

Влияние агротехнических факторов на продуктивность полбы в условиях Северо-Запада РФ

© 2024. Т. В. Шайкова, М. В. Дятлова✉, А. А. Кузьмин

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

Представлены результаты исследований по изучению влияния основных агротехнических приемов на продуктивность, морфологические признаки, вынос и баланс элементов минерального питания пшеницы полбы сорта Псковитянка для разработки технологии возделывания и последующего внедрения в сельскохозяйственное производство региона. Исследования проведены в 2019–2023 гг. в условиях Псковской области. В полевом опыте изучали уровни минерального питания (без удобрений, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$, $N_{120}P_{120}K_{120}$), нормы высева (5 и 6 млн всхожих семян/га) и сроки посева (I и II декада мая). В среднем за годы исследований урожайность зерна полбы получена на уровне 2,2 т/га. Применение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ обеспечило рост зерновой продуктивности на 0,15 и 0,30 т/га в сравнении с контрольным вариантом при нормах высева 5 и 6 млн семян/га соответственно. Повышение дозы удобрений до $N_{90}P_{90}K_{90}$ способствовало получению прибавки к контролю 0,33–0,34 т/га зерна при нормах высева 6 и 5 млн всхожих семян/га соответственно, снижение урожайности при норме 6 млн шт/га произошло за счет образования меньшего количества продуктивных стеблей. Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{120}P_{120}K_{120}$ было малоэффективным, урожайность зерна получена на уровне варианта $N_{90}P_{90}K_{90}$. Урожайность полбяной соломы составила от 3,22 до 3,47 т/га. Анализ растительных образцов показал, что в зерне в большей мере накапливаются азот и калий, в меньшей степени – фосфор. В полбяной соломе больше всего содержится калия, промежуточное значение занимает азот, меньше всего накапливается фосфора. В среднем за годы исследований установлено, что при возделывании полбы в контроле с урожаем выносятся с 1 га 65–72 кг азота, 27–28 кг фосфора, 82–85 кг калия. Только при внесении дозы минеральных удобрений $N_{90}P_{90}K_{90}$ полностью покрывалась потребность растений полбы в азоте и калии, вынос фосфора с урожаем компенсировался меньшими дозами в варианте $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Ключевые слова: пшеница полба (*Triticum dicoccum* Schrank ex Schübl.), сроки сева, нормы высева, минеральные удобрения, урожайность, вынос, баланс

Благодарность: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2024-0001).

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

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Шайкова Т. В., Дятлова М. В., Кузьмин А. А. Влияние агротехнических факторов на продуктивность полбы в условиях Северо-Запада РФ. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2024;25(6):1009–1018.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.6.1009-1018>

Поступила: 06.09.2024

Принята к публикации: 28.11.2024

Опубликована онлайн: 25.12.2024

The influence of agronomic factors on the productivity of emmer wheat in the conditions of the North-West of the Russian Federation

© 2024. Tatiana V. Shaykova, Marina V. Dyatlova✉, Andrey A. Kuzmin

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

The article presents the results of studies on the influence of the main agricultural practices on the productivity, morphological characteristics, removal and balance of mineral nutrition elements of the Pskovityanka emmer wheat cultivar for the development of cultivation technology and subsequent introduction into agricultural production in the region. The studies were conducted in 2019–2023 in the conditions of the Pskov region. The field experiment studied the levels of mineral nutrition (without fertilizers, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$, $N_{120}P_{120}K_{120}$), seeding rates (4, 5 and 6 million viable seeds/ha) and sowing dates (first and second ten days of May). On average, over the years of research, the emmer wheat grain yield was obtained at the level of 2.2 t/ha. The application of mineral fertilizers at a dose of $N_{60}P_{60}K_{60}$ ensured the growth of grain productivity in comparison with the control variant at seeding rates of 5 and 6 million seeds/ha by 0.15 and 0.3 t/ha, respectively. Increasing the fertilizer dose to $N_{90}P_{90}K_{90}$ contributed to obtaining an increase in the control of 0.33–0.34 t/ha of grain at seeding rates of 6 and 5 million pcs/ha, respectively. Decrease in yield at the norm of 6 million pcs/ha was due to the development of a smaller number of productive stems. The application of mineral fertilizers at a dose of $N_{120}P_{120}K_{120}$ was ineffective, the grain yield was obtained at the level of the variant with $N_{90}P_{90}K_{90}$. The yield of the emmer wheat straw was from 3.22 to 3.47 t/ha. Analysis of plant samples shows that nitrogen and potassium accumulate in grain to a greater extent, phosphorus to a lesser extent. Emmer wheat straw contains the most potassium, nitrogen has an intermediate value, phosphorus is accumulated the least. On average, over the years of the research it has been established that when cultivating emmer wheat, from 65–72 kg of nitrogen, 27–28 kg of phosphorus, and 82–85 kg of potassium are removed with the yield from 1 ha with the control crop. Only when applying a dose of mineral fertilizers $N_{90}P_{90}K_{90}$ the need of emmer wheat for nitrogen and potassium is fully covered, the removal of phosphorus with the yield is compensated by smaller doses in the $N_{60}P_{60}K_{60}$ variant.

Keywords: emmer wheat (*Triticum dicoccum* Schrank ex Schübl.), sowing dates, seeding rates, mineral fertilizers, yield, removal, balance

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. FGSS-2024-0001). The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Shaykova T. V., Dyatlova M. V., Kuzmin A. A. The influence of agronomic factors on the productivity of emmer wheat in the conditions of the North-West of the Russian Federation. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2024;25(6):1009–1018. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.6.1009-1018>

Received: 06.09.2024

Accepted for publication: 28.11.2024

Published online: 25.12.2024

В Федеральной научно-технической программе развития сельского хозяйства РФ на 2017–2030 гг. отмечено, что производство зерна является стратегической отраслью, от развития которой в значительной степени зависит продовольственная безопасность страны, обеспеченность населения продуктами питания. Особо выделены задачи по увеличению производства и высева сортов зерновых культур отечественной селекции, а также сохранение и внедрение в селекционный процесс редких видов пшениц (в частности полба) для использования в производстве пищевой продукции, в том числе для диетического питания.

По данным Росстата¹, в Российской Федерации в 2024 г. зерновые и зернобобовые культуры занимали 46,127 млн га посевной площади, что составляет 57,5 % от общей площади посевов сельскохозяйственных культур. Посевы пшеницы, например, размещались на 28,506 млн га.

На 2024 г. в Государственный реестр селекционных достижений РФ внесено 7 отечественных сортов пшеницы полбы, из которых 4 рекомендованы для всех регионов возделывания. Новый сорт пшеницы полбы Псковитянка, характеризующийся содержанием белка на уровне 17,6–18,6 %, является результатом совместной работы сотрудников ФГБНУ ФНЦ ЛК ОП Псковский НИИСХ и ФГБНУ ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова»² [1].

Современная работа по селекции пшеницы полбы направлена на снижение показателя пленчатости зерна, затрудняющей обмолот, повышение белковости зерна, устойчивости растений к полеганию, адаптивности к почвенно-климатическим условиям регионов для получения высококачественного зерна для нужд крупяной и макаронной промышленности [2, 3].

Яровая пшеница полба – это уникальная крупяная культура, в зерне которой содержатся необходимые человеку витамины, микроэлементы, незаменимые аминокислоты, полиненасыщенные жирные кислоты. Включение

в рацион полбы, по мнению ученых и диетологов, способствует укреплению иммунитета человека, нормализует работу сердечно-сосудистой и нервной систем [4]. Зерно полбы, отличающееся низким содержанием клейковины, пригодно для получения продукции, предназначенной для людей, страдающих аллергией на глютен, и производства продуктов здорового питания. За счет высокого содержания белка в зерне полбы (до 20 %) полученной продукцией из нее можно восполнить дефицит белка в питании населения [5, 6].

Ценными биологическими особенностями пшеницы полбы являются скороспелость, устойчивость к полеганию, засухе, к колосовым и листовым болезням, холодостойкость [7].

Возрастающий спрос на зерно полбы обусловил направление исследований по изучению основных элементов агротехнологии возделывания культуры в почвенно-климатических условиях Северо-Западного региона для успешного внедрения пшеницы полбы сорта Псковитянка в сельскохозяйственное производство. В задачи исследований входило – определение оптимальных сроков сева, норм высева, доз минеральных удобрений для получения урожая зерна высокого качества на основе биологических признаков и свойств сорта с учетом меняющегося климата в регионе.

Учитывая особенность пшеницы полбы слабо кустится, ряд исследователей указывают на хорошую отзывчивость культуры на повышение нормы высева, которая в разных климатических условиях регионов составляет от 3,5 до 6,0 млн всхожих семян на 1 га [2, 6, 8].

Высокий фон минерального питания и сбалансированность питательных элементов является обязательным условием для получения высокого качественного урожая зерновых культур [9, 10]. Дозы и сроки внесения минеральных удобрений требуют уточнения с учетом потребности культуры и почвенно-климатических условий региона.

¹Федеральная служба государственной статистики. Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии). [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 14.08.2024).

²Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений. Патент №11372. Регистр. 12.01.2021. URL: <file:///D:/Мои%20документы/Загрузки/ПСКОВИТЯНКА.pdf>

Цель исследований – изучение влияния основных агротехнических приемов на продуктивность, морфологические признаки, вынос и баланс элементов минерального питания полбы сорта Псковитянка.

Научная новизна – впервые в условиях Псковской области (Северо-Западный регион РФ) изучено влияние норм высева, сроков посева и доз минеральных удобрений на продуктивность, морфологические признаки, вынос и баланс элементов минерального питания полбы сорта Псковитянка для получения высоких и устойчивых урожаев зерна качественного состава и введения культуры в производство.

Материал и методы. Все основополагающие аспекты агротехнологии возделывания нового сорта Псковитянка разработаны в результате научных исследований ОП Псковского НИИСХ ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» в 2019–2023 гг. в соответствии с «Методикой полевого опыта»³.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая легкосуглинистая среднекультуренная со следующими агрохимическими показателями: p_{HCl} – 5,8; содержание гумуса (по методу Тюрина) – 2,1 %; подвижного фосфора (по методу Кирсанова) – 397 мг/кг почвы; обменного калия (по методу Кирсанова) – 194 мг/кг почвы. Глубина пахотного слоя – 22 см. Предшественник – тимофеевка луговая.

Схема полевого многофакторного опыта изначально включала изучение следующих вариантов:

- уровень минерального питания:
1) без удобрений (контроль); 2) $N_{60}P_{60}K_{60}$;
3) $N_{90}P_{90}K_{90}$; 4) $N_{120}P_{120}K_{120}$;
- норма высева: 1) 5 млн всхож. семян/га;
2) 6 млн всхож. семян /га;
- срок посева при каждом уровне питания и норме высева: 1) I декада мая; 2) II декада мая.

Первый срок посева пшеницы полбы определялся при наступлении физической спелости почвы.

В последующем, после двух лет испытаний, схема опыта была сокращена до двухфакторного опыта:

Фактор А – уровень минерального питания:
1) без удобрений (контроль), 2) $N_{60}P_{60}K_{60}$,
3) $N_{90}P_{90}K_{90}$;

Фактор В – норма высева: 1) 5 млн всхож. семян/га, 2) 6 млн всхож. семян/га.

Применяли общепринятые для региона агротехнические мероприятия⁴. Минеральные удобрения вносили до посева под предпосевную культивацию в виде азофоски. Площадь опытной делянки – 25 м². Опыт заложен в 4-кратной повторности.

В исследовании проводили фенологические наблюдения, учет урожая зерна и побочной продукции, морфологический анализ растений⁵, химический анализ почвенных и растительных образцов. В растворе золы растений определяли общий азот с реактивом Несслера, фосфор – колориметрически с молибденово-кислым аммонием, калий – прямым определением на пламенном фотометре. Баланс элементов питания определяли в соответствии с методикой расчета⁶. Статистическую обработку данных проводили методом двухфакторного дисперсионного анализа⁷.

Важным моментом в формировании высокой продуктивности культуры являются погодные условия после посева в период начального роста растений. Самым теплым сложился май 2019 г., прохладная погода этого месяца отмечена в 2020 и 2022 гг. Средняя температура мая в 2021 и 2023 гг. была на уровне средней многолетней величины – 11,6 и 11,8 °С соответственно (рис.).

В среднем за 5 лет проведения исследований самыми неблагоприятными условиями для прорастания семян полбы характеризовался май 2021 г. – за месяц выпало 244,9 % осадков от климатической нормы. Ливневые дожди шли почти равномерно на протяжении всего месяца, при этом среднемесячная температура мая была на 0,4 °С ниже средних многолетних значений.

³Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1985. 416 с.

⁴Методические рекомендации по интенсивной технологии возделывания зерновых культур на Северо-Западе РСФСР. ВАСХНИЛ, Отделение по Нечернозем. зоне РСФСР, Северо-Западное науч. произв. об-е по селекции и растениеводству «Белогорка». Сост. Г. В. Семенов и др. Л., 1985. 39 с.

⁵Ещенко В. Е., Трифонова М. Ф., Копытко П. Г., Соловьев А. М., Фирсов И. П., Шевченко В. А. Основы опытного дела в растениеводстве: учебное пособие для студ. ВУЗов, обучающихся по направлению подготовки «Агрономия». М.: КолосС, 2013. 268 с.

⁶Лапа В. В., Ивахненко Н. Н., Босак В. Н., Черныш А. В., Пироговская Г. В., Михайловская Н. А. и др. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь. Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт почвоведения и агрохимии». Минск: РУП БНИВНФХ в АПК, 2007. 18 с.

⁷Доспехов Б. А. Указ. соч.

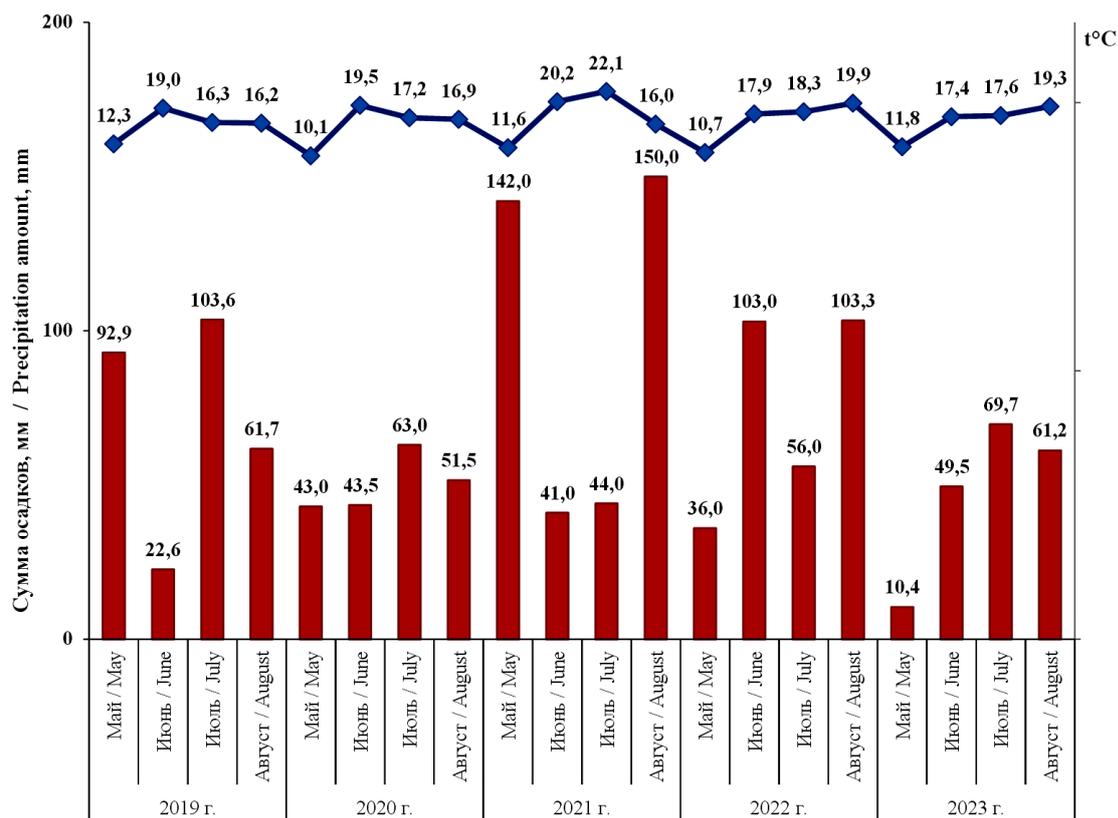


Рис. Метеоусловия вегетационных периодов за 2019–2023 гг. /
Fig. Meteorological conditions of the growing seasons for 2019–2023

Высокая влажность почвы и понижение температуры в период появления всходов до 8...10 °С оказали отрицательное воздействие на энергию прорастания семян и их всхожесть. Средняя температура воздуха в июне отмечена на 4,0 °С выше среднеголетних показателей, но острый дефицит влаги (лишь 50 % от нормы) негативно сказался на росте и развитии растений полбы. Сумма осадков за месяц составила 41 мм, а особенно засушливыми сложились II и III декады июня – 23 июня и 13 июля зафиксированы рекордно высокие температуры воздуха 35,3 и 35,7 °С. Гидротермический коэффициент (ГТК)⁸ в июне составил 0,67, июле – 0,66, что характеризует данный вегетационный период как засушливый. Сложившиеся метеоусловия этого года оказали отрицательное влияние на продуктивность полбы. В остальные годы исследований перепады температурного режима и наличие влаги в период вегетации не столь критично сказывались на росте и развитии растений полбы.

Результаты и их обсуждение. Фенологические наблюдения показали, что длительность фаз развития растений полбы определялась складывающимися в период вегетации

метеоусловиями. В 2019 г. во всех вариантах опыта при стабильном температурном режиме всходы полбы появились через 6 дней, в 2020г. – 7, 2021 – 10, 2022 и 2023 гг. – через 8 дней. Продолжительность фазы «всходы – колошение» в среднем за годы исследований при первом сроке сева полбы составила 45 дней, при втором сроке сева – 42 дня. Период вегетации культуры на всех фонах питания при первом сроке сева составил 102 дня, при втором – 100 дней. Основываясь на незначительных различиях в длительности вегетационных периодов между первым и вторым сроками сева полбы (по данным фенологических наблюдений), несущественных прибавках урожая зерна (прибавка зерна полбы при первом и втором сроках составила 1,6–1,9 ц/га при НСР₀₅ = 2,0 ц/га), был определен оптимальный срок сева в дальнейших исследованиях (начиная с 2021 года) – это период с 1 по 15 мая (в зависимости от погодных условий весны).

В ходе проведения исследований было отмечено, что изучаемые факторы – норма высева, фон минерального питания – не имели существенного влияния на сроки появления всходов.

⁸Селянинов Г. Т. О сельскохозяйственной оценке климата. Труды по сельскохозяйственной метеорологии. 1928;20:165–177.

Самые высокие показатели средней урожайности зерна полбы получены при посеве культуры с нормами высева 5 и 6 млн семян

на гектар с уровнями минерального питания $N_{90}P_{90}K_{90}$ (2019–2023 гг.) и $N_{120}P_{120}K_{120}$ (2019–2020 гг.) (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние нормы высева и уровней минерального питания на урожайность зерна полбы сорта Псковитянка /

Table 1 – The influence of seeding rate and mineral nutrition levels on grain yield of emmer wheat of the Pskovityanka cultivar

Доза удобрений (A) / Fertilizer dose (A)	Норма высева (B), млн семян/га / Seeding rate (B), million seeds/ha	Урожайность, ц/га / Yield, c/ha					Среднее, ц/га / Average, c/ha		
		2019 г. *	2020 г. *	2021 г.	2022 г.	2023 г.	урожайность / yield	прибавка / growth	
								от NPK / from the NPK	от нормы высева / from the seeding rate
Контроль (без удобрений) / Control (without fertilizers)	5	17,8	19,8	17,2	20,9	20,1	19,2	-	-
	6	19,4	20,0	17,5	19,6	16,7	18,6	-	-0,6
$N_{60}P_{60}K_{60}$	5	19,2	21,2	18,2	22,3	22,4	20,7	1,5	-
	6	21,7	22,4	18,1	22,0	23,9	21,6	3,0	0,9
$N_{90}P_{90}K_{90}$	5	23,8	22,6	18,1	24,2	24,4	22,6	3,4	-
	6	24,8	22,8	18,7	22,4	20,9	21,9	3,3	-0,7
$N_{120}P_{120}K_{120}$	5	24,3	22,8	-	-	-	23,5	-	-
	6	23,8	23,6	-	-	-	23,7	-	-
НСР ₀₅ (A), ц/га / LSD ₀₅ (A), c/ha		2,2	1,9	1,1	2,1	2,2	-	-	-
НСР ₀₅ (B), ц/га / LSD ₀₅ (B), c/ha		1,3	0,7	0,7	1,8	1,7	-	-	-
НСР(AB), ц/га / LSD ₀₅ (AB), c/ha		2,0	1,5	1,6	2,4	1,6	-	-	-
НСР част. разл., ц/га / LSD ₀₅ part. diff, c/ha		2,5	2,5	1,8	3,0	3,8	-	-	-

* Усредненные данные по двум срокам посева / * Average data for two sowing dates

Однако следует отметить, что повышение дозы минеральных удобрений до $N_{120}P_{120}K_{120}$ значительного роста урожая зерна полбы в сравнении с дозой $N_{90}P_{90}K_{90}$ не обеспечило. С 2021 г. схема опыта была изменена из-за нецелесообразности внесения высоких доз под полбу на уровне $N_{120}P_{120}K_{120}$.

Установлено, что наиболее благоприятные условия для возделывания полбы сложились в 2020, 2022 и 2023 гг. В контрольных вариантах в среднем за пять лет урожайность полбы была на уровне 18,6–19,2 ц/га. Применение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ обеспечило рост урожайности полбы как при норме высева 5, так и 6 млн семян/га. На этом фоне НРК при норме 6 млн семян прибавка составила 0,9 ц/га зерна в сравнении с более низкой нормой высева. На высоком агрофоне с увеличением доз внесения до уровня $N_{90}P_{90}K_{90}$ получены максимальные показатели урожая зерна полбы сорта Псковитянка – 21,9–22,6 ц/га,

прибавки урожая к контрольному варианту составили 3,3-3,4 ц/га. В вариантах опыта с нормой высева 6 млн семян/га отмечено снижение урожайности культуры за счет образования меньшего количества продуктивных стеблей.

Анализ урожайности зерна полбы в разрезе пяти лет показал, что в годы исследований в вариантах опыта с минеральным питанием $N_{60}P_{60}K_{60}$ прибавки зерна в сравнении с контролем были в среднем недостоверными, т. е. в пределах ошибки опыта. Значения зерновой продуктивности полбы достоверно выше контрольного варианта за все годы исследований с нормой высева 5 млн семян/га на минеральном фоне $N_{90}P_{90}K_{90}$, за исключением 2021 года (самая низкая урожайность зерна из-за неблагоприятных погодных условий).

За годы исследований урожайность побочной продукции полбы в контроле составила 28,8–30,0 ц/га. Внесение минеральных удобрений увеличивало выход полбяной соломы,

который составил по вариантам от 32,2 до 34,7 ц/га (табл. 2). Внесение минеральных удобрений в более высокой дозе N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ не привело к увеличению побочной продук-

ции в виде соломы. Значимые данные выхода полбяной соломы получены в вариантах с нормой высева 5 млн всхожих семян/га на фоне N₉₀P₉₀K₉₀ и N₆₀P₆₀K₆₀.

Таблица 2 – Урожайность соломы полбы сорта Псковитянка в зависимости от нормы высева и фона минерального питания, ц/га (в среднем за 2019–2023 гг.) /

Table 2 – Emmer wheat straw yield of the Pskovityanka cultivar depending on seeding rates and mineral nutrition background, c/ha (on average for 2019–2023)

Доза удобрений / Fertilizer dose	Норма высева, млн семян/га / Seeding rate, million seeds/ha	Урожайность / Yield	Прибавка / Growth	
			к контролю / to control	от нормы высева / from the seeding rate
Контроль (без удобрений) / Control (without fertilizers)	5	28,8	-	-
	6	30,0	-	+1,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5	33,3	+4,5	-
	6	34,7	+4,7	+1,4
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	5	33,2	+4,4	-
	6	32,2	+2,2	-1,0
НСР ₀₅ част. разл., ц/га / LSD ₀₅ , part.diff., c/ha		4,2	-	-
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ *	5	32,2	+3,4	-
	6	33,2	+3,2	+1,0
НСР ₀₅ част. разл., ц/га / LSD ₀₅ , part.diff., c/ha		3,5		

* Среднее за 2019-2020 гг. / * On average for 2019-2020

Морфологический анализ пробного снопа полбы показал, что применение минеральных удобрений в сравнении с контрольными вариантами способствовало формированию в период вегетации более высоких растений и дополнительных продуктивных стеблей на растении. При этом закладывается и формируется большее число зерен в колосе с увеличением их полно-

весности. В контроле среднее количество зерен в колосе составило 26 штук, при дозе минеральных удобрений N₆₀P₆₀K₆₀ – 27-28 штук, при N₉₀P₉₀K₉₀ сформировалось в среднем 33 зерна массой 1,1 г (табл. 3). Дальнейшее увеличение дозы до уровня N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ не оказало существенного влияния на закладку зерен в колосе, однако отмечена при уборке их щуплость и легковесность.

Таблица 3 – Элементы структуры урожая пшеницы полбы сорта Псковитянка (в среднем за 2019–2023 гг.) /

Доза удобрений / Fertilizer dose	Норма высева, млн семян/га / Seeding rate, million seeds/ha	Высота растений, см / Height of plants, cm	Количество стеблей, шт/м ² / Number of stems, pcs/m ²		Кустистость / Bushiness		Число зерен в колосе, шт / Number of grains per ear, pcs.	Масса зерна в колосе, г / Weight of grain in an ear, g
			всего / total	с колосом / with an ear of corn	общая / general	продук- тивная / productive		
Контроль (без удобрений) / Control (without fertilizers)	5	78	551	428	1,8	1,6	26	0,8
	6	77	596	427	1,9	1,7	26	0,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5	81	636	468	1,8	1,6	27	0,9
	6	79	614	491	2,0	1,7	28	1,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	5	80	606	452	1,9	1,8	33	1,1
	6	82	634	429	2,1	1,8	33	1,1
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ *	5	82	627	437	1,8	1,7	34	1,0
	6	82	654	423	2,1	1,6	33	0,9

* Среднее за 2019-2020 гг. / * Average for 2019-2020

Расчетные данные биологической урожайности полбы в среднем за 5 лет составили от 34,2 ц/га в контроле до 50,0 ц/га на фоне минеральных удобрений N₉₀P₉₀K₉₀ с нормой высева 5 млн всхожих семян/га.

Особенные свойства полбы определяются ее химическим составом. Это единственная генетически неизменённая с древних времён культура, сохранившая целебные свойства, накопленные тысячелетиями. Отмечают, что радиоактивное излучение от Чернобыльской катастрофы не отразилось на посевах полбы [11]. Полба содержит практически все питательные вещества, необходимые человеческому организму. Продукты на основе полбы можно рекомендовать для диетического питания людей с заболеванием целиакией, а также для диабетического и детского [12, 13].

Анализ растительных образцов полбы сорта Псковитянка на содержание основных элементов минерального питания в годы исследований показывает, что в зерне в большей мере накапливаются азот и калий, в меньшей степени фосфор. Нормы высева и сроки посева не оказы-

вали существенного влияния на содержание основных элементов минерального питания в разрезе определенной дозы удобрений, а минеральные удобрения в различной степени воздействовали на процессы питания культуры.

В таблице 4 приведены усредненные данные химического анализа содержания элементов минерального питания от доз вносимых удобрений по двум нормам высева. В зерне полбы содержание азота в абсолютно сухом веществе находилось в пределах от 2,66 до 3,50 %. Максимальное содержание азота в зерне отмечено при внесении дозы N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀. Каждое последующее повышение дозы внесения азотсодержащих удобрений ведет к накоплению элемента азота в зерне полбы. В полбяной соломе содержание азота составило от 0,55 % в контроле до 0,63–0,66 % при внесении высоких доз удобрений, что указывает на незначительное повышение концентрации азота от вносимых удобрений. Такая же особенность в питательном режиме культуры отмечается и в отношении фосфора как в зерне – 0,43–0,51 %, так и соломе – 0,21–0,25 %.

Таблица 4 – Влияние минерального питания на химический состав растительных образцов полбы сорта Псковитянка, % АСВ /

Table 4 – Effect of mineral nutrition on the chemical composition of plant samples spelt of the Pskovityanka variety, % absolute dry substance

Доза удобрений / Fertilizer dose	Содержание элементов / Contents of elements					
	N		P		K	
	зерно / grain	солома / straw	зерно / grain	солома / straw	зерно / grain	солома / straw
Контроль (без удобрений)* / Control (without fertilizers)	2,66	0,55	0,43	0,21	1,59	2,05
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ *	2,88	0,60	0,46	0,23	1,62	2,30
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ *	3,14	0,63	0,49	0,24	1,64	2,46
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ **	3,50	0,66	0,51	0,25	1,68	2,99
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,19	0,07	0,02	0,02	0,03	0,24

* Среднее за 2019–2023 гг., ** среднее за 2019–2020 гг. / *Average for 2019–2023, ** average for 2019–2020.

Растения полбы сорта Псковитянка в процессе вегетации накапливают большое количество калия. К уборке в зерне полбы концентрация калия составила от 1,59 до 1,68 %, накопление калия от повышенных доз минеральных удобрений было несущественным, а в полбяной соломе отмечается активное его накопление с увеличением вносимой дозы калия. Каждое последующее увеличение дозы калийсодержащего удобрения вело к повышению его содержания в соломе.

Процессы накопления элементов минерального питания в растительных образцах полбы дают возможность рассчитать их вынос с урожаем полученной продукции (табл. 5).

Значение выноса элементов питания необходимо для изучения баланса потребления растениями в период вегетации из вносимого уровня доз минерального питания, расчета дозы удобрений на планируемый урожай как отдельных культур, так и при разработке системы применения удобрений в севооборотах.

Таблица 5 – Вынос основных питательных веществ урожаем полбы сорта Псковитянка и баланс их использования из вносимых минеральных удобрений (в среднем за 2019–2023 гг.) /

Table 5 – Removal of the main nutrients by the yield of emmer wheat of the Pskovityanka cultivar and the balance of their use from applied mineral fertilizers (on average 2019-2023)

Доза удобрений / Fertilizer dose	Норма высева, млн семян/га / Seeding rate, million seeds/ha	Вынос, кг/га / Removal, kg/ha			Баланс, кг/га / Balance, kg/ha		
		N	P	K	N	P	K
Контроль (без удобрений) / Control (without fertilizers)	5	71,5	28,2	82,5	-71,5	-28,2	-82,5
	6	64,6	27,0	84,8	-64,6	-27,0	-84,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5	83,8	32,1	96,3	-23,8	+27,9	-36,3
	6	83,6	31,3	98,3	-23,6	+28,7	-38,3
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	5	92,8	35,2	97,7	-2,8	+54,8	-7,7
	6	88,1	33,5	95,7	+1,9	+56,5	-5,7
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ *	5	103,4	35,4	135,8	+16,6	+84,6	-15,8
	6	104,9	34,4	139,1	+15,1	+85,6	-19,1

*Среднее за 2019-2020 гг. / * Average for 2019-2020

В среднем за годы исследований установлено, что при возделывании полбы с урожаем в контрольных вариантах выносятся с 1 га – 65–72 кг азота, 27–28 кг фосфора, 82–85 кг калия.

Данные выноса элементов минерального питания в среднем за 2019–2023 гг. показывают, что с основным и побочным урожаем полбы больше всего выносятся калия, промежуточное положение в выносе занимает азот и меньше всего растения полбы накапливают фосфора. Внесение перед посевом повышенных доз минеральных удобрений ведет к более высоким показателям урожайности и накопления элементов минерального питания в растительной продукции, следовательно, и к их выносу. Показатели выноса по фактору «норма высева», в пределах изучаемых доз, имеют приблизительно одинаковые значения. Максимальные величины выноса азота и калия растениями полбы отмечены в вариантах с внесением минеральных удобрений в дозе N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀.

В результате исследований установлено, что в диапазоне применения доз минеральных удобрений N₆₀P₆₀K₆₀...N₉₀P₉₀K₉₀ вынос основных элементов питания с урожаем за годы исследований был практически равнозначным, а с увеличением дозы до N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ резко усиливается вынос азота и калия до показателей по азоту 103–105 кг/га, калию – до 136–139 кг/га. Величина выноса фосфора была на таком же уровне, что и при дозе P₉₀.

Отрицательный баланс элементов в питании растений ведет к снижению урожайности из-за недостаточности их поступления, что приводит к недобору урожая данной зерновой культуры и обеднению почвенного плодородия,

так как недостающее количество питательного элемента растения вынуждены потреблять из почвы. В контрольных вариантах опыта по всем элементам получен отрицательный баланс. Внесение минеральных удобрений в целом обеспечило получение положительного баланса только в отношении фосфора. Отмечено, что даже внесение фосфора в составе азофоски N₆₀P₆₀K₆₀ превышает хозяйственный вынос этого элемента на 28 кг/га. С увеличением доз внесения сложных удобрений, в состав которых входит фосфор в дозе P₁₂₀, поступление данного элемента превышает вынос на 85 кг/га. Учитывая такие особенности культуры, считаем наиболее целесообразным применять фосфорные удобрения в меньшей дозе, принимая во внимание при этом и уровень обеспеченности почвы подвижными фосфатами. Только при внесении удобрений в дозе N₉₀P₉₀K₉₀ величина выноса по азоту и калию соразмерна с поступлением этих элементов с удобрениями. Последующее увеличение дозы азофоски до N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ обеспечивает положительный баланс по азоту, фосфору, но не по калию из-за высоких показателей выноса калия с урожаем побочной продукции.

Заключение. На основании изложенного следует, что в условиях Северо-Западного региона яровая пшеница – полба сорта Псковитянка формирует свою продуктивность на уровне 22 ц/га, в определенные годы до 25 ц/га. Оптимальным сроком посева культуры в регионе является первая половина мая, норма высева – 5 млн всхожих зерен/га, предпосевное внесение минеральных удобрений в дозе N₉₀P₉₀K₉₀, с возможным снижением дозы фосфорных

удобрений при высокой фосфатной обеспеченности почв. Данные дозы в период вегетации покрывают потребность растений в питательных элементах, не оказывая негативного влияния на плодородие почвы. Применение более высокой дозы минеральных удобрений $N_{120}P_{120}K_{120}$ не оправдано – статистически значимых прибавок урожайности зерна в сравнении с вариантом

$N_{90}P_{90}K_{90}$ не получено. Только при внесении удобрений в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$ величина выноса по азоту и калию соразмерна с поступлением этих элементов с удобрениями. Последующее увеличение дозы до $N_{120}P_{120}K_{120}$ обеспечивает положительный баланс по азоту, фосфору, но не по калию, из-за высоких показателей выноса калия с урожаем побочной продукции.

Список литературы

1. Смекалова Т. Н., Кобылянский В. Д. Некоторые аспекты систематики голозерной полбы (*Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl). Хлеба будущего: геномика, генетика, селекция: сб. тез. Междунар. конф. ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова. СПб: ВИР, 2019. С. 125. DOI: <https://doi.org/10.30901/978-5-905954-99-3> EDN: KRPEGH
2. Тарасова Л. В., Рендов Н. А., Фризен Ю. В., Мозылева С. И. Продуктивность полбы в условиях южной лесостепи Западной Сибири. Вестник Омского государственного аграрного университета. 2019;(4(36)):75–81. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41801669> EDN: HMLZVV
3. Бец Ю. А., Панкрашкина И. В. Качество и пищевая ценность композитных смесей с включением полбы. Ползуновский вестник. 2021;(3):155–162. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46689784> EDN: BQIEJD
4. Зверев С. В., Политуха О. В., Стариченков А. А., Абрамов П. С. Полба и Спельта – возвращение к истокам. Хранение и переработка зерна. 2015;(6-7(194)):48–50.
5. Осокина Н. М., Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Біохімічний склад зерна пшениці полби (*Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl) залежності від генотипу. Агробіологія. 2020;(1(157)):111–119. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43808199> EDN: JUGJXW
6. Хмелева Е. В. Использование зерна полбы в технологии зернового хлеба повышенной пищевой ценности. Индустрия питания. 2023;8(1):64–73. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50400182> EDN: KCGGFW
7. Хмелева Е. В., Королев Д. Н., Пенькова Ю. В., Хмелев А. С. Химический состав и хлебопекарные свойства муки из зерна полбы (*Triticum dicoccum*). Роль молодых ученых в инновационном развитии сельского хозяйства: сб. мат.-лов Междунар. научн.-практ. конф. Орел: изд-во ГНУ ВНИИ зернобобовых и крупяных культур РАСХН, 2019. С. 162–166. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41522837> EDN: GTERSU
8. Haliniarz M., Gawęda D., Chojnacka S., Łukasz J., Nowakowicz-Dębek B., Wlazło Ł., Najda A., Różańska-Boczula M. Evaluation of the weed infestation, grain health, and productivity parameters of two spelt wheat cultivars depending on crop protection intensification and seeding densities. Agriculture. 2020;10(6):229. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10060229>
9. Энгватова И. В., Шестакова Е. О., Сторчак И. Г., Ерошенко Ф. В. Влияние элементов агротехнологии на азотное питание озимой пшеницы. Аграрный научный журнал. 2020;(12):55–58. DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i12pp55-58> EDN: RNYIFT
10. Погодина А. В., Габбасов И. И., Сафиоллин Ф. Н., Лукманов А. А., Миннуллин Г. С. Сравнительная оценка реакции различных сортов полбы на внесение расчетных норм минеральных удобрений в лесостепной зоне Среднего Поволжья. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023;18(2(70)):31–36. DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2023-31-36> EDN: NVBGID
11. Зверев С. В., Панкрагьева И. А., Политуха О. В., Чиркова Л. В., Витол И. С., Стариченков А. А. Исследование свойств полбы. Хлебопродукты. 2016;(1):66–67. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25099412> EDN: VDGNBZ
12. Темирбекова С. К., Бегеулов М. Ш., Афанасьева Ю. В., Куликов И. М., Ионова Н. Э. Адаптивный потенциал полбы голозерной в условиях второго, третьего и седьмого регионов Российской Федерации. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020;(1):34–38. DOI: <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/1/34-38> EDN: KEYVOI
13. Агапкин А. М. Особенности пищевой ценности, ассортимент и нормирование качества пшеничных круп (кус-кус, полба, булгур, фрике). Инновационная наука. 2021;(3):48–51. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44803309> EDN: AKRHKT

References

1. Smekalova T. N., Kobylyanskiy V. D. Some aspects of the taxonomy of naked emmer wheat (*Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl). Bread of the future: genomics, genetics, breeding: collection of articles. International Conference FITZ All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N. I. Vavilov. Saint-Petersburg: VIR, 2019. p. 125. DOI: <https://doi.org/10.30901/978-5-905954-99-3>

2. Tarasova L. V., Rendov N. A., Frizen Yu. V., Mozyleva S. I. Production efficiency of farro under the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Vestnik of Omsk SAU. 2019;(4(36)):75–81. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41801669>
3. Bets Yu. A., Pankrashkina I. V. Quality and nutritional value of composite mixtures including spelt wheat. *Polzunovskiy vestnik*. 2021;(3):155–162. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46689784>
4. Zverev S. V., Politukha O. V., Starichenkov A. A., Abramov P. S. Emmer wheat and spelt – back to basics. *Khranenie i pererabotka zerna*. 2015;(6-7(194)):48–50. (In Russ.).
5. Osokina N. M., Lyubich V. V., Novikov V. V., Leshchenko I. A. Biochemical composition of emmer wheat (*Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl) grain depending on the variety. *Agrobiologiya*. 2020;(1(157)):111–119. (In Ukraine). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43808199>
6. Khmeleva E. V. Spelt grain use in the technology of grain bread of increased nutritional value. *Industriya pitaniya* = Food Industry. 2023;8(1):64–73. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50400182>
7. Khmeleva E. V., Korolev D. N., Penkova Yu. V., Khmelev A. S. Chemical composition and baking properties of emmer wheat grain flour (*Triticum dicoccum*). The role of young scientists in the innovative development of agriculture: Proceedings of the International Scientific-practical conf. Orel: izd-vo GNU VNII zernobobovykh i krupyanykh kul'tur RASKhN, 2019. pp. 162–166. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41522837>
8. Haliniarz M., Gawęda D., Chojnacka S., Łukasz J., Nowakowicz-Dębek B., Wlazło Ł., Najda A., Różańska-Boczula M. Evaluation of the weed infestation, grain health, and productivity parameters of two spelt wheat cultivars depending on crop protection intensification and seeding densities. *Agriculture*. 2020;10(6):229. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10060229>
9. Engovatova I. V., Shestakova E. O., Storchak I. G., Eroshenko F. V. Influence of agricultural technology elements on nitrogen nutrition of winter wheat. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* = The Agrarian Scientific Journal. 2020;(12):55–58. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i12pp55-58>
10. Pogodina A. V., Gabbasov I. I., Safiollin F. N., Lukmanov A. A., Minnullin G. S. Comparative evaluation of the reaction of different varieties of spelt to the introduction of designed norms of mineral fertilizers in the forest-steppe zone of the Middle Volga region. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Vestnik of the Kazan State Agrarian University. 2023;18(2(70)):31–36. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2023-31-36>
11. Zverev S. V., Pankrat'eva I. A., Politukha O. V., Chirkova L. V., Vitol I. S., Starichenkov A. A. Investigation of the properties of emmer wheat. *Khleboprodukt*. 2016;(1):66–67. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25099412>
12. Temirbekova S. K., Begeulov M. Sh., Afanaseva Yu. V., Kulikov I. M., Ionova N. E. Adaptive capacity of einkorn huskless in the second, third and seventh Russian Federation regions. *Vestnik rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki* = Vestnik of the Russian agricultural science. 2020;(1):34–38. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/1/34-38>
13. Agapkin A. M. Features of nutritional value, assortment and rationing of the quality of wheat cereals (couscous, emmer wheat, bulgur, frike). *Innovatsionnaya nauka*. 2021;(3):48–51. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44803309>

Сведения об авторах

Шайкова Татьяна Васильевна, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией агротехнологий, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», Комсомольский пр-т, д. 17/56, Тверь, 170041, Российская Федерация, e-mail: info@fncl.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7309-5328>

✉ **Дятлова Марина Владимировна**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агротехнологий, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», Комсомольский пр-т, д. 17/56, Тверь, 170041, Российская Федерация, e-mail: info@fncl.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4651-1263>, e-mail: m.dyatlova.psk@fncl.ru

Кузьмин Андрей Андреевич, старший научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», Комсомольский пр-т, д. 17/56, Тверь, 170041, Российская Федерация, e-mail: info@fncl.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6675-3537>

Information about the authors

Tatiana V. Shaykova, PhD in Agricultural Science, leading researcher, the Laboratory of Agricultural Technologies, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 17/56, Komsomolskiy Prospekt, Tver, 170041, Russian Federation, e-mail: info@fncl.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7309-5328>

✉ **Marina V. Dyatlova**, PhD in Agricultural Science, leading researcher, the Laboratory of Agricultural Technologies, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 17/56, Komsomolskiy Prospekt, Tver, 170041, Russian Federation, e-mail: info@fncl.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4651-1263>, e-mail: m.dyatlova.psk@fncl.ru

Andrey A. Kuzmin, senior researcher, the Laboratory of Breeding Technologies, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 17/56, Komsomolskiy Prospekt, Tver, 170041, Russian Federation, e-mail: info@fncl.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6675-3537>

✉ – Для контактов / Corresponding author