

DOI 10.5281/zenodo.10259933

EDN EUFCHL

УДК 633.52:631.53

Богдан В. З., Богдан Т. М., Литарная М. А., Анохина Т. А.

АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ В ПЕРВИЧНОМ СЕМЕНОВОДСТВЕ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА ДЛЯ УСКОРЕНИЯ РАЗМНОЖЕНИЯ НОВЫХ СОРТОВ

Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт льна»

Реферат. Развитие льноводства в значительной мере сдерживается неудовлетворительным состоянием семеноводства. Недостаточный объём производства семян из-за низкой урожайности и качества не позволяет осуществлять гарантированное обеспечение сельхозпредприятий посевным материалом. Цель исследований – усовершенствовать агротехнические приемы возделывания льна-долгунца в питомниках первичного семеноводства для достижения максимального коэффициента размножения семян новых сортов. В 2021–2023 гг. в условиях северо-восточной части Беларуси проведены исследования по выявлению влияния нормы высева и дозы азота на семенную продуктивность, коэффициент размножения и крупность семян льна-долгунца. Объектом исследования являлся районированный по Республике Беларусь среднеспелый сорт Лада. Схема опыта включала изучение четырёх норм высева семян – 6; 8; 10 и 12 млн всх. семян/га и три дозы азотного удобрения – 20; 30 и 40 кг д.в./га. Благоприятные условия для формирования семенной продуктивности сложились в 2022 и 2023 гг. (индекс среды $I_j = 1,42$ и $1,75$ соответственно) со средней урожайностью семян по опыту 6,9 и 7,2 ц/га; неблагоприятные – в 2021 г. ($I_j = -3,17$) с продуктивностью семян 2,3 ц/га. За годы исследования установлено достоверное (при $p = 0,01$) положительное влияние нормы высева на урожайность семян ($r = 0,91 \pm 0,14$). Не доказано влияние дозы азота на урожайность семян ($r = 0,17$). Максимальные коэффициенты размножения семян по всем годам исследования получены в вариантах опыта с нормой высева 6 млн всх. семян/га. Так, в 2021 г. величина этого показателя достигала 11,9, в 2022 г. – 12,5 и в 2023 г. – 11,7. Максимальный коэффициент размножения семян (14,8) был в 2023 г. в варианте с нормой высева 6 млн шт./га и дозой азота 30 кг д.в./га. Установлена достоверная (при $p = 0,01$) сильная отрицательная связь ($r = -0,97 \pm 0,14$) между нормой высева и коэффициентом размножения семян. Не выявлено зависимости между дозой азота и коэффициентом размножения семян ($r = -0,08$). Благоприятные условия для формирования высокой массы 1000 семян сложились в 2022 и 2023 гг. ($I_j = 0,26$ и $0,31$ соответственно). Средняя масса 1000 семян составила в 2022 г. по опыту 5,32 г, в 2023 г. – 5,37 г. В 2021 г. были неблагоприятные условия для формирования семян ($I_j = -0,57$), масса 1000 семян – 4,49 г. Установлено достоверное ($p = 0,05$) отрицательное влияние дозы азотного удобрения на крупность семени льна-долгунца ($r = -0,68 \pm 0,23$). Влияние нормы высева на этот показатель не выявлено ($r = 0,02$). Для ускорения размножения новых сортов в первичном семеноводстве льна-долгунца рекомендуется норма высева 6 млн всх. семян/га и доза азотного удобрения 30 кг д.в./га. Данный вариант по результатам расчёта экономической эффективности производства льнопродукции обеспечил прибыль 250,0 долл. США/га и рентабельность 36,3 %.

Ключевые слова: лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.), норма высева, доза азота, урожайность семян, коэффициент размножения, корреляционная зависимость.

Для цитирования: Богдан В. З., Богдан Т. М., Литарная М. А., Анохина Т. А. Агротехнические приемы в первичном семеноводстве льна-долгунца для ускорения размножения новых сортов // Таврический вестник аграрной науки. 2023. № 4(36). С. 28–37. EDN: EUFCHL. DOI: 10.5281/zenodo.10259933.

For citation: Bogdan V. Z., Bogdan T. M., Litarnaya M. A., Anohina T. A. Agrotechnical method in primary seed production of *Linum usitatissimum* to accelerate the propagation of new varieties // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2023. No. 4 (36). P. 28–37. EDN: EUFCHL. DOI: 10.5281/zenodo.10259933.

Введение

Эффективность семеноводческой работы в большой степени зависит от первичного семеноводства, призванного обеспечивать производство необходимого объема оригинальных семян с высокими сортовыми и посевными качествами. Вместе с тем, высокая трудоемкость, затратность отбора и оценки растений, низкий коэффициент размножения льна-долгунца не позволяют добиться высокого выхода оригинального материала. В результате не производится необходимое количество репродукционных семян льна и эффективное внедрение новых сортов. По этой причине доля новых сортов в посевах льна-долгунца составляет около 30 %, а их биологический потенциал используется в условиях производства не более чем на 45 % [1].

Единственной альтернативой является ускоренный перевод производства льняной продукции на инновационную основу, создание новых сортов, высокоэффективных технологий первичного и товарного семеноводства, их внедрение в производство. Это главный и надежный инструмент в достижении цели, определяющей развитие отрасли по инновационному пути. В настоящее время новый сорт и его технологии первичного семеноводства по-прежнему остаются и надежным средством повышения урожайности и качества льнопродукции. Ежегодно до 20 % посевных семян завозится по импорту из сопредельных стран, при этом часто попадают семена сортов, не допущенных к возделыванию. Приобретение льнопроизводителями посевных семян резко снижает прибыльность производства льнопродукции за счет увеличения затрат. Как показывают экономические исследования, повышение издержек может достигать 21,8 % [2].

В комплексе мер, обеспечивающих высокий урожай льна, большое значение имеет совершенствование агрохимических приемов, позволяющих создать оптимальные условия для питания, роста и развития растений, формирования ими высокого урожая требуемого качества [3, 4]. Многочисленные исследования учёных доказывают зависимость семенной продуктивности полевых культур от многих факторов: сортовых особенностей [5–7], чередования культур в севообороте [8, 9, 10], приёмов посева [11], доз минеральных удобрений [12, 13] и способов их внесения [14], площади питания [15, 16], применения регуляторов роста в период вегетации растений [17] и многих других.

Одними из основных факторов в технологии возделывания семенных и товарных посевов льна являются нормы внесения азотных удобрений. В семенных посевах льна-долгунца нормы внесения азотных удобрений ниже в сравнении с товарными, и составляют в зависимости от уровня плодородия от N_0 до N_{25} [18–20].

В продукционном процессе, направленном на получение высокого урожая льнопродукции хорошего качества, среди агротехнических мероприятий большое значение принадлежит созданию оптимальной густоты стеблестоя, что связано с биологическими особенностями растений льна-долгунца. При оптимизации густоты стеблестоя меняется площадь питания растений, обеспеченность влагой и освещенность, фотосинтетическая деятельность растений, что позволяет повысить продуктивность растений и добиться хорошего качества [20].

Дальнейшее совершенствование технологий возделывания льна-долгунца на семенные цели должно осуществляться в направлении повышения выхода кондиционных семян, снижения затрат труда и средств при осуществлении их

производства. Выполнение данных рекомендаций позволит добиться стабильных высоких урожаев семян льна-долгунца и существенно повысить экономические показатели функционирования льносеющих организаций республики.

Цель исследований – усовершенствовать агротехнические приемы возделывания льна-долгунца в питомниках первичного семеноводства для достижения максимального коэффициента размножения семян новых сортов.

Материалы и методы исследований

Исследования проведены в северо-восточной части Республики Беларусь в 2021–2023 гг. на дерново-подзолистой почве, развивающейся на среднем лессовидном суглинке, подстилаемой с глубины около 1 м моренным суглинком. Предшественник – зерновые и горчица белая. Средние агрохимические показатели почвенных участков для закладки опытов находились в следующих пределах: кислотность почвы (pH_{KCL}) (по Тюрину) – 5,60; повышенное содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) – 197,4 мг/кг почвы, среднее содержание обменного калия (по Масловой) – 173,8 мг/кг почвы.

Объектом исследования являлся районированный по Республике Беларусь среднеспелый сорт Лада. За две недели до посева были проинкрустированы семена. Разработана схема опыта, включающая изучение двух факторов: норму высева семян и дозы азота. Варианты включали нормы высева – 6, 8, 10, 12 млн всх. семян/га и дозы азота – 20, 30, 40 кг д.в./га, которые вносили в виде раствора карбамида-аммиачной селитры в почву перед посевом опрыскивателем.

Посев опыта проведен в оптимальные сроки (первая декада мая). Закладка опыта проведена аналогично контрольному питомнику согласно методическим указаниям по селекции льна-долгунца [21]. Общая площадь делянки 6,2 м², учётная – 5 м². Повторность трёхкратная. Посев и уход осуществляли согласно отраслевому регламенту по возделыванию льна-долгунца [22].

Метеорологические условия периода исследований отличались по температурному режиму и интенсивности выпадения осадков (данные метеостанции г. Орши Витебской области).

Вегетационный период льна-долгунца 2021 г. был отмечен неблагоприятными погодными условиями для формирования семян. В первую декаду июля (формирование генеративных органов растения) температурный режим был выше оптимального, наблюдали недостаток почвенной влаги, что ухудшило условия для формирования льнопродукции. Так, гидротермический коэффициент по Селянинову (ГТК) в период вегетационного периода льна-долгунца в 2021 г. составил 0,69, что характеризует год как очень засушливый.

Вегетационный период 2022 г. (ГТК = 1,4) характеризовался как влажный, а период формирования семенной продуктивности льна-долгунца проходил в условиях избыточного увлажнения (ГТК = 3,0).

Особенным выдался 2023 г., когда первая половина вегетационного периода всходы–цветение характеризовалась как сухая (ГТК = 0,27), а вторая (цветение–жёлтая спелость) – как избыточно влажная (ГТК = 2,58). После сухих погодных условий наступило избыточное увлажнение (ГТК = 2,33).

Полученные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа (Б.А. Доспехов) [23] при помощи пакета анализа, входящего в состав Microsoft Excel.

Расчет экономической эффективности осуществляли по ценам 2023 г.

Результаты и их обсуждение

Продолжительность вегетационного периода (всходы–жёлтая спелость) зависела от агрометеорологических условий года. Так, в засушливый 2021 г. продолжительность

вегетационного периода в зависимости от варианта опыта варьировала от 65 до 68 дней, в оптимально влажный 2022 г. – от 82 до 84 дней и в 2023 г. – 88–89 дней.

Наиболее благоприятными для формирования семенной продуктивности были 2023 и 2022 гг: (индекс среды $I_j = +1,75$), средняя урожайность семян по опыту составила 7,2 ц/га ($I_j = +1,42$), средняя урожайность семян – 6,9 ц/га соответственно. В 2021 г. из-за засушливых погодных условий ($I_j = -3,17$) получена низкая урожайность семян – 2,3 ц/га (таблица 1).

Наибольшие показатели урожайности семян по всем годам исследования отмечены при норме высева 12 млн всх. семян/га и дозе азота 30 кг д.в./га. В 2022 и 2023 гг. в данном варианте опыта наблюдали максимальную урожайность семян – 8,1 ц/га. Средняя урожайность семян в вариантах с нормой высева 10 и 12 млн всх. семян/га и дозой азота 30 кг д.в./га и нормой высева 12 млн семян/га и дозой азота 40 кг д.в./га существенно превышала среднюю по опыту и составила 5,8; 6,2 и 6,1 ц/га соответственно.

Таблица 1 – Семенная продуктивность льна-долгунца в зависимости от нормы высева и дозы азотного удобрения

Норма высева, млн всхожих семян/га	Доза азота, кг д.в./га	Семенная продуктивность, ц/га			
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
6	20	2,2	5,7	6,6	4,8
8		2,3	6,4	6,8	5,1
10		2,1	7,0	7,0	5,4
12		2,4	7,4	7,2	5,7
6	30	2,3	6,3	6,8	5,1
8		2,4	6,7	7,3	5,5
10		2,3	7,5	7,7	5,8
12		2,5	8,1	8,1	6,2
6	40	2,1	5,8	6,7	4,9
8		2,1	6,5	7,0	5,2
10		1,9	7,2	7,4	5,5
12		2,6	8,0	7,7	6,1
Среднее		2,3	6,9	7,2	5,4
HCP ₀₅		0,39	0,10	0,42	0,4*
lim		1,9–2,6	5,7–8,1	6,6–8,1	
I_j		-3,17	+1,42	+1,75	

Примечание. * – достоверно при $p = 0,05$.

По результатам трехлетнего изучения установлено достоверное (при $p = 0,001$) положительное действие нормы высева на урожайность семян ($r = 0,91 \pm 0,14$). При этом влияние дозы азота на урожайность семян не доказано ($r = 0,17$) (таблица 2).

Таблица 2 – Действие нормы высева и дозы азота на элементы семенной продуктивности льна-долгунца (2021–2023 гг.)

Признак	Урожайность семян, ц/га	Коэффициент размножения	Масса 1000 семян, г
Норма высева, млн всх. семян/га	0,91***	-0,97***	0,02
Доза азота, кг д.в. /га	0,17	-0,08	-0,68**

Примечание. *** – достоверно при $p = 0,001$; ** – достоверно при $p = 0,01$.

За три года исследований максимальные коэффициенты размножения семян получены в вариантах опыта с нормой высева 6 млн всх. сем./га – 11,9; 12,5; 11,7. Максимальный коэффициент размножения семян (14,8) был в 2023 г. в варианте с нормой высева 6 млн всх. семян/га и дозой азота 30 кг д.в./га (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели коэффициента размножения семян льна-долгунца при различных нормах высева и дозах азотного удобрения

Норма высева, млн всхожих семян/га	Доза азота, кг д.в./га	Коэффициент размножения			
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	среднее
6	20	9,0	12,3	14,3	11,9
8		8,3	10,4	11,1	9,9
10		6,8	9,1	9,1	8,3
12		5,9	8,0	7,8	7,3
6	30	8,9	13,7	14,8	12,5
8		8,3	11,0	11,9	10,4
10		6,6	9,8	10,1	8,8
12	30	5,1	8,7	8,8	7,6
6	40	7,9	12,6	14,6	11,7
8		7,0	10,6	11,4	9,7
10		3,6	9,3	9,7	7,5
12		4,1	8,6	8,4	7,0
Среднее		6,8	10,3	11,0	9,4
НСР ₀₅		2,22*	2,56*	0,6	1,56
lim		3,6–9,0	8,0–12,6	7,8–14,8	7,0–12,5

Примечание. * – достоверно при $p = 0,05$.

Установлена достоверная (при $p = 0,001$) сильная отрицательная связь ($r = -0,97 \pm 0,14$) между нормой высева и коэффициентом размножения семян. Не выявлено зависимости между дозой азота и коэффициентом размножения семян (см. таблицу 2).

Показатель «масса 1000 семян» является одним из важнейших качественных признаков, который учитывается при отборе растений многих сельскохозяйственных культур, в том числе и льна-долгунца, и зависит от особенностей сорта и условий семяобразования. Выполненные крупные семена содержат значительное количество как органических веществ, так и минеральных элементов, что в последующем создаёт благоприятные условия для обеспечения энергетических процессов роста на начальных этапах развития растений и в итоге ведет к формированию высокой продуктивности [2].

Благоприятные условия для формирования массы семян льна-долгунца сложились в 2022 и 2023 гг. ($I_j = 0,26$ и $0,31$ соответственно). Средняя масса 1000 семян составила в 2022 г. по опыту $5,32$ г, в 2023 г. – $5,37$ г., в неблагоприятном 2021 г. ($I_j = -0,57$) – $4,49$ г. Максимальные показатели по массе 1000 семян во все годы исследований отмечены в вариантах при дозе азота 30 кг д.в./га (таблица 4).

Установлено достоверное (при $p = 0,05$) отрицательное влияние дозы азотного удобрения на крупность семени льна-долгунца ($r = -0,68 \pm 0,23$). Влияние нормы высева на массу 1000 семян не выявлено (см. таблицу 2).

При возделывании льна-долгунца получают два основных вида продукции: семена и льнотресту. В первичном семеноводстве основным видом продукции являются высококачественные семена. Льнотреста является дополнительной продукцией и существенным фактором, положительно влияющим на показатели экономической эффективности производства льнопродукции в целом.

Расчет экономической эффективности производства льнопродукции в первичном семеноводстве проводили для этапа получения суперэлита на фоне изучаемых агротехнических приемов (нормы высева семян: $6, 8, 10, 12$ млн всх. семян/га; дозы азотного удобрения N_{20}, N_{30}, N_{40}).

Анализ данных показывает, что увеличение нормы высева семян с 6 до 12 млн всх. семян/га на фоне азотного удобрения N_{20} за счет повышения урожайности семян на $0,9$ ц/га ($18,8\%$) и тресты на $9,6$ ц/га ($41,6\%$) повысило уровень рентабельности на 16% .

Таблица 4 – Влияние нормы высева и дозы азотного удобрения на массу 1000 семян льна-долгунца

Норма высева, млн всхожих семян/га	Доза азота, кг д.в./га	Масса 1000 семян, г			
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	среднее
6	20	4,50	5,38	5,40	5,09
8		4,48	5,35	5,38	5,07
10		4,41	5,34	5,38	5,04
12		4,57	5,32	5,35	5,08
6	30	4,41	5,39	5,42	5,07
8		4,47	5,37	5,38	5,07
10		4,53	5,37	5,33	5,08
12		4,61	5,34	5,35	5,10
6	40	4,44	5,23	5,37	5,01
8		4,39	5,36	5,38	5,04
10		4,45	5,17	5,35	4,99
12		4,58	5,17	5,30	5,02
Среднее		4,49	5,32	5,37	5,06
НСР ₀₅		0,22	0,27	0,27	0,10
lim		4,39–4,61	5,17–5,39	5,30–5,42	4,99–5,10
I ₁		-0,57	+0,26	+0,31	

Аналогичная закономерность прослеживается и по двум другим блокам вариантов опыта. На фоне азотного удобрения N₃₀ при увеличении нормы высева семян от 6 до 12 млн всх. семян/га рентабельность производства льнопродукции увеличилась с 36,2 до 56,8 % или более чем в 1,5 раза.

Увеличение дозы азотного удобрения до N₄₀, по сравнению с N₃₀, при различных нормах высева снижало урожайность семян при увеличении урожайности льнотресты. При этом отмечено снижение экономических показателей при нормах высева 6, 8 и 10 млн всх. семян/га.

Наибольшая рентабельность получена в варианте опыта с нормой высева семян 12 млн всх. семян/га при дозе азотного удобрения N₄₀ – 58,5 %.

Выводы

За 2021–2023 гг. исследований в северо-восточной части Беларуси при соблюдении агротехнических требований культуры льна-долгунца:

– выделен вариант с нормой высева 12 млн всх. сем./га и дозой азота 30 кг д.в. /га, у которого получены максимальные показатели по семенной продуктивности (2,5; 8,1; и 8,1 ц/га по годам изучения соответственно) и крупности семян (средняя масса 1000 семян 5,10 г);

– выделены варианты с нормой высева 6 млн всх. сем./га с дозами азота 20, 30 и 40 кг д.в./га, которые характеризуются наиболее высокими коэффициентами размножения (11,9; 12,5; 11,7 соответственно);

Результаты расчета экономической эффективности возделывания льна-долгунца в первичном семеноводстве показывают, что производство льнопродукции является эффективным при ее комплексном использовании (реализации). Лучшие результаты достигнуты в вариантах:

– норма высева 12 млн всх. семян/га при дозе азотного удобрения N₄₀ – урожайность семян – 6,1 ц/га, урожайность тресты – 35,7 ц/га, прибыль – 452,8 долл. США/га, рентабельность – 58,5 %;

– норма высева 12 млн всх. семян/га при дозе азотного удобрения N₃₀ – урожайность семян – 6,2 ц/га, урожайность тресты – 33,6 ц/га, прибыль – 435,3 долл. США/га, рентабельность – 56,8 %.

С целью ускорения размножения новых сортов в первичном семеноводстве льна-долгунца рекомендуется посев культуры с нормой высева 6 млн всх. сем./га на фоне азотного питания 30 кг д.в. /га. Данный вариант обеспечил рентабельность 36,3 %.

Литература

1. Рожмина Т. А., Понажев В. П., Поздняков Б. А. Современное состояние льняного комплекса и перспективы его инновационного развития // Машинно-технологическая модернизация льняного агропромышленного комплекса на инновационной основе. Тверь: ТвГУ, 2014. С. 14–21.
2. Понажев В. П., Виноградова Е.Г. Развитие селекции и семеноводства льна-долгунца – важнейший ресурс повышения эффективности льноводства России // Технические культуры. 2022. №1. С. 30–39. DOI: 10.54016/SVITOK.2022.71.55.004.
3. Тихомирова В. Я., Сорокина О. Ю., Кузьменко Н. Н. Новые аспекты в вопросах биологии и питания льна-долгунца (научное издание): монография. Тверь: ТвГУ, 2012. 108 с.
4. Heller K., Baraniecki P., Praczyk M. Fiber flax cultivation in sustainable agriculture // In book: Handbook of natural fibers: types, properties and factors affecting breeding and cultivation. Vol. 1. Poznan: Woodhead Publishing Ltd., 2012. P. 508–532. DOI:10.1533/9780857095503.2.508.
5. Касаткина Н. И., Нелюбина Ж. С. Кормовая и семенная продуктивность люцерны изменчивой в условиях Удмуртской Республики // Кормопроизводство. 2014. № 8. С. 29–32.
6. Исламова Ч. М., Корепанова Е. В., Фатыхов И. Ш. Сравнительная урожайность семян гибридов подсолнечника в АО «Путь Ильича» Завьяловского района Удмуртской Республики // Материалы Международной научной конференции, посвященной 30-летию Татарского общественного центра Удмуртии «Интеллектуальный вклад тюркоязычных учёных в современную науку». Ижевск: Дом дружбы народов, 2021. С. 206–210.
7. Леконцева Т. А., Лыбенко Е. С. Семенная продуктивность сортов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) в условиях Кировской области // Вестник Вятской ГСХА. 2021. № 2(8). С. 4.
8. Korepanova E., Fatykhov I., Islamova C., Goreeva V. Effect of tillage and crop rotation on cereal crops yield in the Urals of the Nonblack Earth Zone of Russia // International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology. 2021. Vol. 11. No. 6. P. 2214–2219. DOI: 10.18517/ijaseit.11.6.14731.
9. Гущина В. А., Тимошкин О. А., Володькина Г. Н., Четвериков Ф. П. Семенная продуктивность люцерны изменчивой при различных способах выращивания // Аграрный научный журнал. 2021. № 9. С. 23–26. DOI: 10.28983/asj.y2021i9pp23-26.
10. Varvel G. E. Crop rotation and nitrogen effects on normalized grain yields in a long-term study // Agronomy Journal. 2000. Vol. 92. P. 938–941.
11. Кшникаткина А. Н., Аленин П. Г. Семенная продуктивность нетрадиционных кормовых культур в зависимости от приемов возделывания // Нива Поволжья. 2012. № 1(22). С. 32–38.
12. Мокрушина А. В., Богатырева А. С., Акманаев Э. Д. Семенная продуктивность сортов ярового рапса в зависимости от доз минеральных удобрений в условиях Среднего Предуралья // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 1(52). С. 46–52. DOI: 10.12737/article_5ccedbad613de0.29214441.
13. Эжяринскене Н.-Я. Э. Влияние азотных удобрений на зерновые культуры в условиях западной части Литовской ССР. Дисс. ... канд. с./х. н. Вежайчай, 1985. 225 с.
14. Сорокина О. Ю., Кузьменко Н. Н., Сухопалова Т. П., Ильина В. И. Технологические приемы возделывания льна-долгунца // Сборник трудов «Научные основы устойчивого развития сельскохозяйственного производства в современных условиях. Калуга: Калужский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха», 2021. С. 16–20.
15. Носевич М. А., Айиссотоде Й. З. Семенная продуктивность различных сортов льна масличного в зависимости от площади питания // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 45. С. 40–44.
16. Amany A., Bahr H. Effect of plant density and urea foliar application on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum*) // Res. J. Agriculture and Biological Sci. 2007. No. 3 (4). С. 220–223.
17. Белопухов С. Л., Усова К. А., Зейслер Н. А. Семенная продуктивность льна масличного при применении регуляторов роста в условиях Вологодской области // Материалы 55-й Всероссийской с международным участием конференции молодых учёных, специалистов-агрохимиков и экологов, приуроченной к 90-летию Всероссийского научно-исследовательского института агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (ВНИИА) «Основные направления и современные подходы в агрохимической науке». М.: ВНИИА, 2022. С. 54–62.
18. Голуб И. А., Прудников В. А., Снопов А. Н., Ивашко Л. В., Евсеев П. А., Степанова Н. В., Сорока С. В., Лапковская Т. Н., Портянкин Д. Е. Лён-долгунец (рекомендации по возделыванию). Устье, РУП «Институт льна», 2007. 20 с.
19. Кузьменко Н. Н., Ильина В. И. Управление продукционным процессом с помощью агротехнических приемов с учетом биологических особенностей новых сортов льна-долгунца // Вестник АПК Верхневолжья. Серия «Агрономия». 2016. №1 (33). С. 32–37.

20. Рекомендации по особенностям возделывания семенных посевов льна-долгунца [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mshp.gov.by/print/information/materials/zem/linen-insitute/> (дата обращения 01.02.2023).

21. Павлова Л. Н., Александрова Т. А., Марченков А. Н., Рожмина Т. А., Лошакова Н. И., Кудрявцева Л. П., Крылова Т. В., Герасимова Е. Г. Методические указания по селекции льна-долгунца, М.: Россельхозакадемия, 2004. 43 с.

22. Отраслевой регламент. Возделывание и уборка льна-долгунца. Типовые технологические процессы // Под ред. Бельская А.П. Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2019. 15 с.

23. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1979. 416 с.

References

1. Rozhmina T. A., Ponazhev V. P., Pozdnyakov B. A. Current state of the flax complex and prospects for its innovative development // Machine-technological modernization of the flax agro-industrial complex on an innovative basis. Tver: Tver State University (TSU), 2014. P. 14–21.

2. Ponazhev V. P., Vinogradova E. G. The development of selection and seed production of flax is the most important resource for improving the efficiency of flax growing in Russia // Technical Crops. Scientific Agricultural Journal. 2022. No. 1. P. 30–39. DOI: 10.54016/SVITOK.2022.71.55.004.

3. Tikhomirova V. Ya., Sorokina O. Yu., Kuzmenko N. N. New aspects in the biology and nutrition of fiber flax (scientific publication): monograph. Tver: Tver State University (TSU), 2012. 108 p.

4. Heller K., Baraniecki P., Praczyk M. Fiber flax cultivation in sustainable agriculture // In book: Handbook of natural fibers: types, properties and factors affecting breeding and cultivation. Vol. 1. Poznan: Woodhead Publishing Ltd., 2012. P. 508–532. DOI:10.1533/9780857095503.2.508.

5. Kasatkina N. I., Nelyubina Zh. S. Forage and seed productivity of bastard alfalfa in the conditions of the Udmurtian Republic // Kormoproizvodstvo (Fodder Production). 2014. No. 8. P. 29–32.

6. Islamova Ch. M., Korepanova E. V., Fatykhov I. Sh. Comparative yield of sunflower hybrid achenes in JSC “Ilyich’s Path” of the Zavyalovsky district of the Udmurt Republic // Materials of the International scientific conference dedicated to the 30th anniversary of the Tatar public center of Udmurtia “Intellectual contribution of Turkic-speaking scientists to modern science”. Izhevsk: Dom družby narodov, 2021. P. 206–210.

7. Lekontseva T. A., Lybenko E. S. Seed productivity of narrow-leaved lupine (*Lupinus angustifolius* L.) varieties in the conditions of Kirov region // Bulletin of the Vyatka State Agricultural Academy. 2021. No. 2(8). P. 4.

8. Korepanova E., Fatykhov I., Islamova C., Goreeva V. Effect of tillage and crop rotation on cereal crops yield in the Urals of the Nonblack Earth Zone of Russia // International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology. 2021. Vol. 11. No. 6. P. 2214–2219. DOI: 10.18517/ijaseit.11.6.14731.

9. Gushchina V. A., Timoshkin O. A., Volodkina G. N., Chetverikov F. P. Seed productivity of variegated alfalfa at different growing methods // The Agrarian Scientific Journal. 2021. No. 9. P. 23–26. DOI:10.28983/asj.y2021i9pp23-26.

10. Varvel G. E. Crop rotation and nitrogen effects on normalized grain yields in a long-term study // Agronomy Journal. 2000. Vol. 92. P. 938–941.

11. Kshnikatkina A. N., Alenin P. G. Seed productivity of non-traditional forage crops depending on cultivation methods // Niva Povolzhya. 2012. No. 1(22). P. 32–38.

12. Mokrushina A. V., Bogatyreva A. S., Akmanaev E. D. Seed productivity of varieties of spring rape depending on the doses of mineral fertilizers in the conditions of the Middle Urals // Vestnik of Kazan State Agrarian University. 2019. Vol. 14. No. 1(52). P. 46–52. DOI: 10.12737/article_5ccedbad613de0.29214441.

13. Ezharinskene N.-Ya. E. The influence of nitrogen fertilizers on grain crops in the conditions of the western part of the Lithuanian SSR. Diss. ... Cand. Sc. (Agr.). Vezhaichyai, 1985. 225 p.

14. Sorokina O. Yu., Kuzmenko N. N., Sukhopalova T. P., Ilyina V. I. Technological methods of cultivating fiber flax // Collection of scientific papers on the materials of XIV scientific-practical conference with international participation “Scientific foundations of sustainable development of agricultural production in modern conditions”. Kaluga: Kaluga Research Institute of Agriculture – branch of the Russian Potato Research Centre, 2021. P. 16–20.

15. Nosevich M. A., Ayissotode Y. Z. Seed productivity of different varieties of oil flax depending on the feeding area // News of the St. Petersburg State Agrarian University. 2016. No. 45. P. 40–44.

16. Amany A., Bahr H. Effect of plant density and urea foliar application on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum*) // Res. J. Agriculture and Biological Sci. 2007. No. 3 (4). P. 220–223.

17. Belopukhov S. L., Usova K. A., Zeisler N. A. Seed productivity of oilseed flax when using growth regulators in the conditions of the Vologda region // Materials of the 55th All-Russian conference of young scientists, agrochemists and ecologists with international participation, dedicated to the 90th anniversary of the

Pryanishnikov Institute of Agrochemistry (VNIIA) “Main directions and modern approaches in agrochemical science.” Moscow: Pryanishnikov Institute of Agrochemistry (VNIIA), 2022. P. 54–62.

18. Golub I. A., Prudnikov V. A., Snopov A. N., Ivashko L. V., Evseev P. A., Stepanova N. V., Soroka S. V., Lapkovskaya T.N., Portyankin D.E. Flax (recommendations for cultivation). Ustyje: RUE “Flax Institute”, 2007. 20 p.

19. Kuzmenko N. N., Ilyina V. I. Production process management by means of agrotechnical methods taking into account biological features of new breeds of long-stalked flax // Herald of Agroindustrial complex of Upper Volga region. 2016. No. 1 (33). P. 32–37.

20. Recommendations on the peculiarities of cultivating fiber flax seed crops [Electronic resource]. Access point: <https://mshp.gov.by/print/information/materials/zem/linen-insitute/> (reference's date 02.01.2023).

21. Pavlova L. N., Aleksandrova T. A., Marchenkov A. N., Rozhmina T. A., Loshakova N. I., Kudryavtseva L. P., Krylova T. V., Gerasimova E. G. Methodological guidelines for the selection of flax, Moscow: Russian Agricultural Academy, 2004. 43 p.

22. Industry regulations. Cultivation and harvesting of flax. Typical technological processes // Ed. by Belskaya A.P. Minsk: Institute of System Research in the Agriculture of the National Academy of Sciences of Belarus, 2019. 15 p.

23. Dospekhov B.A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Kolos, 1979. 416 p.

UDC 633.52:631.53

Bogdan V. Z., Bogdan T. M., Litarnaya M. A., Anohina T. A.

AGROTECHNICAL METHODS IN PRIMARY SEED PRODUCTION OF *LINUM USITATISSIMUM* TO ACCELERATE THE PROPAGATION OF NEW VARIETIES

Summary. *The unsatisfactory state of seed production is a major obstacle to the development of flax cultivation. Insufficient seed production, caused by low yields and poor seed quality, is one of the main reasons why agricultural enterprises are undersupplied with seed material. The purpose of the research was to improve the agrotechnical methods of flax cultivation in primary seed production nurseries to achieve the maximum multiplication coefficient of seeds of new varieties. In 2021–2023, we conducted studies in the north-eastern part of Belarus to determine the influence of the seeding rate and nitrogen dose on seed productivity, multiplication coefficient and flax seed size. Mid-ripening variety ‘Lada’ zoned in the Republic of Belarus was the object of the study. The experimental design included the following options: four seeding rates – 6; 8; 10 and 12 million viable seeds/ha; three nitrogen fertilizer doses – 20; 30 and 40 kg of active ingredient (a.i.)/ha. Favourable weather conditions for the formation of seed productivity were in 2022 and 2023 (environment index $I_j = 1.42$ and 1.75 , respectively) when the average seed yield reached 6.9 and 7.2 cwt/ha; unfavourable – in 2021 ($I_j = -3.17$) when average seed yield was at the level of 2.3 cwt/ha. Over the years of research, a reliable ($p = 0.01$) positive effect of the seeding rate on seed yield ($r = 0.91 \pm 0.14$) was established. There was no proven effect of nitrogen dose on seed yield ($r = 0.17$). The maximum seed multiplication coefficients for all years of the study were obtained in experimental variants with seeding rate of 6 million viable seeds/ha: in 2021, this indicator was 11.9, in 2022 – 12.5 and in 2023 – 11.7. The maximum seed multiplication coefficient (14.8) was obtained in 2023 in the variant with a seeding rate of 6 million seeds/ha and a nitrogen dose of 30 kg a.i./ha. A significant ($p = 0.01$) strong negative relationship was established ($r = -0.97 \pm 0.14$) between seeding rate and seed multiplication coefficient. There was no relationship between nitrogen dose and seed multiplication coefficient ($r = -0.08$). Favourable conditions for the formation of a high 1000-seed weight were in 2022 and 2023 ($I_j=0.26$ and 0.31 , respectively): in 2022 this indicator reached 5.32 g, in 2023 – 5.37 g. 2021 was unfavourable for seed formation ($I_j = -0.57$); the weight of 1000 seeds was only 4.49 g. A significant ($p = 0.05$) negative effect of the dose of nitrogen fertilizer on the size of the flax seed was found ($r = -0.68 \pm 0.23$). No effect of seeding rate on this indicator was detected ($r = 0.02$). To accelerate the reproduction of new varieties in the primary seed production of flax, the recommended seeding rate and dose of*

nitrogen fertilizer are 6 million viable seeds/ha and 30 kg a.i./ha, respectively. This option, according to the results of calculating the economic efficiency of flax production, was one of the best: profit – 435.3 USD/ha, profitability – 56.8 %.

Keywords: fiber flax (*Linum usitatissimum L.*), seeding rate, nitrogen dose, seed yield, seed multiplication coefficient, correlation dependence.

Богдан Виктор Зигмундович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий лабораторией селекции льна-долгунца, Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт льна»; 211003, Республика Беларусь, Витебская область, Оршанский район, аг. Устье, ул. Центральная, 27; e-mail: bogdan_v@tut.by.

Богдан Татьяна Михайловна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции льна-долгунца. Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт льна»; 211003, Республика Беларусь, Витебская область, Оршанский район, аг. Устье, ул. Центральная, 27; e-mail: tatiana-bogdan2016@yandex.by.

Литарная Марина Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции льна-долгунца. Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт льна»; 211003, Республика Беларусь, Витебская область, Оршанский район, аг. Устье, ул. Центральная, 27; e-mail: malarittaml@mail.ru.

Анохина Татьяна Александровна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции льна-долгунца. Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт льна»; 211003, Республика Беларусь, Витебская область, Оршанский район, аг. Устье, ул. Центральная, 27.

Bogdan Viktor Zygmundovich, Cand. Sc. (Agr.), assistant professor, head of the Laboratory of fiber flax breeding, Republican Scientific Subsidiary Unitary Enterprise “Institute of Flax”; 27, Tsentralnaya str., agro-town of Uste, Orsha district, Vitebsk region, 211003, Republic of Belarus; e-mail: bogdan_v@tut.by.

Bogdan Tatyana Mikhailovna, Cand. Sc. (Agr.), assistant professor, leading researcher at the Laboratory of fiber flax breeding, Republican Scientific Subsidiary Unitary Enterprise “Institute of Flax”; 27, Tsentralnaya str., agro-town of Uste, Orsha district, Vitebsk region, 211003, Republic of Belarus; e-mail: tatiana-bogdan2016@yandex.by.

Litarnaya Marina Aleksandrovna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher at the Laboratory of fiber flax breeding, Republican Scientific Subsidiary Unitary Enterprise “Institute of Flax”; 27, Tsentralnaya str., agro-town of Uste, Orsha district, Vitebsk region, 211003, Republic of Belarus; e-mail: malarittaml@mail.ru.

Anohina Tatyana Alexandrovna, Dr. of Sc. (Agr.), Professor, Leading Researcher at the Fiber Flax Breeding Laboratory, Republican Scientific Subsidiary Unitary Enterprise “Institute of Flax”; 27, Centralnaya str., ag. Uste, Orsha district, Vitebsk region, 211003, Republic of Belarus.

Дата поступления в редакцию – 20.10.2023

Дата принятия к печати – 10.11.2023