

## Влияние гербицида Магнум на продуктивность и качество современных сортов льна-долгунца

© 2024. Т. А. Рожмина✉, И. А. Андреева

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

Цель исследований – оценка реакции 20 современных сортов льна-долгунца разных групп спелости отечественной и зарубежной селекции на обработку гербицидом Магнум, ВДГ (метсульфурон-метил, 60 г/кг) и выявление стрессоустойчивых форм для использования в селекционных программах. Полевые исследования (луночный питомник) проводили в 2021–2023 гг. в условиях Тверской области. Посевы льна обрабатывали гербицидом в рекомендованной норме расхода – 0,01 кг/га в фазу «елочка». При испытании было выявлено снижение показателей продуктивности и качества льноволокна на селективном фоне по сравнению с контролем без обработки, которое у наиболее чувствительного сорта Левит 1 (Республика Беларусь) составило: высота растений – 22,9 %, вес технической части стебля – 41,6 %, масса волокна – 47,1 %, техническая длина – 28 % и «мыклость» стебля – 23,1 %. Снижение продуктивности семян под действием гербицида Магнум выявлено только у ранне- и среднеспелых сортов. Так, у раннеспелого сорта Томич 2 (Россия) в варианте с обработкой гербицидом число коробочек и семян с 1 растения по сравнению с контролем было ниже на 54,9 и 57,7 % соответственно. Высокую устойчивость к гербицидному стрессу (свыше 90 %) по параметрам продуктивности проявили позднеспелые сорта С-108, Союз и Крепыш (Россия). По признакам качества льноволокна уровень гербицидоустойчивости среднеспелого сорта Сурский (Россия) соответствовал стандарту – сорту Атлант (Россия). Среднеспелый сорт Грант (Республика Беларусь) сочетал устойчивость к гербицидному стрессу как по продуктивности льноволокна, так и его качеству. Выделившиеся стрессоустойчивые сорта на селективном фоне превышали среднесортные значения по анализируемым признакам, что свидетельствует об их адаптивности к условиям выращивания.

**Ключевые слова:** *Linum usitatissimum* L., стрессоустойчивость, адаптивность, генотип, качество льноволокна

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2024-0005).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку данной статьи.

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

**Для цитирования:** Рожмина Т. А., Андреева И. А. Влияние гербицида Магнум на продуктивность и качество современных сортов льна-долгунца. 2024;25(5):805–817. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.805-817>

Поступила: 28.07.2024

Принята к публикации: 26.09.2024

Опубликована онлайн: 30.10.2024

## Effect of Magnum herbicide on productivity and quality of modern fiber flax cultivars

© 2024. Tatiana A. Rozhmina✉, Irina A. Andreeva

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

The aim of the research was to evaluate the response of 20 modern cultivars of fiber flax of different maturity groups of domestic and foreign breeding to treatment with the herbicide Magnum, VDG (metsulfuron-methyl, 60 g/kg) and to identify stress-resistant forms for use in breeding programs. Field studies (hole nursery) were carried out in 2021–2023 in the Tver region. Flax crops were treated with herbicide at the recommended consumption rate of 0.01 kg / ha in the "herringbone" phase. The test revealed a decrease in the productivity and quality of flax fiber against a selective background compared to the control without treatment, which in the most sensitive variety 'Levit 1' (Republic of Belarus) was as follows: plant height – 22.9 %, weight of the technical part of the stem – 41.6 %, fiber weight – 47.1 %, technical length – 28 % and rippleness of the stem – 23.1 %. A decrease in seed productivity under the influence of the herbicide Magnum was found only in early and mid-ripening cultivars. Thus, in the early-ripening cultivar 'Tomich 2' (Russia) in the variant with herbicide treatment, the number of bolls and seeds per 1 plant compared to the control was lower by 54.9 and 57.7 %, respectively. Late-ripening cultivars 'S-108', 'Soyuz' and 'Krepysch' (Russia) showed high resistance to herbicide stress (over 90 %) by the productivity parameters. According to flax fiber quality, the level of herbicide resistance of the mid-ripening cultivar 'Surskiy' (Russia) corresponded to the standard – the 'Atlant' (Russia). The mid-ripening cultivar 'Grant' (Republic of Belarus) combined resistance to herbicide stress both in terms of flax fiber productivity and its quality. The stress-resistant cultivars that stood out against the selective background exceeded the average varietal values for the analyzed characteristics, which indicates their adaptability to growing conditions.

**Key words:** *Linum usitatissimum* L., stress resistance, adaptability, genotype, flax fiber quality

**Acknowledgments:** 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. FGSS-2024-0005). The authors thank the reviewers for their comments to improve the manuscript for the publication.

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

*For citations:* Rozhmina T. A., Andreeva I. A. Effect of Magnum herbicide on productivity and quality of modern fiber flax cultivars. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2024;25(5):805–817. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.805-817>

Received: 28.07.2024

Accepted for publication: 26.09.2024 Published online: 30.10.2024

Лен-долгунец является основным источником натурального волокнистого сырья в условиях Российской Федерации. Полученное при его переработке длинное волокно используется для производства текстильных изделий, а короткое волокно исторически рассматривалось как отход и применялось для изготовления более дешевой продукции [1]. В настоящее время льняные волокна являются важной частью новых композиционных материалов, используемых в автомобильной и строительной промышленности. Биокomпозиты из льняного волокна рассматриваются как экологически чистая и биоразлагаемая альтернатива обычным пластикам [2, 3]. В настоящее время разработаны методы получения более дешевого однотипного волокна из льна для производства пряжи, смешанной с хлопком, шерстью, химическими волокнами, а также высококачественной целлюлозы и композиционных материалов [4, 5]. В этой связи во всем мире возрос спрос на волокнистое льносырье и повысились требования к его качеству.

Важная роль в решении обозначенной проблемы принадлежит селекции. Как отмечал в своих трудах академик А. А. Жученко, именно селекция является наиболее экономически эффективным средством как при выводе сельского хозяйства из кризисной ситуации, так и в достижении его процветания [6]. В современных условиях важнейшим направлением в селекции сельскохозяйственных культур является устойчивость к неблагоприятным факторам среды. При этом селекционные программы должны быть направлены на придание сортам устойчивости к тем стрессорам, которые в наибольшей степени ограничивают величину и качество урожая.

Для льна-долгунца одним из таких факторов является гербицидный стресс. Гербициды, рекомендованные к применению на посевах льна, в целом способствуют повышению урожайности, при этом возможное негативное воздействие их на урожай ранее подробно не анализировалось [7]. Вместе с тем, гербициды в зависимости от их типа могут оказывать на растения фитотоксическое действие, вызывая всевозможные морфологические и физиологические изменения различной интенсивности, такие как усыхание листьев, хлороз, дефор-

мации, задержка роста, цветения и созревания [8, 9, 10]. Большинство этих изменений являются небольшими, переходными и не всегда связаны со снижением урожайности растений, однако могут влиять на качество продукции [11]. Учеными Федерального научного центра лубяных культур выявлены различия в реакции генотипов льна-долгунца на обработку гербицидом Магнум в рекомендованной норме расхода по динамике роста растений в критический период «елочка-бутонизация», когда происходит формирование волокна и его качества. Так, у линии V-8744-10 (Китай) в варианте с обработкой гербицидом, по сравнению с контролем, отставание в росте составило до 52,1 %, у сорта Атлант (Россия) – не превышало 12 % [12].

Исследования, выполненные в Институте натуральных волокон (Польша), показали существенное влияние гербицидов на продолжительность вегетации растений льна-долгунца, урожайность соломы, содержание волокна, массу и длину волокна, его тонкость и делимость. Наименьшее количество и масса сорняков, а также самые высокие показатели по урожайности и качеству льноволокна были получены после применения гербицида группы хлорсульфурон. Гербицид Бентазон, относящийся к химическому классу бензотиадиазинов, несмотря на свою высокую гербицидную эффективность, снижал как количество, так и качество волокнистой продукции по сравнению с хлорсульфураном из-за своего фитотоксического воздействия на растения льна [4].

Для уменьшения негативного воздействия гербицидов на растения сельскохозяйственных культур во всем мире в последние десятилетия активно проводятся исследования, направленные на изучение механизмов их устойчивости к данному стрессовому фактору. В настоящее время с использованием методов геномной инженерии по ряду культур созданы сорта, устойчивые к гербицидному стрессу [13, 14, 15]. Внедрение всего лишь одного гена позволяет растениям приобретать устойчивость к тому или иному гербициду. Однако во многих странах, включая Российскую Федерацию, использование трансгенных форм льна в производственных посевах запрещено, что требует поиска новых альтернативных путей решения данной проблемы.

С использованием традиционных и молекулярных методов впервые в мировой практике создан отечественный сорт льна-долгунца Атлант, который характеризуется устойчивостью к комплексу неблагоприятных факторов среды, включая гербицидоустойчивость [16].

**Цель исследований** – оценить в условиях Тверской области реакцию современных сортов льна-долгунца отечественной и зарубежной селекции на обработку препаратом Магнум и выявить стрессоустойчивые формы к данному гербициду для использования в селекционных программах.

**Научная новизна** – впервые исследована реакция современных сортов льна-долгунца на гербицид Магнум в рекомендованной норме расхода по комплексу признаков, включающих как признаки продуктивности волокна и семян, так и качества волокна. Установлена связь продолжительности вегетационного периода с устойчивостью сортов льна к гербицидному стрессу по показателям семенной продуктивности. Выявлены новые источники устойчивости льна-долгунца к гербицидному стрессу.

**Материал и методы.** Исследования проводили в 2021–2023 гг. на опытном поле Института льна – обособленного подразделения ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (ОП НИИЛ ФГБНУ ФНЦ ЛК).

Объектом изучения служили 20 сортов льна-долгунца, относящихся к различным группам спелости:

- раннеспелые (продолжительность вегетационного периода 68...71 сут) – Тост 5, Томич 2, П. Крепкова (СибНИИСХиТ – филиал СФНЦА РАН); Добрыня и Пересвет (ОП Псковский НИИСХ ФГБНУ ФНЦ ЛК); Лидер (ОП Смоленский НИИСХ ФГБНУ ФНЦ ЛК);

- среднеспелые (72...76 сут) – Тонус, Сурский, Полет, Александрит, Девиз, Визит (ОП НИИЛ ФГБНУ ФНЦ ЛК); Синель (Фаленская СС – филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока); Левит 1, Веста, Грант (РУП «Институт льна», Республика Беларусь);

- позднеспелые (77...83 сут) – Крепыш (ОП НИИЛ ФГБНУ ФНЦ ЛК); С-108, Союз (ОП Смоленский НИИСХ ФГБНУ ФНЦ ЛК); Alizee (компания «Van De Bild Zaden», Голландия).

Оценку сортов льна-долгунца проводили в полевых условиях – в луночном питомнике. Предшественником служили многолетние травы (клеверо-тимофеечная смесь). Почва

опытного поля дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая с высоким содержанием фосфора – 280–370 мг/кг (по Кирсанову) и калия – 114–136 мг/кг (по Пейве), реакция почвенного раствора слабокислая –  $pH_{\text{кол}} 5,09–5,43$ ).

Закладку опыта, учеты и наблюдения выполняли в соответствии с методическими указаниями по селекции и первичному семеноводству льна-долгунца<sup>1</sup>. Участок для луночного питомника после основной обработки почвы дополнительно подрабатывали переоборудованным картофелекопалом, удаляя камни и растительные остатки. Затем вручную делали яруса (полосы) шириной 1 м, высотой до 0,2 м и длиной 25–30 м. Почву на ярусе прикатывали ручным катком и выравнивали по уровню. Поверхность яруса засыпали тонким слоем (около 1 мм) сухого песка через сито. Перед посевом почву на ярусе поливали (из расчета 1,5 л на 1 м<sup>2</sup>) и маркировали на глубину 1 см с помощью специального селекционного маркера. Расстояние между центрами углублений (лунок) определяет площадь питания на одно растение, которое составило 2,5х2,5 см (1600 растений на 1 м<sup>2</sup>), что является оптимальным для проявления сортовых различий по всем хозяйственным признакам. Высевали по 20 семян каждого сорта льна-долгунца в трехкратной повторности. Через 200 семян изучаемых генотипов льна высевали семена сорта-стандарта Атлант, который отличается очень высоким качеством льноволокна и устойчивостью к стрессовым факторам среды, включая гербицидный стресс.

Посев проводили семенами, полученными от оригинаторов сортов льна-долгунца, категория семян – оригинальные. Схема эксперимента включала варианты: 1 – без внесения гербицида (контроль); 2 – обработка посевов гербицидом Магнум, ВДГ в рекомендованной норме расхода (0,01 кг/га). Препарат Магнум, ВДГ (метсульфурон-метил, 600 г/кг) рекомендован на льне-долгунце против двудольных, в т. ч. устойчивых к МЦПА (4-Хлор-2-метилфеноксиуксусная кислота), и некоторых многолетних сорняков с нормой применения 0,008–0,010 кг/га.

Обработку посевов льна-долгунца препаратом Магнум проводили в фазу «елочка» (6-7 пар настоящих листьев), так как растения данной культуры в этот период менее подвержены гербицидному стрессу. Для обработки использовали ранцевый гидравлический опрыскиватель «Рapid». Расход рабочего раствора – 200 л/га.

<sup>1</sup>Селекция и первичное семеноводство льна-долгунца: методические указания. Тверь: Тверской гос. ун-т, 2014. 140 с.

В сухую жаркую погоду проводили полив луночного питомника ежедневно утром и вечером в период от посева до ранней желтой спелости льна. Норма полива изменялась в зависимости от погодных условий, фазы роста и развития льна – от 1 до 5 л/м<sup>2</sup>. Для предупреждения полегания льна в период роста на посевах (начиная с фазы «елочка») были установлены специальные металлические каркасы с сетками. Учетные делянки убирали в фазу «ранняя желтая спелость», которая является оптимальной для получения максимального урожая и качества льноволокна.

Исследуемые образцы оценивали по основным показателям продуктивности – высоте растений, весу технической части стебля, массе волокна и его содержанию в стебле, количеству коробочек и семян, а также показателям, определяющим качество льноволокна, – техническая длина и «мыклость» стебля (отношение технической длины к диаметру стебля в средней его части). Устойчивость растений льна к гербицидному стрессу определяли по методике Г. В. Удовенко<sup>2</sup> как отношение показателей продуктивности и качества волокна при стрессовых (вариант с обработкой растений гербицидом) и благоприятных условиях (контроль – без обработки), выраженное в процентах. При оценке реакции сортов льна-долгунца использовали понятие «адаптивность» в интерпретации Л. А. Животкова с соавт.<sup>3</sup> Математическую обработку данных (коэффициент вариации ( $n = 60$ ), стандартное отклонение) выполняли в соответствии с общепринятыми методиками<sup>4</sup>. При ранжировании генотипов по уровню проявления признаков «урожайность» и «качество льноволокна» учитывали отклонение их величин от стандарта в соответствии с международным классификатором<sup>5</sup> и дескрипторами вида *Linum usitatissimum* L.<sup>6</sup>

**Результаты и их обсуждение.** В силу слабой конкурентоспособности растений льна для борьбы с сорной растительностью на посевах культуры применяются гербициды в полной рекомендованной норме расходов либо

их композиции. Для уничтожения двудольных и злаковых сорняков в посевах льна-долгунца в настоящее время льносеющими предприятиями страны широко применяется гербицидная композиция: Магнум + Гербитокс Л + Миура, рекомендуемая норма расхода – 0,007 + 0,6 + 1,0 кг(л)/га [17]. Вместе с тем, как показали проводимые нами исследования (2008–2010 гг.), при обработке посевов льна-долгунца данной гербицидной композицией наблюдали значительное снижение качества волокнистого сырья. Так, в варианте с обработкой практически у всех изучаемых образцов номер трепанного льноволокна отмечен низким и находился на уровне – 8...10, в контроле (без применения гербицидов) – 12...14. Аналогичные результаты получены и по признаку «длина элементарного волокна», от величины которого зависит прядильная способность льноволокна [18]. В связи с этим нами были продолжены исследования по оценке чувствительности сортов льна-долгунца к одному из компонентов данной гербицидной композиции, в частности, препарату Магнум.

Для получения объективной оценки биологического потенциала изучаемых генотипов льна по продуктивности волокна учитывали такие показатели, как высота растений, вес технической части, масса и содержание волокна в стебле, число коробочек и семян на 1 растении.

Признак «высота растений» является одним из основных показателей, определяющих не только урожайность, но и качество льносырья. Изменчивость данного признака в зависимости от генотипа при благоприятных условиях выращивания (контроль) находилась в диапазоне от 78,8 до 95,8 см (табл. 1).

Наибольшую высокорослость из исследуемых сортов льна-долгунца проявили позднеспелые сорта С-108 (Россия) и Alizee (Голландия), среднеспелые – Сурский (Россия) и Грант (Республика Беларусь). Высота растений изменялась от 91,1 см (Грант) до 95,8 см (Сурский), что соответствовало уровню сорта-стандарта Атлант (96,6 см).

<sup>2</sup>Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: методическое руководство. Под ред. Г. В. Удовенко. Л.: ВИР, 1988. 227 с.

<sup>3</sup>Животков Л. А., Морозова З. А., Секатуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «Урожайность». Селекция и семеноводство. 1994;(2):3–6.

<sup>4</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

<sup>5</sup>Международный классификатор СЭВ вида *Linum usitatissimum* L. Рыкова Р., Кутузова С., Корнейчук В. [и др.]. Л.: Типография ВИР, 1989. 35 с.

<sup>6</sup>Nóžková J., Pavelek M., Bjejková M., Brutch N. B., Tjeklová e., Porokhvinova E. A., Brindza J. Descriptor list for flax *Linum usitatissimum* L. Slovak University of Agriculture in Nitra. 2016. 102 p.

DOI: <https://doi.org/10.15414/2016.9788055214849>

Таблица 1 – Влияние гербицида Магнум на показатели продуктивности волокна современных сортов льна-долгунца (2021–2023 гг.) /  
Table 1 – Effect of the herbicide Magnum on the fiber productivity of modern cultivars of flax (2022–2023)

Сорт / Cultivar	Вариант / Variant	Высота растений, см / Plant height, cm	Устойчи- вость, % / Resistance, %	CV, %	Вес техниче- ской части стебля, мг / Weight of technical part of stem, mg	Устойчи- вость, % / Resistance, %	CV, %	Масса волокна с растения, мг / Fiber weight per plant, mg	Устойчи- вость, % / Resistance, %	CV, %	Содержание волокна, % / Fiber content, %	Устойчи- вость, % / Resistance, %	CV, %
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	2												
Тост 5 / 'Tost 5'	I	79,2±3,1	91,2	3,9	438,2±127,4	91,9	29,1	118,2±30,2	83,7	25,5	27,2±1,2	90,8	4,6
	II	72,2±5,2			402,9±185,2			46,0			98,9±44,5		
Томич 2 / 'Tomich 2'	I	85,7±4,2	78,7	4,8	522,4±155,9	48,1	29,8	202,6±55,8	44,5	27,6	39±1,1	92,3	2,8
	II	67,5±9,0			251,4±135,3			53,8			90,2±50,3		
П. Крепкова / 'P.Крепкова'	I	90,8±5,2	78,6	5,8	557,0±154,7	69,6	27,8	180,6±44,4	65,4	24,6	32,7±1,3	94,2	4,0
	II	71,4±4,8			387,9±117,9			30,4			118,1±31,0		
Добрыня / 'Dobrynya'	I	84,5±4,2	83,7	5,0	453,5±152,8	74,0	33,7	155,8±48	64,6	30,8	34,7±1,6	84,7	4,7
	II	70,7±5,7			335,6±164,0			48,9			100,6±51,7		
Пересвет / 'Peresvet'	I	81,3±7,2	87,7	8,9	396,2±150,4	93,4	38,0	156,9±59,8	81,8	38,1	39,5±1,8	87,8	4,7
	II	71,3±5,4			369,9±170,9			46,2			128,4±58,8		
Лидер / 'Lider'	I	81,4±2,3	87,5	2,8	592,6±159,3	69,3	26,9	165,1±36,7	74,0	22,2	28,2±1,7	104,6	6,0
	II	71,3±3,8			410,9±107,3			26,1			122,1±42,5		
Среднезрелая группа / Mid-ripening group													
Девиз / 'Deviz'	I	87,3±3,2	78,3	3,7	556,2±148,6	58,2	26,7	195,8±51,5	52,7	26,3	35,3±1,3	91,2	3,7
	II	68,4±6,4			323,9±114,8			35,4			103,1±33,6		
Визит / 'Vizit'	I	85,9±2,8	84,3	3,3	557,6±94,7	73,0	17,0	198,4±35,8	66,4	18	35,6±1,1	91,0	3,1
	II	72,4±4,1			407,2±78,2			19,2			131,7±25,4		
Тонус / 'Tonus'	I	88,3±4,8	74,7	5,5	494,6±139,5	48,6	28,2	165,8±44,6	45,7	26,9	33,6±0,8	93,2	2,4
	II	65,9±5,5			240,2±117,1			48,8			75,8±38,6		
Сурский / 'Surskiy'	I	95,8±6,0	80,0	6,3	529,4±184,0	77,4	34,8	173,1±61,2	76,0	35,4	32,8±2,4	98,2	7,3
	II	76,6±9,1			409,6±299,6			73,1			131,5±95,6		

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	Среднеспелая группа / Mid-ripening group						10	11	12	13	14
					6	7	8	9	9	10					
Полёт / 'Polet'	I	90,6±5,3	73,3	5,8	575,4±193,0	64,5	33,5	197,6±64,4	64,3	32,6	34,8±1,9	89,1	5,5		
	II	66,4±12,3		18,5	371,3±263,6		71,0	127±79,9		62,9	31±1,2		4,0		
Александрит / 'Alexandrit'	I	83,6±9,0	85,1	8,7	410,9±155,9	91,0	37,9	126,1±49	90,2	38,9	31±3,9	101,0	12,6		
	II	71,1±5,9		8,3	373,7±125,3		33,5	113,7±31,3		27,6	31,3±5		16,0		
Синель / 'Sinel'	I	90,1±4,4	90,2	4,9	438,7±135,1	111,1	30,8	116,3±37,9	101,5	32,5	26,3±1,1	91,6	4,2		
	II	81,3±6,5		7,9	487,5±141,8		29,1	118±36		30,5	24,1±1,1		4,6		
Левит 1 / 'Levit 1'	I	81,8±3,1	77,1	3,7	507,1±133,2	58,4	26,3	168,7±43,4	52,9	25,7	33,3±1,4	91,0	4,2		
	II	63,1±4,7		7,5	296,3±64,9		21,9	89,2±17,3		19,4	30,3±2		6,7		
Веста / 'Vesta'	I	88,8±3,2	85,2	3,6	503,4±150,8	91,8	30,0	176,5±49,9	83,9	28,3	35,2±1,2	90,6	3,3		
	II	75,7±4,9		6,5	462,1±123,3		26,7	148,1±43,1		29,1	31,9±4,1		12,8		
Грант / 'Grant'	I	91,1±5,1	88,4	5,7	473,6±127,4	92,4	26,9	151,6±44,8	83,9	29,6	32±3,5	91,3	11,0		
	II	80,5±4,5		5,6	437,7±198,5		45,3	127,2±58,3		45,8	29,2±2,8		9,7		
Позднеспелая группа / Late-maturing group															
Крепыш / 'Krepysh'	I	78,8±4,6	97,8	5,3	508,4±197,1	100,6	38,8	165,9±58,4	96,0	35,2	33,1±1,7	95,2	5,0		
	II	77,1±5,1		6,7	511,3±109,4		21,4	159,2±32,2		20,3	31,5±4,2		13,4		
С-108 / 'S-108'	I	92,4±6,4	90,4	6,9	609,6±211,4	113,1	34,7	137,9±49,3	100,2	35,8	22,6±2,2	89,4	9,8		
	II	83,5±5,8		7,0	689,3±194,8		28,3	138,2±36,9		26,7	20,2±0,9		4,6		
Союз / 'Soyuz'	I	89,3±6,1	91,6	6,9	489,5±159,1	119,9	32,5	135,7±49,4	105,6	36,4	27,6±5,1	90,6	18,4		
	II	81,7±6,8		8,3	587,0±161,0		27,4	143,3±31,9		22,3	25±3,2		12,8		
'Alizee'	I	93,0±2,5	86,2	2,7	636,2±219,2	71,1	34,5	211,7±71,1	67,5	33,6	33,3±1,0	95,5	2,9		
	II	80,2±5,0		6,2	452,2±148,4		32,8	142,8±47,2		33,1	31,8±3,7		11,8		
Атлант, ст. / 'Atlant', st.	I	96,6±4,7	91,5	4,8	637,8±188,6	88,2	29,6	149±40,0	80,4	26,8	23,5±1,4	91,9	6,1		
	II	88,4±5,6		6,3	562,6±159,0		28,3	119,8±28,2		23,6	21,6±1,4		6,4		
Среднесортное значение / Average value	I	87,4	-	-	514,4	95,4	-	162,8	-	-	31,9	-	-		
	II	74,2	-	-	418,3		-	120,3		-	29,5		-		

Примечания: I – вариант без обработки (контроль); II – вариант с обработкой гербицидом Магнум в дозе 0,01 кг/га /  
Notes: I – option without processing (control); II – variant with treatment with Magnum herbicide at a dose of 0.01 kg/ha

В варианте с обработкой посевов льна-долгунца гербицидом Магнум в рекомендуемой норме расхода отмечено снижение величины признака в среднем по опыту с 87,4 см (контроль – без обработки) до 74,2 см, или на 15,1 %. При этом имело место повышение вариабельности: контроль – 2,7 % (Alizee)...8,9 % (Пересвет), вариант с обработкой – 5,3 % (Лидер)...18,5 % (Полет).

Сравнительная оценка реакции исследуемых сортов льна-долгунца на обработку гербицидом Магнум по признаку «высота растений» позволила дифференцировать их по устойчивости к данному стрессовому фактору. Наиболее чувствительными к гербициду выделены сорта Томич 2, П. Крепкова, Добрыня, Тонус, Сурский, Полет, Девиз, Визит и Левит 1, у которых высота растений в варианте с обработкой составила 66,4 см (Полет)...72,4 см (Визит), или 73,3...84,3 % к контролю. Сорта С-108, Союз, Крепыш, Синель (Россия) и Грант (Республика Беларусь) проявили устойчивость от 88,4 % (Грант) до 97,8 % (Крепыш), что соответствовало уровню сорта-стандарта Атлант (91,5 %).

По признаку «вес технической части стебля» различия между генотипами в контроле были в пределах 396,2 мг (Пересвет)...636,2 мг (Alizee). На уровне стандарта Атлант (637,8 мг) находились сорта П. Крепкого, Лидер, С-108, Полет, Девиз, Визит (Россия) и Alizee (Голландия). В зависимости от генотипа вариабельность признака имела значения от 17,0 % (Визит) до 38,8 % (Крепыш).

В варианте с обработкой гербицидом величина признака «вес технической части стебля» имела диапазон 240,2 мг/раст. (Тонус) ...689,3 (С-108) мг/раст. Наиболее высоким проявлением признака характеризовались сорта российской селекции – С-108 (689,3 мг/раст.), Союз (587,0), Крепыш (511,3) и Синель (487,5), у стандарта Атлант – 562,6 мг/раст. Данные сорта проявили высокий уровень устойчивости к гербициду (свыше 100 %), остальные – существенно уступали стандарту на селективном фоне по данному признаку. В качестве наиболее чувствительных к гербициду отмечены сорта Томич 2, П. Крепкова, Добрыня, Лидер, Тонус, Полет, Девиз и Alizee, величина признака у которых снизилась по сравнению с контролем на 26,0 % (Добрыня)...51,9 % (Томич 2). При этом у таких сортов, как Тост 5, Томич 2, Добрыня, Тонус, Сурский, Полет и Грант вариабельность признака на селективном фоне возросла более чем в 1,5 раза.

Генотипические различия в контроле по признаку «содержание волокна в стебле» составили 22,6 % (С-108)...39,5 % (Пересвет). Наиболее высокой волокнистостью отличились сорта Томич 2, Пересвет, Добрыня, Девиз, Визит, Полет, Надежда (Россия), Веста (Республика Беларусь) и Alizee (Голландия), у которых проявление признака находилось на уровне 33,8...39,5 %, что существенно выше средне-сортового значения (31,9 %).

Величина данного признака в варианте с обработкой гербицидом в зависимости от генотипа имела размах варьирования от 20,2 % (С-108) до 36,0 % (Томич 2) при среднесортовом значении 29,5 %. Изменчивость содержания волокна в стебле у большей части испытываемых генотипов была невысокой (менее 10 %), при этом у ряда сортов (Томич 2, П. Крепкова, Пересвет, Лидер, Крепыш, Девиз, Веста и Alizee) отмечено усиление внутрисортовой изменчивости признака в варианте с гербицидной обработкой по сравнению с контролем более чем в 2 раза. Сорта Александрит и Союз проявили повышенную вариабельность признака в обоих вариантах опыта: контроль – 12,6 и 18,4 %, с обработкой гербицидом – 16,0 и 12,8 % соответственно, что указывает на их недостаточную генотипическую однородность.

Гербицидный стресс наиболее сильно проявился у сортов Добрыня, Пересвет и Полет – снижение содержания волокна по сравнению с контролем составило 5,3; 4,8; 3,8 абс.% соответственно. По уровню устойчивости все другие изучаемые сорта не уступали стандарту – сорту Атлант, у которого данный показатель составил 91,9 %.

Наиболее значимым признаком является «масса волокна с растения», величина которого в зависимости от генотипа в контроле составила от 116,3 мг (Синель) до 211,7 мг (Alizee). Существенно превосходили стандарт по данному показателю сорта Томич 2, П. Крепкова, Сурский, Полет, Девиз, Визит (Россия), Веста (Республика Беларусь) и Alizee (Голландия), величина признака находилась в диапазоне от 176,5 мг/раст. (Веста) до 211,7 мг/раст. (Alizee).

В варианте с обработкой гербицидом величина этого показателя изменялась от 75,8 мг/раст. (Тонус) до 159,2 мг/раст. (Крепыш), у сорта-стандарта Атлант масса волокна с растения составила 119,8 мг, что соответствовало средне-сортовому значению – 120,3 мг. На уровне стандарта по данному признаку находились сорта

Пересвет, Лидер, С-108, Сурский, Полет, Визит, Ласка, Грант, у которых величина признака была в диапазоне от 122,1 мг/раст. (Лидер) до 138,2 мг/раст. (С-108). У сортов Крепыш, Союз, Веста и Alizee масса волокна составила 142,8...159,2 мг с растения, что существенно выше стандарта.

По признаку «масса волокна с растения» устойчивостью к гербицидному стрессу обладали сорта Тост 5, Пересвет, С-108, Союз, Александрит, Крепыш, Синель и Грант, уровень устойчивости которых составил 81,8 % (Пересвет)...105,6 % (Союз), при значении 80,4 % у стандарта Атлант. У сортов Томич 2, П. Крепкова, Добрыня, Полет, Девиз, Визит, Левит 1 и Alizee под действием стрессового фактора величина признака по сравнению с контролем снизилась на 32,5 % (Alizee)...55,5 % (Томич 2).

Сорта С-108, Союз, Пересвет, Крепыш и Грант по признаку «масса волокна с растения» проявили не только устойчивость к гербицидному стрессу, но и высокий адаптивный потенциал, превысив на селективном фоне среднесортное значение показателя. У сорта Alizee, несмотря на существенное снижение основных параметров продуктивности волокна, масса волокна отмечена выше среднесортного значения, что свидетельствует о высокой пластичности данного сорта.

Признак «техническая длина стебля» является одним из основных показателей, определяющих качество льноволокна, чем выше данный показатель, тем выше номер длинного (трепаного) волокна. При технической длине стебля менее 60 см льносырье считается некондиционным.

Размах варьирования данного признака в контроле составил от 66,0 см (Лидер, Левит 1) до 85,8 см (Сурский), у стандарта Атлант – 84,4 см (табл. 2). Сорта П. Крепкова, С-108, Тонус, Сурский, Полет, Синель (Россия), Веста, Грант (Республика Беларусь) и Alizee (Голландия) превысили среднесортное значение признака (75,7 см).

В варианте с обработкой гербицидом в целом по опыту снижение показателя «техническая длина стебля», по сравнению с контролем, составило 14,2 см, или 18,8 %. Наибольшую устойчивость к воздействию гербицида Магнум проявили сорта С-108, Сурский, Крепыш, Синель (Россия), Грант (Республика Беларусь) и Alizee (Голландия) – 79,7 % (Сурский)...86,7 % (Alizee), у сорта-стандарта Атлант – 91,8 %, при этом на селективном фоне данные

генотипы превысили среднесортное значение признака (61,5 см).

Признак «мыклость стебля» является косвенным, характеризующим качество льноволокна. Чем выше значение данного показателя, тем более качественное волокно получается при переработке льносырья. Вариабельность данного признака в контроле и варианте с обработкой, как правило, имела значение менее 20 %. Исключение составили сорта Тост 5 (в контроле и на селективном фоне), Добрыня, Тонус, Сурский, Полет, Синель, Грант (на селективном фоне) с более высокой внутрисортной изменчивостью признака – от 21,9 % (Тонус) до 44,1 % (Добрыня).

В варианте без гербицидной обработки величина признака «мыклость стебля» в зависимости от генотипа изменялась от 386,9 ед. (Лидер) до 597,9 ед. (Сурский). Наиболее высокие значения признака (свыше 501,4 ед.) проявили сорта Томич 2, П. Крепкова, Добрыня, Пересвет, Тонус, Сурский, Полет, Александрит, Крепыш, Синель (Россия), Веста, Грант (Республика Беларусь), Alizee (Голландия) при среднесортном значении 512,3 ед.

В варианте с применением гербицида Магнум среднесортное значение признака снизилось на 14,6 %. Чувствительность к гербицидному стрессу выявлена у сортов Синель и С-108 – снижение признака на селективном фоне по сравнению с контролем составило 30,2 и 26,3 % соответственно.

У сорта-стандарта Атлант устойчивость к гербициду по рассматриваемому признаку составила 90,3 %. Не уступали стандарту сорта Тост 5, Томич 2, Лидер, Тонус, Сурский, Полет, Грант и Alizee. Сорта Томич 2, Тонус, Сурский (Россия), Грант (Республика Беларусь) и Alizee (Голландия) сочетали высокое значение признака «мыклость стебля» и устойчивость к воздействию гербицида Магнум.

Основными признаками, определяющими продуктивность льносемян, являются число коробочек и семян на 1 растении. Следует отметить высокую вариабельность данных признаков как в контроле, так и на селективном фоне. Среднесортные значения признаков в том и другом варианте были одинаковыми – 4,5 и 34,7 шт. на 1 растение соответственно. Отмечен относительно контроля более широкий размах изменчивости этих признаков в варианте с обработкой гербицидом по числу коробочек на 1 растение – от 2,2 шт. (Томич 2) до 7,8 шт. (Союз, С-108); по числу семян – от 15,2 шт. (Томич 2) до 66,4 шт. (С-108) (табл. 3).

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: РАСТЕНИЕВОДСТВО / ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: PLANT GROWING**

Таблица 2 – Влияние гербицида Магнум на показатели качества волокна современных сортов льна-долгунца (2021–2023 гг.) / Table 2 – Effect of the herbicide Magnum on the fiber quality indicators of modern cultivars of fiber flax (2021–2023)

Сорт / Cultivar	Вариант / Variant	Техническая длина стебля, см / Technical length of stem, cm	Устойчивость, % / Resistance, %	CV, %	Мыклость стебля, ед. / Rippleness, units	Устойчивость, % / Resistance, %	CV, %
Раннеспелая группа / Early maturing group							
Тост 5 / 'Tost 5'	I	67,3±1,4	86,0	2,1	428,6±133,8	91,2	31,2
	II	57,9±3,4		5,8	390,7±95,1		24,3
Томич 2 / 'Tomich 2'	I	73,7±2,4	82,1	3,3	516,1±73,0	109,0	14,1
	II	60,5±5,1		8,4	562,7±107,9		19,2
П. Крепкова / 'P. Krepkova'	I	79,1±3,2	74,7	4	514,3±67,4	81,4	13,1
	II	59,1±4,0		6,7	418,6±45,2		10,8
Добрыня / 'Dobyinya'	I	75,3±3,2	83,7	4,2	577,7±92,5	86,8	16,0
	II	63,0±3,9		6,2	501,6±221,2		44,1
Пересвет / 'Peresvet'	I	71,6±5,5	85,1	7,7	548,2±76,5	83,7	14,0
	II	60,9±5,6		9,2	458,7±86,2		18,8
Лидер / 'Lider'	I	66,0±1,3	86,4	2	386,9±40,1	102,3	10,4
	II	57,0±3,6		6,3	395,9±75,7		19,1
Среднеспелая группа / Mid-ripening group							
Девиз / 'Deviz'	I	74,7±1,8	78,2	2,4	481,4±50,0	88,2	10,4
	II	58,4±5,8		9,9	424,4±102,2		24,1
Визит / 'Vizit'	I	73,2±2,9	82,8	4	467,6±47,3	81,0	10,1
	II	60,6±4,9		8,1	378,6±49,1		13,0
Тонус / 'Tonus'	I	77,5±3,5	73,3	4,5	539,6±70,5	92,4	13,1
	II	56,8±4,0		7	498,6±109,1		21,9
Сурский / 'Surskiy'	I	85,8±4,9	79,7	5,7	597,9±82,8	94,2	13,8
	II	68,4±4,5		6,6	563,4±150,1		26,6
Полёт / 'Polet'	I	78,1±4,1	74,3	5,3	501,4±84,9	92,0	16,9
	II	58,0±4,9		8,4	461,1±130,2		28,2
Александрит / 'Alexandrit'	I	72,0±8,8	78,5	12,3	505,0±103,5	79,2	20,5
	II	56,5±4,3		7,6	400,1±73,6		18,4
Синель / 'Sinel'	I	77,3±2,9	82,7	3,7	539,1±81,0	69,8	15,0
	II	63,9±10,9		17	376,6±93,6		24,9
Левит 1 / 'Levit 1'	I	66,1±1,4	72,0	2,1	440,6±66,6	76,9	15,1
	II	47,6±3,8		7,9	338,7±59,2		17,5
Веста / 'Vesta'	I	78,7±2,9	78,5	3,6	580,1±63,8	74,2	11,0
	II	61,8±7,0		11,4	430,4±77,3		18,0
Грант / 'Grant'	I	81,5±5,4	86,1	6,6	591,7±88,6	89,6	15,0
	II	70,2±6,1		8,6	530,0±121,9		23,0
Позднеспелая группа / Late-maturing group							
Крепыш / 'Krepysh'	I	73,7±2,6	85,9	3,6	519,9±96,4	75,2	18,5
	II	63,3±5,2		8,2	391,2±64,2		16,4
С-108 / 'S-108'	I	78,4±3,9	82,4	5	468,0±78,0	73,7	16,7
	II	64,6±4,0		6,2	344,9±50,3		14,6
Союз / 'Soyuz'	I	74,2±5,2	84,5	7	478,8±60,2	79,1	12,6
	II	62,7±3,2		5,1	378,6±64,5		17,0
'Alizee'	I	81,7±2,0	86,7	2,5	516,6±81,1	98,0	15,7
	II	70,8±5,2		7,4	506,2±102,0		20,1
Атлант, ст. / 'Atlant', st.	I	84,4±4,2	91,8	5	540,9±92,6	90,3	17,1
	II	77,5±4,4		5,7	488,4±53,7		11,0
Среднесортное значение / Average value	I	75,7	-	-	512,3	-	-
	II	61,5	-	-	437,6	-	-

Примечания: I – вариант без обработки (контроль); II – вариант с обработкой гербицидом Магнум в дозе 0,01 кг/га / Notes: I – option without processing (control); II – variant with treatment with Magnum herbicide at a dose of 0.01 kg/ha

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: РАСТЕНИЕВОДСТВО / ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: PLANT GROWING**

Таблица 3 – Влияние гербицида Магнум на показатели семенной продуктивности современных сортов льна-долгунца (2021–2023 гг.) /

Table 3 – Effect of the herbicide Magnum on the seed productivity of modern cultivars of fiber flax (2021–2023)

Сорт / Cultivar	Вариант / Variant	Число коробочек, шт/раст. / Number of bolls, pcs/plant	Устойчивость, % / Resistance, %	CV, %	Число семян, шт/раст. / Number of seeds, pcs	Устойчивость, % / Resistance, %	CV, %
Раннеспелая группа / Early maturing group							
Тост 5 / 'Tost 5'	I	5,5±2,3	118,1	41,3	41,7±15,5	111,8	37,1
	II	6,4±4,7		72,4	46,7±31,8		68,2
Томич 2 / 'Tomich 2'	I	4,8±2,0	45,1	41,6	35,6±14,3	42,6	40,3
	II	2,2±1,1		53,1	15,2±9,7		63,7
П. Крепкова / 'P. Krepkova'	I	3,6±1,3	91,7	37,5	22,7±9,7	110,6	42,9
	II	3,3±1,2		35,1	25,1±13,5		53,7
Добрыня / 'Dobrynya'	I	3,3±1,7	85,4	51,6	26,9±15,1	84,2	56,2
	II	2,8±1,5		52,2	22,6±14,5		64,0
Пересвет / 'Peresvet'	I	3,9±1,6	95,9	40,4	27,5±12,8	101,7	46,6
	II	3,8±2,0		54,7	28,0±15,4		55,0
Лидер / 'Lider'	I	6,9±2,3	79,2	34,1	56,4±19,2	72,7	34,1
	II	5,4±2,3		42,6	41,0±15,6		38,2
Среднеспелая группа / Mid-ripening group							
Девиз / 'Deviz'	I	4,8±1,5	73,7	32,5	35,3±11,4	72,2	32,3
	II	3,5±2,0		56,9	25,5±17,4		68,3
Визит / 'Vizit'	I	3,9±1,2	102,9	30,0	34,2±10,8	105,2	31,7
	II	4,0±1,5		36,8	36,0±14,2		39,4
Тонус / 'Tonus'	I	5,2±2,1	63,7	40,3	40,6±15,6	60,5	38,4
	II	3,3±2,1		62,3	24,6±16,7		67,7
Сурский / 'Surskiy'	I	4,0±1,7	71,9	43,3	34,3±15,4	75,5	45,0
	II	2,9±2,0		68,2	25,9±19,3		74,8
Полёт / 'Polet'	I	4,7±1,8	82,2	38,5	37,6±15,1	77,0	40,2
	II	3,9±3,4		87,7	29,0±27,1		93,6
Александрит / 'Alexandrit'	I	4,3±2,1	123,1	47,6	34,9±14,3	107,6	41,1
	II	5,3±2,2		40,5	37,5±19,7		52,6
Синель / 'Sinel'	I	4,0±1,9	158,3	48,6	27,8±14,7	163,1	52,8
	II	6,3±2,3		36,5	45,3±17,0		37,6
Левит 1 / 'Levit 1'	I	3,8±1,5	91,7	38,5	32,5±11,6	82,0	35,8
	II	3,5±1,6		47,1	26,6±13,6		51,3
Веста / 'Vesta'	I	2,8±0,9	134,6	32,8	19,8±6,9	131,3	34,6
	II	3,8±1,0		26,9	26,0±8,2		31,5
Грант / 'Grant'	I	3,7±1,6	105,3	41,7	26,9±11,2	107,5	41,8
	II	3,9±2,2		56,5	28,9±19,5		67,4
Позднеспелая группа / Late-maturing group							
Крепыш / 'Krepysh'	I	4,6±2,4	123,6	52,5	31,5±13,9	141,4	44,3
	II	5,7±2,2		38,9	44,5±17,7		39,8
С-108 / 'S-108'	I	5,3±2,7	148,2	51,1	50,4±24,3	131,9	48,2
	II	7,8±3,1		39,2	66,4±28,3		42,7
Союз / 'Soyuz'	I	4,8±1,9	162,1	40,3	36,1±14,0	169,8	38,8
	II	7,8±2,8		35,6	61,3±23,2		37,8
'Alizee'	I	3,8±1,6	84,2	42,6	30,5±11,8	90,5	38,7
	II	3,2±2,3		70,3	27,6±23,3		84,5
Атлант, ст. / 'Atlant', st.	I	5,4±2,1	89,3	38,3	39,8±17,0	92,5	42,8
	II	4,8±2,0		41,0	36,8±15,4		41,7
Среднесортное значение / Average value	I	4,5	-	-	34,7	-	-
	II	4,5	-	-	34,7	-	-

Примечания: I – вариант без обработки (контроль); II – вариант с обработкой гербицидом Магнум в дозе 0,01 кг/га / Notes: I – option without processing (control); II – variant with treatment with Magnum herbicide at a dose of 0.01 kg/ha

Реакция изучаемых генотипов на применение гербицида оказалась неоднозначной. Устойчивость стандартного сорта Атлант к гербицидному стрессу по признаку «количество коробочек на 1 растении» составила 89,3 %, по признаку «количество семян на 1 растении» – 92,5 %. Наиболее значимое снижение этих показателей семенной продуктивности отмечено у сортов Томич 2, Тонус, Сурский и Девиз, которое составило 54,9 и 57,4, 36,3 и 39,5, 28,1 и 24,5, 26,3 и 27,8 % соответственно. У позднеспелых (С-108, Союз, Крепыш) и среднеспелых (Синель и Веста) сортов, напротив, в варианте с обработкой гербицидом величина данных признаков по сравнению с контролем возросла на 48,2 и 31,9 %, 62,1 и 69,8, 23,6 и 41,4, 58,3 и 63,1, 34,6 и 31,3 % соответственно. Полученные данные позволяют сделать предположение, что сорта позднеспелой группы в меньшей мере подвержены гербицидному стрессу по признакам семенной продуктивности, поскольку все они признаны устойчивыми.

**Заключение.** В результате комплексной оценки 20 современных сортов льна-долгунца в условиях Тверской области выявлена сортоспецифичность по их реакции на обработку гербицидом Магnum в рекомендованной норме расхода (0,01 кг/га). Снижение основных параметров продуктивности и качества волокна на селективном фоне у наиболее чувствительного

сорта Левит 1 (Республика Беларусь) по сравнению с контролем составило: высота растений – 22,9 %, вес технической части стебля – 41,6 %, масса волокна – 47,1 %, техническая длина – 28,0 %, мыклость стебля – 23,1 %. Уменьшение семенной продуктивности зафиксировано только у ранне- и среднеспелых сортов, в частности, у раннеспелого Томич 2 число коробочек и семян с 1 растения снизилось более чем на 50 %. По основным показателям продуктивности волокна и семян высокий уровень устойчивости к гербицидному стрессу (свыше 90 %) проявили позднеспелые сорта – С-108, Союз и Крепыш (ФГБНУ ФНЦ ЛК), которые также превзошли среднесортные значения по анализируемым признакам на селективном фоне. По параметрам качества волокна высокую стрессоустойчивость проявил среднеспелый сорт Сурский (ФГБНУ ФНЦ ЛК), который на обоих фонах превысил среднесортные значения по признакам «техническая длина стебля» и «мыклость стебля». Среднеспелый сорт Грант (Республика Беларусь) характеризовался высоким уровнем устойчивости как по параметрам продуктивности (волокно, семена), так и качества льноволокна. Полученные результаты указывают на перспективность селекции льна-долгунца на гербицидоустойчивость, основанную на использовании биологического потенциала культуры льна.

#### **Список литературы**

1. Виноградова Т. А., Кудряшова Т. А., Козьякова Н. Н. Влияние особенностей сортов льна-долгунца на результаты переработки льнотресты различного качества. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023;(4(64)):21–28. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=59850664> EDN: LXBZUS
2. Басова Н. В., Новиков Э. В., Безбабченко А. В. Производство и переработка лубяных культур в России как элемент импортозамещения. АПК: экономика, управление. 2022;(8):71–78. DOI: <https://doi.org/10.33305/228-71> EDN: JEECCW
3. Миневиц И. Э., Ушаповский И. В. Изучение целлюлозы, полученной из вторичного сырья лубяных культур, в качестве потенциального источника для различных отраслей индустрии. Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. 2023;3(3):49–58. DOI: <https://doi.org/10.54016/SVITOK.2023.78.64.007> EDN: JWPZPO
4. Mańkowski J., Pudełko K., Kołodziej J., Karaś T. Effect of herbicides on yield and quality of straw and homomorphic fibre in flax (*Linum usitatissimum* L.). Industrial Crops and Products. 2015;70:185–189. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.035>
5. Басова Н. В., Новиков Э. В., Безбабченко А. В. Экономическая эффективность первичной переработки льна-долгунца и производства пеллет в фермерских хозяйствах и сельхозкооперативах. АПК: экономика, управление. 2023;(7):94–98. DOI: <https://doi.org/10.33305/237-94> EDN: RQYSRP
6. Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (экологогенетические основы). М.: РУДН, 2001. Т.2. 1489 с.
7. Кудрявцев Н. А., Логинов С. В., Стороженко П. А. Эффективность применения атрано-протатрановой композиции при обработке семян и посевов льна. Journal of Agriculture and Environment. 2024;(4(44)):5. DOI: <https://doi.org/10.54016/SVITOK.2023.78.64.007> EDN: RMKVHA

8. Kurtenbach M. E., Johnson E. N., Gulden R. H., Willenborg C. J. Tolerance of flax (*Linum usitatissimum* L.) to fluthiacet-methyl, pyroxasulfone, and topramezone. *Weed Technology*. 2019;33(3):509–517. DOI: <https://doi.org/10.1017/wet.2019.8>
9. Negrisoli E., Velini E. D., Tofoli G. R., Cavenaghi A. L., Martins D., Morelli J. L., Costa A. G. F. Selectivity of pre-emergence herbicides to sugarcane treated with nematicides. *Planta Daninha*. 2004;22(4):567–575. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582004000400011>
10. Mattiuzzi M. D., Albrecht A. J. P., Baccin L. C., Silva A. F. M., Albrecht L. P., Larini W. F. Potential selectivity of herbicides in pre- and post-emergent linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Revista de Agricultura Neotropical*. 2022;9(4):e7058. DOI: <https://doi.org/10.32404/rea.n.v9i4.7058>
11. Vasiliev A. S., Farinyuk Y. T., Yakovleva S. V., Kudryavtsev N. A. Phytopathological condition of flax crops during treatment with hightech preparations. *Annals of Biology*. 2022;38(1):71–76. URL: <https://elibrary.ru/RKVCKS> EDN: RKVCKS
12. Рожмина Т. А., Жученко А. А., Герасимова Е. Г., Андреева И. А., Смирнова А. Д. Влияние гербицида Магнум на урожайность и качество льнопродукции. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021;22(6):844–856. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.6.844-856> EDN: GNKHQC
13. McSheffrey S. A., McHughen A., Devine M. D. Characterization of transgenic sulfonylurea-resistant flax (*Linum usitatissimum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 1992;84(3):480–486. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00229510>
14. Зеленская О. В. К вопросу о возделывании сортов риса, устойчивых к гербицидам. Обзор. *Научный журнал КубГАУ*. 2011;(67):375–386. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15644587> EDN: NEJCUV
15. Гончаров С. В., Горлова Л. А. Селекция рапса на устойчивость к гербицидам: результаты и перспективы. *Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур*. 2018;(4(176)):42–47. DOI: <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2018-4-176-42-47> EDN: YVEINN
16. Dmitriev A. A., Pushkova E. N., Novakovskiy R. O., Beniaminov A. D., Rozhmina T. A., Bolsheva N. L., et al. Genome sequencing of fiber flax cultivar atlant using oxford nanopore and illumina platforms. *Frontiers in Genetics*. 2021;11:590282. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.590282>
17. Захарова Л. М. Баксовые смеси гербицидов в посевах льна. *Защита и карантин растений*. 2014;(4):20. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21302993> EDN: RYENAV
18. Рожмина Т. А., Мельникова Н. В., Головлев М. Г., Смирнова М. И., Куземин И. А. Скрининг образцов генофонда льна на устойчивость к неблагоприятным факторам. *Достижения науки и техники АПК*. 2018;32(10):11–15. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-11002> EDN: YOCRQD

### References

1. Vinogradova T. A., Kudryashova T. A., Koz'yakova N. N. The influence of characteristics of fiber flax varieties on processing results of flax trusts of various qualities. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = *Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*. 2023;(4(64)):21–28. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=59850664>
2. Basova N. V., Novikov E. V., Bezbabchenko A. V. Production and processing of bast crops in Russia as an element of import substitution. *APK: ekonomika, upravlenie*. 2022;(8):71–78. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33305/228-71>
3. Minevich I. E., Ushchapovskiy I. V. The study of cellulose obtained from the secondary raw materials of bast crops as a potential source for various industries. *Tekhnicheskie kul'tury. Nauchnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal* = *Technical crops Scientific agricultural journal*. 2023;3(3):49–58. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.54016/SVITOK.2023.78.64.007>
4. Mańkowski J., Pudełko K., Kołodziej J., Karaś T. Effect of herbicides on yield and quality of straw and homomorphic fibre in flax (*Linum usitatissimum* L.). *Industrial Crops and Products*. 2015;70:185–189. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.035>
5. Basova N. V., Novikov E. V., Bezbabchenko A. V. Economic efficiency of primary processing of flax and pellet production in farms and agricultural cooperatives. *APK: ekonomika, upravlenie*. 2023;(7):94–98. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33305/237-94>
6. Zhuchenko A. A. Adaptive plant breeding system (ecological and genetic foundations). Moscow: *RUDN*, 2001. Vol. 2. 1489 p.
7. Kudryavtsev N. A., Loginov S. V., Storozhenko P. A. Efficiency of application of atrano-protatran composition in the treatment of flax seeds and crops. *Journal of Agriculture and Environment*. 2024;(4(44)):5. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.54016/SVITOK.2023.78.64.007>
8. Kurtenbach M. E., Johnson E. N., Gulden R. H., Willenborg C. J. Tolerance of flax (*Linum usitatissimum* L.) to fluthiacet-methyl, pyroxasulfone, and topramezone. *Weed Technology*. 2019;33(3):509–517. DOI: <https://doi.org/10.1017/wet.2019.8>

9. Negrisola E., Velini E. D., Tofoli G. R., Cavenaghi A. L., Martins D., Morelli J. L., Costa A. G. F. Selectivity of pre-emergence herbicides to sugarcane treated with nematicides. *Planta Daninha*. 2004;22(4):567–575. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582004000400011>
10. Mattiuzzi M. D., Albrecht A. J. P., Baccin L. C., Silva A. F. M., Albrecht L. P., Larini W. F. Potential selectivity of herbicides in pre-and post-emergent linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Revista de Agricultura Neotropical*. 2022;9(4):e7058. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v9i4.7058>
11. Vasiliev A. S., Farinyuk Y. T., Yakovleva S. V., Kudryavtsev N. A. Phytopathological condition of flax crops during treatment with hightech preparations. *Annals of Biology*. 2022;38(1):71–76. URL: <https://elibrary.ru/RKVCKSEDN>; EDN: RKVCKS
12. Rozhmina T. A., Zhuchenko A. A., Gerasimova E. G., Andreeva I. A., Smirnova A. D. The effect of the herbicide Magnum on the yield and quality of flax products. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2021;22(6):844–856. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.6.844-856>
13. McSheffrey S. A., McHughen A., Devine M. D. Characterization of transgenic sulfonylurea-resistant flax (*Linum usitatissimum*). *Theoretical and Applied Genetics*. 1992;84(3):480–486. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00229510>
14. Zelenskaya O. V. Cultivation of herbicides resistant rice varieties. Review. *Nauchnyy zhurnal KubSAU = Scientific Journal of KubSAU*. 2011;(67):375–386. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15644587>
15. Goncharov S. V., Gorlova L. A. Seleksiya rapsa na ustoychivost' k gerbitsidam: rezul'taty i perspektivy. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskyy byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur = Oil crops. Scientific and technical Bulletin of VNIIMK*. 2018;(4(176)):42–47. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2018-4-176-42-47>
16. Dmitriev A. A., Pushkova E. N., Novakovskiy R. O., Beniaminov A. D., Rozhmina T. A., Bolsheva N. L., et al. Genome sequencing of fiber flax cultivar atlant using oxford nanopore and illumina platforms. *Frontiers in Genetics*. 2021;11:590282. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.590282>
17. Zakharova L. M. Bakovye smesi gerbitsidov v posevakh l'na. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2014;(4):20. (In Russ) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21302993>
18. Rozhmina T. A., Melnikova N. V., Golovlev M. G., Smirnova M. I., Kuzemin I. A. Screening of samples from flax gene pool for resistance to unfavourable factors. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2018;32(10):11–15. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-11002>

#### **Сведения об авторах**

✉ **Рожмина Татьяна Александровна**, доктор биол. наук, зав. лабораторией селекционных технологий, Научно-исследовательский институт льна – обособленное подразделение ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Луначарского, д. 35, г. Торжок, Российская Федерация, 172002, e-mail: [vniil.sekretar@mail.ru](mailto:vniil.sekretar@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8204-7341>, e-mail: [len\\_rozhmina@mail.ru](mailto:len_rozhmina@mail.ru)

**Андреева Ирина Александровна**, аспирант, Научно-исследовательский институт льна – обособленное подразделение ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Луначарского, д. 35, г. Торжок, Российская Федерация, 172002, e-mail: [vniil.sekretar@mail.ru](mailto:vniil.sekretar@mail.ru)

#### **Information about the authors**

✉ **Tatiana A. Rozhmina**, DSc in Biology, Head of the Laboratory of Breeding Technologies, Flax Research Institute – Separate division of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Lunacharsky St., 35, Torzhok, Russian Federation, 172002, e-mail: [vniil.sekretar@mail.ru](mailto:vniil.sekretar@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8204-7341>, e-mail: [len\\_rozhmina@mail.ru](mailto:len_rozhmina@mail.ru)

**Irina A. Andreeva**, post graduate, Flax Research Institute – Separate division of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Lunacharsky St., 35, Torzhok, Russian Federation, 172002, e-mail: [vniil.sekretar@mail.ru](mailto:vniil.sekretar@mail.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author