась от 34,7 до 60,3 ц/га. Наибольшей она была в 2015 году (51,7-60,3 ц/га) при достаточном увлажнении в течение периода вегетации (ГТК = 1,2). У сорта Квартет максимальная урожайность соломы (58,7-69,3 ц/га) отмечена в 2019 году при ГТК = 1,44. Наибольшую семенную продуктивность наблюдали в эти же годы.

Увеличение густоты стеблестоя у сорта Пересвет с 1312 до 1890 шт/га, сорта Квартет с 1264 до 1800 шт/га в процессе изучаемых норм высева оказало несущественное влияние на содержание волокна в соломе. По среднеголетним данным, наибольшее содержание волокна у сорта Пересвет (38,2 %) и сорта Квартет (38,6 %) получили при норме высева 20 млн шт/га.

Урожайность льноволокна является производной величиной между урожаем льносоломой и процентом содержания волокна. У сорта Пересвет урожайность волокна возрастала с увеличением нормы высева до 24 млн шт/га (22,7 ц/га), но при этой норме заметно снижалась устойчивость к полеганию, что повышало риск полегания во влажные годы. У сорта Квартет при увеличении нормы высева с 16 до 20 млн шт/га урожайность льноволокна достоверно возрастала с 18,9 до 20,6 ц/га, при дальнейшем повышении нормы она, практически, не изменялась. Таким образом, результаты исследований позволили установить оптимальные нормы высева семян: для сорта Квартет – 20 млн шт/га, сорта Пересвет – 22 млн шт/га.

*Зависимость урожайности льна-долгунца от сроков посева.* Метеорологические условия за вегетационный период при разных сроках посева льна имеют некоторые различия, которые оказывают определенное влияние на продолжительность фаз развития растений льна, укорачивая или удлиняя их. В целом, длина вегетационного периода у сорта Квартет несколько возрастала от первого раннего срока сева к более поздним на 1-2 дня. По трехлетним данным, при раннем сроке сева он составил 78 дней, а при позднем – 82 дня. Самый продолжительный вегетационный период у этого сорта (86-90 дней) был в холодном, избыточно увлажненном 2017 году, в котором среднесуточная температура за период вегетации была на 1,8 °С ниже среднеголетней при ГТК = 1,79. У сорта Пересвет вегетационный период при первых трех сроках посева

мало изменялся (оставался стабильным) и составил 72-73 дня. При самом позднем сроке посева он возрос до 76 дней, что связано с тем, что в период формирования и созревания стояла прохладная с осадками погода.

Высота растений – один из важных хозяйственных признаков льна. Она во многом зависит от того, как складываются температурные условия и запасы почвенной влаги, особенно в период быстрого роста растений. В среднем за годы исследований высота растений возрастала у обоих изучаемых сортов от первого срока к последующему, и наибольшей была при позднем сроке сева – 83-84 см. При этом был получен и более высокий урожай соломы по сравнению с ранним сроком сева. У сорта Пересвет урожайность льносоломой при первых трех сроках посева была на одном уровне – 60,1-61,8 ц/га, при позднем сроке (четвертом) получили наибольшую – 64,2 ц/га, превысив все ранние сроки на 2,4-4,1 ц/га при НСР<sub>05</sub> = 1,5 ц/га, что связано с лучшими условиями увлажнения в период быстрого роста льна при данном сроке сева.

У сорта Квартет урожайность льносоломой от первого до третьего срока посева увеличивалась с 48,2 до 54,0 ц/га (НСР<sub>05</sub> = 5,2 ц/га). При позднем сроке сева она снизилась до 50,4 ц/га, что было связано с более сильным полеганием стеблестоя при данном сроке сева.

Урожайность льносемян при раннем сроке сева у сорта Пересвет в среднем по трехлетним данным составила 10,0 ц/га, у сорта Квартет – 8,6 ц/га, при втором и третьем сроках сева у обоих сортов она мало изменялась. Имеющаяся между ними разница находится в пределах ошибки опыта. И только при последнем сроке сева она существенно снижалась: у сорта Пересвет в сравнении с ранним сроком сева на 0,9 ц/га, у сорта Квартет – на 1,4 ц/га. Наиболее высокая урожайность семенной продукции у сорта Пересвет получена в 2015 году (11,4-10,5 ц/га), у сорта Квартет в 2019 году (12,0-10,8 ц/га), когда в период формирования и созревания семян стояла теплая и сухая погода, а ГТК за период вегетации составил 1,17-1,44.

Содержание волокна в соломе у сорта Пересвет было в пределах 36,0-36,9 %, наибольшим оно было при третьем сроке сева. У сорта Квартет высокое содержание волокна в соломе отмечено при первых двух сроках сева (39,1-39,5 %), при последующих сроках

несколько снижалось (38,6-38,7 %). Все это сказалось на урожайности льноволокна. Самый высокий урожай льноволокна 23,0-23,2 ц/га у сорта Пересвет получен при третьем и четвертом сроках сева, которые в отдельные годы происходили в период с 8 по 22 мая. У сорта Квартет лучшими сроками сева, обеспечившими получение максимального урожая льноволокна 21,1-20,8 ц/га, были второй и третий сроки (11-20 мая). При более позднем сроке сева урожайность льноволокна достоверно снижалась на 1,6 ц/га при  $НСР_{05} = 0,8$  ц/га.

Сроки сева оказывали заметное влияние на устойчивость льна-долгунца к полеганию и болезням. Сорт Пересвет отличался повышенной устойчивостью к болезням. При первых трех сроках сева он поражался болезнями очень слабо, устойчивость составляла 96 %, при позднем сроке сева она снижалась до 82 %. У сорта Квартет устойчивость к болезням была значительно ниже, от срока к сроку она снижалась с 69,3 до 48,7 %. Высокую устойчивость отмечали при раннем сроке сева. Аналогичным образом у данного сорта снижалась и устойчивость к полеганию. При раннем сроке сева она составила 4,7 балла, при последующих сроках постепенно снизилась до 3,3 балла. У сорта Пересвет устойчивость к полеганию в первые 3 срока сева была равной 4,3 балла, у последнего – 3,7 балла. Более высокая полегаемость при поздних сроках сева вызвана тем, что осадки, выпадавшие в конце июля - начале августа, нередко носили ливневый характер, а соломина льна в этот период еще недостаточно прочная.

Таким образом, на основании трехлетних исследований и комплексной оценки влияния сроков сева на урожайность льноволокна и льносемян, устойчивости льна к полеганию и болезням можно заключить, что оптимальным сроком сева для сорта Пересвет является третий срок сева (8-17 мая), сорта Квартет – второй срок (11-20 мая). Календарно эти сроки сева совпадают со второй декадой мая.

*Оптимизация минерального питания льна-долгунца.* Лен-долгунец предъявляет высокие требования к почвенному плодородию, к наличию в почве питательных веществ

в легкодоступной форме, так как корневая система его слабо развита, а подавляющая часть элементов питания поглощается им в довольно короткий период: от фазы «елочка» до цветения. При этих условиях применение удобрений является важнейшим средством получения высоких и устойчивых урожаев льна-долгунца на дерново-подзолистых почвах, отличающихся низким естественным плодородием<sup>3</sup> [10]. Наиболее высокие прибавки урожая льна и лучшее его качество получаются при сочетании всех основных видов минеральных удобрений: азотных, фосфорных и калийных [11]. В то же время долевое участие азота в формировании прибавки урожая достигает 60 % и более от полного удобрения [8]. Следует также отметить, что в современных экономических условиях общая ситуация с окупаемостью удобрений на льне-долгунце достаточно сложная. Хорошо окупаются только азотные удобрения<sup>4</sup>. В этой связи выявление оптимальных доз азотных удобрений для конкретных сортов льна-долгунца имеет большое значение для повышения урожайности и качества льнопродукции [12, 13].

Результаты исследований по изучению доз азотных удобрений под лен-долгунец показали, что у всех наблюдаемых сортов в вариантах с внесением азота созревание льна-долгунца задерживалось на 2-3 дня, при дозах 30 и, особенно, 45 кг/га снижалась устойчивость к полеганию (на 0,3-0,8 балла), усиливалась пораженность болезнями. При дозе азота 45 кг/га к уборке наблюдалось некоторое увеличение гибели растений (на 3-7 %). С возрастанием доз вносимого азота увеличивались высота растений, диаметр стеблей, количество семенных коробочек на растениях.

Продолжительность вегетационного периода у стандартного сорта Восход, в среднем за годы исследований, составила 76-78 дней, сорта Добрыня – 79-82 дня, сорта Пересвет – 74-76 дней, сорта Квартет – 79-82 дня.

Применение возрастающих доз азотных удобрений в диапазоне  $N_{15}...N_{45}$  оказывало неодинаковое влияние на урожайность льно-соломы изучаемых сортов льна-долгунца (табл. 2).

<sup>3</sup>Петрова Л. И. Роль основных питательных элементов в формировании урожая и качества льна-долгунца. Труды ВНИИЛ, Торжок, 1982. Вып. 19. С. 66-75.

<sup>4</sup>Небольсин А. Н., Небольсина З. П., Покровская Г. П., Шулегина М. В., Рысев М. Н. Оптимизация доз минеральных удобрений под лен на дерново-подзолистых почвах Северо-Запада России. Агрохимия. 1999;(4):67-74.

Таблица 2 – Влияние азотных удобрений на урожайность льнопродукции (в среднем за три года) /  
 Table 2 – Influence of nitrogen fertilizers on the yield of flax products (on average for three years)

Сорт / Variete	Доза удобрений / Fertilizer dose	Урожайность, ц/га / Yield, hkg/ha			Содержание волокна, % / Fiber content, %
		солома / straw	семена / seeds	волокно / fiber	
Восход / Voskhod	P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон / background	55,2	9,8	16,7	30,3
	Фон + N <sub>15</sub> / Background + N <sub>15</sub>	59,8	10,4	18,2	30,5
	Фон + N <sub>30</sub> / Background + N <sub>30</sub>	60,3	11,0	17,8	29,6
	Фон + N <sub>45</sub> / Background + N <sub>45</sub>	61,4	10,2	17,7	28,9
	HCP <sub>05</sub> ц/га / LSD <sub>05</sub> hkg/ha	3,7	0,7	0,6	-
Добрыня / Dobrynya	P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон / background	59,3	10,5	18,6	31,4
	Фон + N <sub>15</sub> / Background + N <sub>15</sub>	63,0	10,9	20,5	32,5
	Фон + N <sub>30</sub> / Background + N <sub>30</sub>	66,2	11,3	21,3	32,1
	Фон + N <sub>45</sub> / Background + N <sub>45</sub>	66,3	11,2	19,8	29,8
	HCP <sub>05</sub> ц/га / LSD <sub>05</sub> hkg/ha	3,1	0,6	1,0	-
Пересвет / Peresvet	P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон / background	56,3	9,7	20,7	36,7
	Фон + N <sub>15</sub> / Background + N <sub>15</sub>	58,8	10,4	21,9	37,2
	Фон + N <sub>30</sub> / Background + N <sub>30</sub>	61,9	10,1	23,2	37,4
	Фон + N <sub>45</sub> / Background + N <sub>45</sub>	60,2	10,2	22,2	36,9
	HCP <sub>05</sub> ц/га / LSD <sub>05</sub> hkg/ha	3,8	0,5	0,9	-
Квартет / Kvartet	P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон / background	52,8	8,9	20,1	38,1
	Фон + N <sub>15</sub> / Background + N <sub>15</sub>	55,9	9,5	21,4	38,3
	Фон + N <sub>30</sub> / Background + N <sub>30</sub>	58,7	10,2	21,7	37,0
	Фон + N <sub>45</sub> / Background + N <sub>45</sub>	59,6	9,8	21,7	36,5
	HCP <sub>05</sub> ц/га / LSD <sub>05</sub> hkg/ha	2,8	0,5	0,8	-

У раннеспелого стандартного сорта Восход минимальная доза азота N<sub>15</sub> обеспечила достоверную прибавку урожая 4,6 ц/га при HCP<sub>05</sub> = 3,7 ц/га. При дальнейшем увеличении дозы азота до 30-45 кг/га урожайность льносоломой увеличивалась незначительно – на 0,5-1,6 ц/га, т.е. находилась в пределах ошибки опыта. У сорта Пересвет достоверная прибавка урожая в сравнении с фоном P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> была получена при внесении азота в дозе 30 кг/га – 5,6 ц/га (HCP<sub>05</sub> = 3,8 ц/га). С увеличением дозы азота до 45 кг д. в./га она несколько снижалась.

У сортов Добрыня и Квартет урожайность льносоломой существенно возрастала как при минимальной дозе азота (N<sub>15</sub>), так и при ее увеличении до 30 кг/га, при повышении дозы азота до 45 д. в. кг/га урожайность льносоломой практически не изменялась.

Наибольшая семенная продуктивность – 11,0 ц/га у сорта Восход получена при дозе азота 30 кг д. в./га, у сорта Пересвет (10,4 ц/га)

– при дозе N<sub>15</sub>. Прибавки от азота в этих дозах были достоверными в сравнении с фоном P<sub>40</sub>K<sub>60</sub>. У сорта Добрыня достоверная прибавка была получена при внесении азота в дозе N<sub>30</sub>, тогда как у сорта Квартет достоверные прибавки семян были получены при возрастающей дозе азота N<sub>15</sub>...N<sub>30</sub>.

Влияние азотных удобрений на содержание волокна у отдельных сортов несколько различалось. У сорта Восход содержание волокна в соломе при дозе азота N<sub>15</sub> мало изменялось, тогда как дальнейшее ее увеличение до 30-45 кг/га приводило к его существенному снижению – на 0,7-1,6 % (абс.). У сорта Пересвет азотные удобрения не оказывали отрицательного влияния на содержание волокна, а при малых дозах (N<sub>15</sub>, N<sub>30</sub>) даже увеличивали его на 0,5-0,7 %. Аналогичным было влияние доз азота на содержание волокна и у сорта Добрыня. У сорта Квартет азотные удобрения оказывали отрицательное влияние на содержание волокна при дозах N<sub>30</sub>, N<sub>45</sub>.



В тесной взаимосвязи с урожайностью льносоломой и содержанием волокна находится урожайность льноволокна. У сорта Восход максимальная урожайность волокна (18,2 ц/га) получена при дозе  $N_{15}$ , дальнейшее увеличение дозы азота до 30-45 кг д. в./га приводило к снижению ее на 0,4-0,5 ц/га. У сортов Добрыня и Пересвет урожайность льноволокна при увеличении доз азота в интервале  $N_{30}...N_{45}$  достоверно увеличивалась на 0,9-1,2 и 0,8-1,3 ц/га соответственно. У обоих сортов она была максимальной при дозе  $N_{30}$  и составила 21,3-23,2 ц/га. У сорта Квартет достоверная прибавка урожая 1,3 ц/га была получена при дозе  $N_{15}$ . При дальнейшем увеличении дозы азота до 30-45 кг/га урожайность льноволокна несколько возрастала (на 0,3 ц/га), но эта прибавка была несущественной. Поэтому для сорта Квартет оптимальной дозой азота следует считать  $N_{15}$ , при которой урожайность льноволокна составила 21,4 ц/га, а окупае-

мость 1 кг азота прибавкой льноволокна снизилась с 8,7 до 5,3 кг/кг.

В таблице 3 представлены результаты химического анализа льносоломой и льносемян на содержание общего азота, фосфора и калия. Исследования показали, что на фоне  $P_{40}K_{60}$  азотные удобрения, вносимые в интервале доз 15-45 кг/га д. в., у всех изучаемых сортов способствовали некоторому увеличению содержания азота в льносоломе. При этом несколько повышалось в соломе и содержание калия. В то же время азотные удобрения не влияли на содержание фосфора в соломе у сортов Восход и Квартет, у сортов Добрыня и Пересвет оно несколько снижалось с 0,24 до 0,16 % и 0,21 до 0,14 % соответственно. Содержание общего азота, фосфора и калия в семенах у всех сортов было более стабильным и азотные удобрения в дозах  $N_{15-30-45}$  кг/га на эти показатели практически не влияли. Все это сказалось на выносе питательных веществ с урожаем.

*Таблица 3 – Содержание общего азота, фосфора и калия в соломе и семенах льна-долгунца, % с.в. (в среднем за три года) /*

*Table 3 – The content of total nitrogen, phosphorus and potassium in straw and seeds of fiber flax, % s. V. (on average for three years)*

<i>Сорт / Varieties</i>	<i>Доза удобрений / Fertilizer doses</i>	<i>Льносолома / Flax straw</i>			<i>Семена / Seeds</i>		
		<i>N</i>	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>	<i>N</i>	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>
Восход / Voskhod	$P_{40}K_{60}$ – фон / background	0,72	0,20	1,48	4,41	1,65	1,18
	Фон + $N_{15}$ / Background + $N_{15}$	0,78	0,18	1,50	4,38	1,68	1,20
	Фон + $N_{30}$ / Background + $N_{30}$	0,84	0,20	1,57	4,37	1,74	1,16
	Фон + $N_{45}$ / Background + $N_{45}$	0,85	0,18	1,63	4,44	1,73	1,15
Среднее по сорту / Average by variety		0,80	0,18	1,54	4,40	1,70	1,17
Добрыня / Dobrynya	$P_{40}K_{60}$ – фон / background	0,80	0,24	1,54	4,60	1,79	1,35
	Фон + $N_{15}$ / Background + $N_{15}$	0,85	0,21	1,63	4,60	1,77	1,35
	Фон + $N_{30}$ / Background + $N_{30}$	0,89	0,19	1,58	4,51	1,75	1,34
	Фон + $N_{45}$ / Background + $N_{45}$	0,92	0,16	1,60	4,67	1,73	1,30
Среднее по сорту / Average by variety		0,88	0,20	1,59	4,60	1,76	1,34
Пересвет / Peresvet	$P_{40}K_{60}$ – фон / background	0,79	0,21	1,51	4,38	1,76	1,17
	Фон + $N_{15}$ / Background + $N_{15}$	0,81	0,17	1,57	4,40	1,80	1,19
	Фон + $N_{30}$ / Background + $N_{30}$	0,85	0,16	1,59	4,36	1,79	1,19
	Фон + $N_{45}$ / Background + $N_{45}$	0,86	0,14	1,58	4,40	1,76	1,16
Среднее по сорту / Average by variety		0,86	0,17	1,56	4,42	1,78	1,18
Квартет / Kvartet	$P_{40}K_{60}$ – фон / background	0,83	0,23	1,52	4,78	1,80	1,39
	Фон + $N_{15}$ / Background + $N_{15}$	0,85	0,23	1,56	4,76	1,82	1,38
	Фон + $N_{30}$ / Background + $N_{30}$	0,89	0,22	1,68	4,73	1,85	1,34
	Фон + $N_{45}$ / Background + $N_{45}$	0,93	0,24	1,61	4,79	1,83	1,40
Среднее по сорту / Average by variety		0,89	0,23	1,59	4,76	1,82	1,38



В таблице 4 представлены данные по общему и удельному выносу азота, фосфора и

калия с урожаем льносоломой и льносемян в среднем за три года исследований.

**Таблица 4 – Влияние удобрений на общий и удельный вынос азота, фосфора и калия с урожаем основной и побочной продукции новых сортов льна-долгунца (в среднем за три года) /**

**Table 4 – Influence of fertilizers on the total and specific removal of nitrogen, phosphorus and potassium with the yield of the main and byproducts of new fiber flax varieties (on average for three years)**

Сорт / Variety	Доза удобрений / Fertilizer dose	Общий вынос, кг/кг / Total takeout, kg/kg			Удельный вынос, кг / Specific removal, kg					
					на 1 т льноволокна / per 1 t of flax fiber			на 1 т льносоломой / per 1 t of flax straw		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Восход / Voskhod	P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон / background	71,4	23,5	78,8	40,6	13,4	44,8	12,3	4,04	13,5
	Фон + N <sub>15</sub> / Background + N <sub>15</sub>	79,3	24,4	86,3	43,6	13,4	47,4	13,3	4,08	14,4
	Фон + N <sub>30</sub> / Background + N <sub>30</sub>	84,8	26,9	90,7	47,6	15,1	51,0	14,1	4,46	15,0
	Фон + N <sub>45</sub> / Background + N <sub>45</sub>	83,7	24,8	94,4	46,5	13,8	52,4	13,4	3,97	15,1
Среднее по сорту / Average by variety		79,8	24,9	87,6	44,6	13,9	48,9	13,2	4,14	14,5
Добрыня / Dobrynya	P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон / background	82,3	28,5	89,2	43,5	15,1	47,2	13,6	4,73	14,8
	Фон + N <sub>15</sub> / Background + N <sub>15</sub>	89,1	28,4	99,3	42,8	13,7	47,7	13,9	4,44	15,5
	Фон + N <sub>30</sub> / Background + N <sub>30</sub>	94,3	28,0	101,3	44,9	13,3	48,2	14,4	4,28	15,5
	Фон + N <sub>45</sub> / Background + N <sub>45</sub>	97,2	26,2	101,9	49,1	13,2	51,5	14,7	3,95	15,4
Среднее по сорту / Average by variety		90,7	27,8	97,9	45,1	13,8	48,6	14,2	4,35	15,3
Пересвет / Peresvet	P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон / background	74,8	24,9	81,4	36,1	12,0	39,3	13,3	4,42	14,5
	Фон + N <sub>15</sub> / Background + N <sub>15</sub>	80,3	24,9	88,4	36,7	11,4	40,4	13,7	4,23	15,0
	Фон + N <sub>30</sub> / Background + N <sub>30</sub>	85,7	24,2	93,2	36,9	10,4	40,2	13,8	3,90	15,1
	Фон + N <sub>45</sub> / Background + N <sub>45</sub>	83,1	22,9	90,3	37,4	10,3	40,0	13,8	3,80	15,0
Среднее по сорту / Average by variety		81,0	24,2	88,3	36,8	11,0	40,2	13,6	4,09	14,9
Квартет / Kvartet	P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон / background	74,6	24,5	79,6	36,4	11,9	38,8	13,9	4,55	14,8
	Фон + N <sub>15</sub> / Background + N <sub>15</sub>	79,7	26,0	84,7	37,2	12,1	39,6	14,3	4,65	15,2
	Фон + N <sub>30</sub> / Background + N <sub>30</sub>	86,4	27,4	99,8	40,2	12,7	44,1	14,7	4,67	16,1
	Фон + N <sub>45</sub> / Background + N <sub>45</sub>	87,9	27,8	92,7	41,9	13,2	44,1	15,3	4,83	16,1
Среднее по сорту / Average by variety		82,1	26,4	87,9	38,9	12,5	41,7	14,6	4,68	15,6

Полученные результаты свидетельствуют, что общий вынос основных питательных веществ зависит от уровня урожайности льносоломой и семян, вносимых доз азотного удобрения и биологических особенностей сортов. В целом можно отметить, как тенденцию, что с возрастанием доз азота в интервале N<sub>15</sub>...N<sub>45</sub> на фоне P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> отмечается увеличение выноса азота и калия, хотя оно происходит непропорционально. С выносом фосфора происходит несколько иная картина. У сортов Добрыня и Пересвет наблюдается постепенное снижение выноса фосфора под влиянием возрастающих доз азота по фону P<sub>40</sub>K<sub>60</sub>, у сортов Квартет и Восход происходит некоторое его увеличение. Аналогичная тенденция наблюда-

ется и с удельным выносом NPK на 1 тонну льносоломой с учетом побочной. Здесь можно отметить, что у сортов Восход и Пересвет вынос азота и калия на 1 тонну основной продукции был несколько ниже, чем у сортов Добрыня и Квартет. Так, в среднем по вариантам, у сортов Восход и Пересвет вынос азота составил 13,2-13,6 кг, фосфора 4,14-4,09 кг, калия 14,5-14,9 кг, у сортов Добрыня и Квартет соответственно 14,2-14,6 кг, 4,35-4,68 кг, 15,3-15,6 кг.

Эти результаты в целом укладываются в диапазон выноса азота, фосфора и калия на 1 тонну основной продукции (льносоломой) с учетом побочной, опубликованные Л. М. Державиным<sup>5</sup>.

<sup>5</sup>Державин Л. М., Попова Р. Н., Дегтярева Н. И. Нормативы выноса элементов питания сельскохозяйственными культурами. М.: МСХА, 1991. 65 с.

В таблице 4 также представлены данные по удельному выносу азота, фосфора и калия на 1 тонну волокна, т. е. продукции, ради которой и возделывается лен-долгунец. Влияние доз азотных удобрений на удельный вынос элементов питания было таким же, что и на 1 тонну соломы. С повышением доз азота увеличивался вынос азота и калия, при этом не всегда пропорционально, а фосфора – только у сорта Квартет. А вот по сортам в этом отношении имеются определенные отличия. Удельный вынос NPK на 1 тонну волокна у сортов Восход и Добрыня, которые были взяты как стандарты, был выше, чем у новых сортов Пересвет и Квартет.

У сорта Восход удельный вынос элементов питания на 1 тонну волокна при дозе  $N_{30}P_{40}K_{60}$  составил: азота – 47,6 кг, фосфора – 15,1 кг и калия – 51 кг, что соответственно на 10,7 – 4,7 – 10,8 кг больше, чем у сорта Пересвет. У сорта Добрыня удельный вынос питательных веществ при той же дозе NPK составил: азота – 44,9 кг, фосфора – 13,3 кг, калия – 48,2 кг на тонну волокна, что на 4,7 – 0,6 – 4,1 кг/т больше, чем у сорта Квартет. На наш взгляд, это связано с тем, что новые сорта Пересвет и Квартет имеют более высокий выход льноволокна, чем сорта Добрыня и Восход. Так, содержание волокна

в соломе у сорта Пересвет при дозе  $N_{30}P_{40}K_{60}$  составило 37,4 %, что на 7,8 % выше, чем у сорта Восход, у сорта Квартет оно было выше на 4,9 % в сравнении с сортом Добрыня.

Подобную закономерность у высоковолокнистых сортов льна-долгунца отмечали и другие авторы [11].

По этой причине при расчете доз минеральных удобрений под лен-долгунец обязательно должны учитываться биологические особенности сортов, которые отличаются по содержанию волокна и, как следствие, неодинаковым удельным выносом NPK на тонну льноволокна. Игнорирование этого факта приведет к серьезным расхождениям между планируемой и фактической урожайностью льноволокна.

Окупаемость 1 кг азота прибавкой льноволокна (кг) у всех сортов в среднем за годы исследований была наивысшей при внесении минимальной дозы –  $N_{15}$  (табл. 5). В то же время реакция сортов на оплату азотного удобрения прибавкой урожайности различалась: у сортов Добрыня и Восход при увеличении дозы азота с 15 до 45 кг д. в./га окупаемость прибавкой урожая льноволокна снизилась с 10,0-12,7 кг до 2,2-2,7 кг, или в 4,6-4,7 раза. У новых более интенсивных сортов Пересвет и Квартет она уменьшилась всего в 2,4 раза, что связано с их более высокой волокнистостью.

*Таблица 5 – Окупаемость азота удобрений прибавкой урожая льноволокна, кг/кг /*  
*Table 5 – The payback of nitrogen fertilizers with increase in flax fiber yield, kg/kg*

Доза азота, кг д. в./га / Nitrogen dose, kg of active ingredient	Сорт			
	Восход / Voskhod	Добрыня / Dobrynya	Пересвет / Peresvet	Квартет / Kvartet
15	10	12,7	8,0	8,7
30	3,7	9	4,3	5,3
45	2,2	2,7	3,3	3,6
Кратность снижения окупаемости / Multiplicity payback	4,6	4,7	2,4	2,4

#### **Выводы.**

1. На основании проведенных научных исследований в 2014-2019 годах выявлена различная реакция сортов льна-долгунца на условия выращивания (сроки сева, нормы высева, дозы азота), проявляющаяся в их продуктивности, выходе волокна, длине вегетационного периода, устойчивости растений к полеганию и болезням, химическом составе растений и окупаемости азотных удобрений. Установлены оптимальные сроки сева и нормы высева семян для новых сортов льна-долгунца Пересвет и Квартет, оптимальные

дозы азотных удобрений для сортов Восход, Добрыня, Пересвет и Квартет.

2. Оптимальной нормой высева для льна-долгунца сорта Пересвет является 22 млн шт. всхожих семян на гектар, обеспечившая получение урожайности льносоломой 57,7 ц/га, семян – 9,4 ц/га и 21,9 ц/га льноволокна, при высоком содержании волокна – 38 %. Оптимальная норма высева для сорта Квартет – 20 млн шт. всхожих семян на гектар, которая обеспечила получение с 1 га урожая льносоломой 53,8 ц, семян – 8,2 ц и льноволокна – 20,6 ц, содержание волокна составило 38,6 %.

3. Оптимальный срок посева льна-долгунца сорта Пересвет – третий срок (8-17 мая), сорта Квартет – второй срок (11-20 мая). При этих сроках сева у сорта Пересвет урожайность льноволокна составила 23,0 ц/га, льносемян – 9,8 ц/га, устойчивость к полеганию – 4,3 балла, устойчивость к болезням – 96 %. У сорта Квартет урожайность льноволокна была 21,1 ц/га, льносемян – 9,1 ц/га, устойчивость к полеганию – 4,3 балла, устойчивость к болезням – 63,3 %.

4. В условиях Псковской области на дерново-слабоподзолистой среднеокультуренной почве по зерновым предшественникам применение азота в интервале  $N_{15}...N_{30}$  по фону  $P_{40}K_{60}$  у всех сортов увеличивало прибавки урожайности льносолом, льносемян и льноволокна. Повышение дозы азота до 45 кг д. в./га не привело к дальнейшему росту урожайности льнопродукции. Оптимальными дозами азота по фону  $P_{40}K_{60}$  в этих условиях являются для сортов Восход и Квартет – 15 кг д. в./га, для сортов Добрыня и Пересвет – 30 кг/га.

5. Окупаемость 1 кг азота прибавкой льноволокна у всех сортов была наивысшей при минимальной дозе  $N_{15}$ . В разрезе сортов она колебалась в пределах 8,0-12,7 кг/кг. С увеличением дозы азота с 15 до 45 кг д. в./га

у сортов Восход и Добрыня она снижалась соответственно с 10,0-12,7 до 2,2-2,7 кг/кг, или в 4,6-4,7 раза, у сортов Квартет и Пересвет она снизилась всего в 2,4 раза.

6. Под влиянием возрастающих доз азота в интервале  $N_{15}...N_{45}$  кг/га у всех сортов отмечалось увеличение содержания азота и калия в льносоломе, которое носило непропорциональный характер. При этом содержание фосфора в соломе у сортов Добрыня и Пересвет несколько снижалось. Содержание азота, фосфора и калия в семенах у всех сортов было более стабильным и азотные удобрения на эти показатели практически не влияли.

7. Удельный вынос элементов питания на 1 тонну льноволокна при оптимальных дозах  $N_{15}P_{40}K_{60}$  у сорта Восход составил  $N - 43,6$ ,  $P - 13,4$ ,  $K - 47,4$  кг, у сорта Квартет  $N - 37,2$ ,  $P - 12,1$ ,  $K - 39,6$  кг. У сортов Добрыня и Пересвет при дозе  $N_{30}P_{40}K_{60}$  он составил соответственно  $N - 44,9$ ,  $P - 13,3$ ,  $K - 48,2$  кг и  $N - 36,9$ ,  $P - 10,4$ ,  $K - 40,2$  кг. Эти данные следует использовать при определении доз минеральных удобрений под планируемую урожайность льноволокна на дерново-подзолистых среднеокультуренных почвах в условиях Псковской области.

#### **Список литературы**

1. Рожмина Т. А., Понажев В. П. Состояние и перспективы развития льняного сектора России. Вестник Российской академии естественных наук по секции межотраслевых системных исследований. 2015;(1):59-63.
2. Рожмина Т. А., Павлова Л. Н., Понажев В. П., Захарова Л. М. Льняная отрасль на пути к возрождению. Защита и карантин растений. 2018;(1): 3-8. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32368923>
3. Павлова Л. Н., Герасимова Е. Г., Румянцева В. Н., Кудрявцева Л. П. Новые сорта льна-долгунца – основа повышения эффективности отрасли льноводства. Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы и перспективы: науч. пособие. Тверь: Тверской ГУ, 2018. С. 23-24.
4. Рожмина Т. А., Сорокина О. Ю., Киселева Т. С., Смирнова М. И., Смирнова А. Г. Скрининг образцов коллекции льна по его устойчивости к стрессовым факторам среды. Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы и перспективы: науч. пособие. Тверь: Тверской ГУ, 2018. С. 28-30.
5. Кузьменко Н. Н., Ильина В. И. Управление производственным процессом с помощью агротехнических приемов с учетом биологических особенностей новых сортов льна-долгунца. Вестник АПК Верхневолжья. 2016;(1):32-36. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25766512>
6. Кузьменко Н. Н., Ильина В. И. Реакция сортов льна-долгунца разных групп спелости на нормы высева семян. Земледелие. 2016;(2):33-35. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/reaktsiya-sortov-lna-dolguntsa-raznyh-grupp-spelosti-na-normy-vyseva-semyan/viewer>
7. Голуб И. А., Полотенко В. Н. Повышение продуктивности льна-долгунца экологически безопасными методами. Земляробства і ахова расліп. 2009;(5):36.
8. Кукреш С. П., Шершнева А. В. Эффективность применения удобрений под лен-долгунец в зависимости от норм высева семян и сортовых особенностей. Льноводство: реалии и перспективы: сб. мат.-лов Междунар. науч.-практ. конф. Могилев: РУП «Институт льна», 2008. С. 156-164.
9. Налиухин А. Н. Оптимизация азотного питания льна-долгунца при его возделывании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Агрохимия. 2013;(3):36-43. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18962625>
10. Тихомирова В. Я. Урожайность и качество волокнистой льнопродукции при разной обеспеченности почвы фосфором и калием. Плодородие. 2010;(1):9-10. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13078453>

11. Кукреш С. П., Шершнева А. В. Комплексное применение средств химизации при возделывании льна-долгунца. *Агрохимический вестник*. 2008;(1):17-19. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12896821>
12. Прудников В. А., Голуб И. А., Кожановский В. А., Евсеев П. А. Влияние доз азотного удобрения на урожайность льноволокна сортов льна-долгунца различной скороспелости. *Актуальные проблемы агрономии и пути их решения: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. Горки, 2005. Вып.1. Ч. 1. С. 24-29.*
13. Евсеев П. А. Зависимость урожайности раннеспелого сорта льна Ярок от азотного удобрения на среднесуглинистой почве. *Льноводство: реалии и перспективы: сб. мат-лов Междунар. науч.-практ. конф. Могилев, РУП «Институт льна», 2008. С. 141-148.*

### References

1. Rozhmina T. A., Ponazhev V. P. *Sostoyanie i perspektivy razvitiya l'nyanogo sektora Rossii*. [State and prospects of development of the flax sector in Russia]. *Vestnik Rossiyskoy akademii estestvennykh nauk po sektsii mezhotraslevykh sistemnykh issledovaniy*. 2015;(1):59-63. (In Russ.).
2. Rozhmina T. A., Pavlova L. N., Ponazhev V. P., Zakharova L. M. *L'nyanaya otrasl' na puti k vrozozhdeniyu*. [Linen industry on the way to revival]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2018;(1): 3-8. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32368923>
3. Pavlova L. N., Gerasimova E. G., Rumyantseva V. N., Kudryavtseva L. P. *Novye sorta l'na-dolguntsa – osnova povysheniya effektivnosti otrasli l'novodstva*. [New flax varieties as the basis for improving the efficiency of the flax industry]. *Nauchnoe obespechenie proizvodstva pryadil'nykh kul'tur: sostoyanie, problemy i perspektivy: nauch. posobie*. [Scientific support for the production of spinning crops: state, problems and prospects: scientific manual]. Tver': Tverskoy GU, 2018. pp. 23-24.
4. Rozhmina T. A., Sorokina O. Yu., Kiseleva T. S., Smirnova M. I., Smirnova A. G. *Skrining obraztsov kolleksii l'na po ego ustoychivosti k stressovym faktoram sredy*. [Screening samples of flax collection for its resistance to environmental stress factors]. *Nauchnoe obespechenie proizvodstva pryadil'nykh kul'tur: sostoyanie, problemy i perspektivy: nauch. posobie*. [Scientific support for the production of spinning crops: state, problems and prospects: scientific manual]. Tver': Tverskoy GU, 2018. pp. 28-30.
5. Kuz'menko N. N., Il'ina V. I. *Upravlenie produktsionnym protsessom s pomoshch'yu agrotekhnicheskikh priemov s uchetom biologicheskikh osobennostey novykh sortov l'na-dolguntsa*. [Production process management by means of agrotechnical methods taking into account biological features of new breeds of long-stalked flax]. *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya* = Bulletin of the AIC of the Upper Volga. 2016;(1):32-36. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25766512>
6. Kuz'menko N. N., Il'ina V. I. *Reaktsiya sortov l'na-dolguntsa raznykh grupp spelosti na normy vyseva semyan*. [Response of fiber flax varieties of different maturity groups on seeding rates]. *Zemledelie*. 2016;(2):33-35. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/reaktsiya-sortov-lna-dolguntsa-raznyh-grupp-spelosti-na-normy-vyseva-semyan/viewer>
7. Golub I. A., Polotenko V. N. *Povyshenie produktivnosti l'na-dolguntsa ekologicheski bezopasnymi metodami*. [Increasing the productivity of flax in an environmentally friendly manner]. *Zemlyarobstva i akhova raslip*. 2009;(5):36. (In Ukraine).
8. Kukresh S. P., Shershnev A. V. *Effektivnost' primeneniya udobreniy pod len-dolgunets v zavisimosti ot norm vyseva semyan i sortovykh osobennostey*. [Efficiency of application of fertilizers for fiber flax depending on seeding rates and varietal characteristics]. *L'novodstvo: realii i perspektivy: sb. mat-lov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Flax Growing: realities and prospects: collection of materials of the international scientific and practical conference]. Mogilev: RUP «Institut l'na», 2008. pp. 156-164.
9. Naliukhin A. N. *Optimizatsiya azotnogo pitaniya l'na-dolguntsa pri ego vozdeleyvanii na dernovo-podzolistoy srednesuglinistoy pochve*. [Optimization of the nitrogen nutrition of fiber flax grown on loamy soddy-podzolic soil]. *Agrokhimiya*. 2013;(3):36-43. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18962625>
10. Tikhomirova V. Ya. *Urozhaynost' i kachestvo voloknistoy l'noпродукtsii pri raznoy obespechennosti pochvy fosforom i kaliem*. [Yield and quality of flax fiber under different phosphorus and potassium supply]. *Plodorodie*. 2010;(1):9-10. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13078453>
11. Kukresh S. P., Shershnev A. V. *Kompleksnoe primeneniye sredstv khimizatsii pri vozdeleyvanii l'na-dolguntsa*. [Complex application of chemization means for long-fibred flax cultivation]. *Agrokhimicheskii vestnik* = Agrochemical Herald. 2008;(1):17-19. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12896821>
12. Prudnikov V. A., Golub I. A., Kozhanovskiy V. A., Evseev P. A. *Vliyanie doz azotnogo udobreniya na urozhaynost' l'novolokna sortov l'na-dolguntsa razlichnoy skorospelosti*. [The effect of nitrogen fertilizer doses on the yield of flax fiber of fiber flax varieties of various precocity]. *Aktual'nye problemy agronomii i puti ikh resheniya: mat-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Current problems of agronomy and ways of their solution: Proceedings of the International scientific and practical Conference]. Gorki, 2005. Iss.1. Part. 1. pp. 24-29.

13. Evseev P. A. *Zavisimost' urozhaynosti rannespelogo sorta l'na Yarok ot azotnogo udobreniya na srednesuglinistoy pochve*. [Dependence of yield of early-maturing flax Yarok on nitrogen fertilizer on medium-loamy soil]. *L'novodstvo: realii i perspektivy: sb. mat-lov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Flax Growing: realities and prospects: collection of materials of the international scientific and practical conference]. Mogilev: RUP «Institut l'na», 2008. pp. 141-148.

**Сведения об авторах**

✉ **Степин Александр Дмитриевич**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, руководитель обособленного подразделения, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Мира, д. 1, дер. Родина, Псковского района, Псковской области, Российской Федерация, 180559, e-mail: [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9009-878X>, e-mail: [otdellna@yandex.ru](mailto:otdellna@yandex.ru)

**Рысев Михаил Николаевич**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционных технологий обособленного подразделения, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Мира, д. 1, дер. Родина, Псковского района, Псковской области, Российская Федерация, 180559, e-mail: [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9291-7593>, e-mail: [m.rysev.psk@fncl.ru](mailto:m.rysev.psk@fncl.ru)

**Рысева Тамара Андреевна**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционных технологий обособленного подразделения, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Мира, д. 1, дер. Родина, Псковского района, Псковской области, Российская Федерация, 180559, e-mail: [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5420-8419>, e-mail: [t.ryseva.psk@fncl.ru](mailto:t.ryseva.psk@fncl.ru)

**Уткина Светлана Владимировна**, старший научный сотрудник лаборатории селекционных технологий обособленного подразделения, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Мира, д. 1, дер. Родина, Псковского района, Псковской области, Российская Федерация, 180559, e-mail: [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7006-6713>, e-mail: [s.utkina.psk@fncl.ru](mailto:s.utkina.psk@fncl.ru)

**Романова Надежда Владимировна**, научный сотрудник лаборатории селекционных технологий обособленного подразделения, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Мира, д. 1, дер. Родина, Псковского района, Псковской области, Российская Федерация, 180559, e-mail: [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4661-7810>, e-mail: [n.romanova.psk@fncl.ru](mailto:n.romanova.psk@fncl.ru)

**Information about the authors**

✉ **Alexander D. Stepin**, PhD in Agricultural science, leading researcher, head of the separate division of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 1, Mira street, v. Rodina, Pskov district, Pskov region, Russian Federation, 180559, e-mail: [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9009-878X>, e-mail: [otdellna@yandex.ru](mailto:otdellna@yandex.ru)

**Mikhail N. Rysev**, PhD in Agricultural science, leading researcher, the Laboratory of Breeding Technologies, the separate division of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 1, Mira street, v. Rodina, Pskov district, Pskov region, Russian Federation, 180559, e-mail: [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9291-7593>, e-mail: [m.rysev.psk@fncl.ru](mailto:m.rysev.psk@fncl.ru)

**Tamara A. Ryseva**, PhD in Agricultural science, leading researcher, the Laboratory of Breeding Technologies, the separate division of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 1, Mira street, v. Rodina, Pskov district, Pskov region, Russian Federation, 180559, e-mail: [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5420-8419>, e-mail: [t.ryseva.psk@fncl.ru](mailto:t.ryseva.psk@fncl.ru)

**Svetlana V. Utkina**, senior researcher, the Laboratory of Breeding Technologies, the separate division of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 1, Mira street, v. Rodina, Pskov district, Pskov region, Russian Federation, 180559, e-mail: [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7006-6713>, e-mail: [s.utkina.psk@fncl.ru](mailto:s.utkina.psk@fncl.ru)

**Nadezhda V. Romanova**, researcher, the Laboratory of Breeding Technologies, the separate division of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 1, Mira street, v. Rodina, Pskov district, Pskov region, Russian Federation, 180559, e-mail: [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4661-7810>, e-mail: [n.romanova.psk@fncl.ru](mailto:n.romanova.psk@fncl.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author