



Эффективность возделывания люцерны изменчивой и костреца безостого в чистом виде и смешанных посевах

© 2023. О. А. Тимошкин ✉

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

Разработка элементов технологии возделывания многолетних люцерно-кострецовых смесей способствует формированию высокопродуктивных агроценозов, снижению себестоимости кормовой массы. В 2017-2022 гг. в условиях Пензенской области изучали влияние норм высева люцерны изменчивой сорта Дарья и костреца безостого Удалец в чистых и смешанных посевах, уровня минерального питания и сроков уборки зеленой массы на экономическую и энергетическую эффективность возделывания. Вегетационные периоды 2017-2021 гг. характеризовались засушливыми условиями (ГТК = 0,4-0,8), 2022 г. – нормальным увлажнением (ГТК = 1,0). Расчет себестоимости продукции показал преимущество нормы высева люцерны и костреца 70+40 %, внесения $N_{45}P_{60}K_{90}$ и уборки в раннюю фазу – себестоимость 1 т корм. ед. составила 2,36 тыс. руб., в варианте без удобрений при этой норме высева себестоимость была на 6,8 % выше – 2,52 тыс. руб. Уровень рентабельности люцерно-кострецовых смесей при возделывании на зеленую массу составил по вариантам – 161-238 %. Более высокие показатели получили в вариантах с нормой высева 70+40 %, внесении $N_{45}P_{60}K_{90}$ при уборке как в фазу бутонизации, так и переменном скашивании – 235-238 %. Энергетическая себестоимость 1 т корм. ед. при норме высева 70+40 % составила 1,51-1,96 ГДж (в зависимости от срока скашивания), снижение нормы высева люцерны до 40 % повысило себестоимость 1 т корм. ед. до 1,74-2,20 ГДж. Применение минеральных удобрений увеличило себестоимость 1 т корм. ед. при внесении $P_{60}K_{90}$ на 0,02-0,06 ГДж, при внесении $N_{45}P_{60}K_{90}$ – на 0,29-0,36 ГДж. Проведение уборки в раннюю фазу энергетически выгодно – себестоимость 1 т корм. ед. получена ниже на 0,08-0,15 ГДж, чем при уборке в фазу «цветение». При высокой норме высева люцерны и низкой норме высева костреца (70+40 %) получен максимальный коэффициент энергетической эффективности (КЭЭ) – 5,2-7,1 (в зависимости от фона питания и срока скашивания). Со снижением нормы высева люцерны с 70 до 40 % отмечено снижение КЭЭ до 4,5-6,1. Внесение минеральных удобрений в дозе $P_{60}K_{90}$ значительно уменьшило показатели КЭЭ – с 5,8-7,1 до 5,5-6,7 и до 4,3-5,3 – в дозе $N_{45}P_{60}K_{90}$. При раннем сроке уборки (фаза «бутонизация») КЭЭ был немного выше – 4,7-7,1, чем при позднем (фаза «цветение») – 4,5-6,8.

Ключевые слова: кормопроизводство, *Medicago x varia* Martyn, *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub, нормы высева, срок уборки, минеральные удобрения, эффективность возделывания

Благодарность: Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (№ FGSS-2022-0008).

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Тимошкин О. А. Эффективность возделывания люцерны и костреца в смешанных посевах. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023;24(2):276-285. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.2.276-285>

Поступила: 22.02.2023

Принята к публикации: 31.03.2023

Опубликована онлайн: 25.04.2023

Efficiency of cultivation of variegated alfalfa and awnless brome in pure form and in mixed sowings

© 2023. Oleg A. Timoshkin ✉

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

The development of technology elements for the cultivation of perennial alfalfa-brome mixtures contributes to the formation of highly productive agroecosystems and reduce the cost of fodder mass. In 2017-2022, in the conditions of the Penza region, there has been studied the effect of seeding rates of alfalfa variegated of Daria variety and awnless brome Udalets in pure and mixed sowings, the level of mineral nutrition and the time of harvesting green mass on the economic and energy efficiency of cultivation. Growing seasons of 2017-2021 were characterized by dry conditions (HTC = 0.4-0.8), of 2022 – by normal moisture (HTC = 1.0). The calculation of the cost of production showed the advantage of the seeding rate of alfalfa and brome 70+40 %, the introduction of $N_{45}P_{60}K_{90}$ and harvesting in the early phase - the cost of 1 ton of feed units amounted to 2.36 thousand rubles, in the variant without fertilizers at this seeding rate, the cost was 6.8 % higher – 2.52 thousand rubles. The level of profitability of alfalfa-brome mixtures when cultivated for green mass was at a high level and amounted to 161-238 % according to the variants. Higher rates were obtained in variants with a seeding rate of 70+40 %, the introduction of $N_{45}P_{60}K_{90}$ during harvesting both in the budding phase and variable mowing – 235-238 %. Cost of 1 ton feed units at a seeding rate of 70+40 % was 1.51-1.96 GJ (depending on the mowing period), a decrease in the seeding rate of alfalfa to 40 % increased the cost of 1 ton of feed units up to 1.74-2.20 GJ. The use of mineral fertilizers increased the cost of 1 ton of feed units when applying $P_{60}K_{90}$ by 0.02-0.06 GJ, and when introducing $N_{45}P_{60}K_{90}$ by 0.29-0.36 GJ. The early phase of harvesting

was energetically favorable – the cost of 1 ton of feed units was lower than when harvesting in the flowering phase by 0.08-0.15 GJ. With a high seeding rate of alfalfa and a low seeding rate of brome (70+40 %), the maximum energy efficiency coefficient (EEC) was obtained – 5.2-7.1 (depending on the background of nutrition and the mowing period). With a decrease in the seeding rate of alfalfa from 70 to 40 %, a decrease in the EEC to 4.5-6.1 was noted. The application of mineral fertilizers significantly reduced the EEC indicators – from 5.8-7.1 to 5.5-6.7 with the application of P₆₀K₉₀ and to 4.3-5.3 with the application of N₄₅P₆₀K₉₀. At an early harvesting time (budding phase), the EEC was slightly higher – 4.7-7.1, than at a late harvesting time (flowering phase) – 4.5-6.8.

Keywords: fodder production, *Medicago x varia* Martyn, *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, seeding rates, harvesting time, mineral fertilizers, efficiency of cultivation

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-2022-0008). The author thank the reviewers for their contributions to the expert evaluation of this work.

Conflicts of interest: the author stated that there was no conflict of interest.

For citation: Timoshkin O. A. Efficiency of cultivation of variegated alfalfa and awnless brome in pure form and in mixed sowings. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2023;24(2):276-285. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.2.276-285>

Received: 22.02.2023

Accepted for publication: 31.03.2023

Published online: 25.04.2025

Кормопроизводство в современных условиях интенсификации животноводства и необходимости снижения себестоимости производства молока и мясной продукции приобретает ведущее значение. Кормовые агрофитоценозы многофункциональны – обеспечивают получение разнообразных кормов для животных, способствуют повышению плодородия почв, обогащают их гумусом и азотом, улучшают структуру почвы, снижают ее кислотность, нормализуют водный режим, улучшают экологическую и фитосанитарную обстановку, повышают устойчивость и рентабельность сельского хозяйства [1, 2].

В структуре затрат на производство животноводческой продукции 50-60 % и более составляют корма. Сокращение затрат на корма в 2-3 раза и более позволит повысить рентабельность животноводства в 1,5-2 раза [3]. Решение этой задачи основано на производстве высококачественных объемистых кормов с содержанием 10,5-11,0 МДж обменной энергии и 18-23 % сырого протеина в сухом веществе. Таким требованиям вполне удовлетворяют корма из многолетних бобово-мятликовых смесей [4, 5, 6].

В условиях лесостепи Среднего Поволжья основными многолетними травами, используемыми для создания высокопродуктивных сенокосов и для получения зеленой массы, являются люцерна изменчивая (*Medicago x varia* Mart.) и кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub) [7, 8]. Их совместное возделывание обеспечивает получение высоких урожаев зеленой массы – 25-30 т/га и более.

Эти культуры имеют различное строение листьев и по-разному размещены в пространстве, что создает благоприятные условия освещения травостоя и повышает фотосинтетическую деятельность растений. Корневые системы люцерны и костреца в смесях располагаются в слоях почвы, что позволяет полнее использовать почвенные ресурсы и свести к минимуму отрицательное воздействие органических выделений одного вида растений на другой. Более того, в данной смеси имеет место взаимное обогащение питательными веществами. Химический состав смесей по фазам развития изменяется значительно меньше, чем у мятликовых культур в одновидовых посевах. Благодаря этому высокое кормовое качество урожая смеси сохраняется дольше, чем качество урожая одновидовых мятликовых [9, 10, 11].

Использованию смешанных агрофитоценозов, в основу которых положен принцип комплементарности, т. е. способности разных видов избегать агрессивной конкуренции и даже дополнять друг друга, в настоящее время уделяется все большее внимание [12]. Мятликовые многолетние травы в смеси с бобовыми часто являются агрессивными и вытесняют последние из травостоя. Однако с помощью агротехнических факторов (например – норм высева компонентов, доз удобрений, сроков скашивания травостоя и т. п.) возможно регулировать конкуренцию мятликовых трав в смесях с бобовыми и на протяжении нескольких лет получать корма с высокой питательностью и низкой себестоимостью

[13, 14, 15]. Применяя соответствующую агротехнику возделывания бобово-мятликовых смесей, можно создавать агрофитоценозы с оптимальным соотношением входящих в смесь компонентов. В связи с этим, в 2017-2022 гг. были проведены исследования по формированию высокопродуктивных агрофитоценозов на основе люцерны изменчивой и костреца безостого и оценке эффективности их возделывания.

Цель исследований – оценить экономическую и энергетическую эффективность возделывания люцерны изменчивой и костреца безостого в чистом виде и смешанных посевах в зависимости от состава травосмеси, уровня минерального питания и сроков уборки на зелёную массу в условиях Пензенской области.

Научная новизна – применительно к почвенно-климатическим условиям лесостепи Среднего Поволжья разработаны и экспериментально подтверждены приемы создания высокопродуктивных, энергетически и экономически эффективных агрофитоценозов на основе люцерны изменчивой и костреца безостого.

Материал и методы. Экспериментальную работу проводили в 2017-2022 гг. на опытном поле лаборатории агротехнологий Пензенского НИИСХ – обособленного подразделения ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур». Научные исследования выполняли в трехфакторном полевом опыте (три закладки в 2017-2019 гг.).

Фактор А – норма высева люцерны и костреца в чистых посевах и смесях (% от нормы высева семян культуры в чистом виде):

1. Люцерна – 100 %. 2. Кострец – 100 %.
3. Люцерна + кострец – 70+40 %.
4. Люцерна + кострец – 55+55 %.
5. Люцерна + кострец – 40+70 %.

Фактор В – уровень применения минеральных удобрений:

1. Контроль (без удобрений).
2. P₆₀K₆₀. 3. N₄₅P₆₀K₆₀.

Фактор С – Срок уборки травосмесей (фаза развития люцерны):

1. Бутонизация. 2. Переменный (1-й г. п. – цветение, 2-й г. п. – бутонизация, 3-й г. п. – цветение). 3. Цветение.

Площадь делянки 3-го порядка 5 м², 2-го порядка – 15 м², 1-го порядка – 45 м², повторность 4-кратная. За контрольный вариант принят посев люцерны в чистом виде без внесения удобрений и уборке в фазу «начало цветения». Норма высева в чистом виде люцерны и костреца безостого – 6 млн всхожих семян на 1 га, в смешанных посевах – согласно схеме опыта. Способ посева – рядовой (размещение культур – черезрядное). Посев – летний (июнь), беспокровный. В исследованиях использовали сорт люцерны изменчивой Дарья (внесен в Госреестр по 4, 5, 7 регионам РФ) и костреца безостого Удалец (внесен в Госреестр по 5, 7 регионам РФ). Удобрения вносили под ранневесеннее боронование.

Закладку полевых опытов, сопутствующие наблюдения, учеты проводили в соответствии с общепринятыми методиками¹. Экономическую эффективность рассчитывали по технологическим картам с использованием типовых норм², агроэнергетическую оценку – в соответствии с методическими рекомендациями³.

Почва опытного участка – чернозём выщелоченный среднесуглинистый. Содержание гумуса в пахотном слое 6,2-6,3 % (по Тюрину в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26213-91), рН_{кол} – 5,4-5,5 (потенциметрически, ГОСТ 26483-85), высокое содержание легкогидролизуемого азота – 82-91 мг/кг (по Тюрину и Кононовой, ГОСТ 26951-86), повышенное содержание подвижного фосфора (по Чирикову, ГОСТ 26204-91) – 156-162 мг, обменного калия (по Масловой, ГОСТ 26210-91) – 132-138 мг на 1 кг почвы.

Вегетационные периоды 2017-2021 гг. характеризовались засушливыми условиями (ГТК = 0,4-0,8), 2022 г. – нормальным увлажнением (ГТК = 1,0) при значительных различиях по месяцам и декадам (табл. 1).

¹Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов.

М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.; Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. Под ред. Новоселова Ю. К. и др. М.: ВИК, 1987. 198 с.

²Методика экономической оценки технологий и машин в сельском хозяйстве. М.: ВНИИЭСХ, 2010. 146 с.; Методическое пособие по агроэнергетической и экономической оценке технологий и систем кормопроизводства. Б. П. Михайличенко, А. А. Кутузова и др. М., 1995. 175 с.

³Методические рекомендации по определению годового экономического эффекта от использования результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в агропромышленном комплексе. Г. А. Полунин, А. В. Гарист, Р. И. Князева. М.: АНО «НИЦПО», 2007. 32 с

Таблица 1 – Гидротермический коэффициент (ГТК) и количество осадков по месяцам в период вегетации многолетних трав (2017-2022 гг.) /

Table 1 – Hydrothermal coefficient (HTC) and amount of precipitation by months during the growing season of perennial herbs (2017-2022)

<i>Год / Year</i>	<i>Май / May</i>	<i>Июнь / June</i>	<i>Июль / July</i>	<i>Август / August</i>	<i>Сентябрь / September</i>	<i>Май-сентябрь / May-September</i>
ГТК (по Селянинову) / HTC (according to Selyaninov)						
2017	1,2	0,3	0,8	0,7	0,6	0,7
2018	0,4	0,1	0,5	0,2	0,8	0,4
2019	0,6	0,7	0,8	0,7	1,0	0,7
2020	0,8	0,8	0,5	1,3	0,3	0,8
2021	0,4	1,0	0,8	1,0	1,2	0,8
2022	1,4	1,1	1,5	0	2,7	1,0
Среднегодовое / Long-time average annual	1,0	1,0	1,1	0,9	1,3	1,0
Количество осадков, мм / Precipitation, mm						
2017	72	16	58	6	42	194
2018	18	7	33	11	36	105
2019	28	41	42	33	44	188
2020	49	47	33	69	11	209
2021	19	72	54	67	42	254
2022	46	56	93	0	97	292
Среднегодовое / Long-time average annual	44	53	63	49	46	255

Количество осадков за период «май-сентябрь» в 2017 г. составило 194 мм, в 2018 г. – 105 мм, в 2019 г. – 188 мм, в 2020 г. – 209 мм, в 2021 г. – 254 мм, в 2022 г. – 292 мм при среднемноголетнем показателе – 255 мм. Недостаток осадков в мае 2018, 2019, 2021 гг., а также в июне 2018 г. (после проведения 1-го укоса) не способствовал эффективному использованию ранневесенней подкормки минеральными удобрениями, прибавка от удобрений была невысокой.

Результаты и их обсуждение. Одним из важнейших показателей при оценке приемов формирования посевов сельскохозяйственных культур является их экономическая эффективность. При возделывании кормовых культур, кроме сбора с 1 га зеленой массы, большое значение имеет определение экономических показателей, основными из которых являются затраты на производство единицы продукции, условно чистый доход, себестоимость 1 т продукции, уровень рентабельности и окупаемость затрат. Анализ и оценка этих показателей позволяет получить необходимые данные по экономической эффективности результатов исследований.

Анализ экономических показателей возделывания люцерны и костреца в чистых посевах и смесях, проведенный в среднем за год закладки посевов и трех лет пользования, показал ее высокую эффективность (табл. 2). В сумме за год закладки травостоя и в первый год пользования затраты по возделыванию изучаемых культур на сено по вариантам составили 33,87-43,53 тыс. руб/га. Разница по вариантам зависела в основном от стоимости минеральных удобрений и незначительно от нормы высева семян. На 2-3-й годы пользования затраты составляли от 10,6 до 20,3 тыс. руб/га, причем минимальный показатель затрат получен в контроле (без внесения удобрений), максимальный – при внесении N₄₅P₆₀K₉₀. В среднем за 1-й год жизни и 3 года пользования затраты составили 18,44-21,11 тыс. руб/га. Более высокими затратами отличались варианты с ежегодным применением минеральных удобрений. Расчет средств, полученных с урожаем, проведен по выходу кормовых единиц с 1 га и цене реализации 1 т фуражного зерна овса, сложившейся в среднем за 2018-2022 г. – 8000 руб.

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: КОРМОПРОИЗВОДСТВО: ПОЛЕВОЕ И ЛУГОВОЕ / ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: FODDER PRODUCTION: FIELD AND MEADOW

Таблица 2 – Экономическая эффективность возделывания люцерны сорта Дарья и кострца сорта Удалец в чистом виде и смешанных посевах на зеленую массу, в среднем за 4 года жизни (2017-2022 гг.) / Table 2 – Economic efficiency of cultivation of alfalfa variety Daria and brome variety Udalets in pure form and in mixed sowings for green mass, on average for 4 years of life (2017-2022)

Норма высева (фактор А) / Seeding rate (factor A)	Уровень питания (фактор В) / Level of nutrition (factor B)	Затраты, тыс. руб./га / Costs, thousand rubles/ha	Стоимость полученной продукции с 1 га, тыс. руб. / Received with the harvest, thousand rubles	Себестоимость 1 т корм. ед., тыс. руб. / Cost price, thousand rubles/t fodder units	Условный чистый доход, тыс. руб./га / Conditional net income, thousand rubles/ha	Рентабельность, % / Profitability, %
Фактор С (срок уборки) – фаза «бутонизация» люцерны / Factor C (mowing time) – budding of alfalfa						
Люцерна / Alfalfa 100 %	Контроль / Control	18,44	55,87	2,64	37,43	203
	P ₆₀ K ₉₀	20,35	62,69	2,60	42,35	208
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	20,85	70,24	2,38	49,39	237
Кострец / Brome 100 %	Контроль / Control	18,62	43,01	3,46	24,40	131
	P ₆₀ K ₉₀	20,53	47,55	3,45	27,02	132
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	21,03	61,49	2,74	40,46	192
Люцерна 70 % + кострец 40 % / Alfalfa 70 % + brome 40 %	Контроль / Control	18,64	59,25	2,52	40,62	218
	P ₆₀ K ₉₀	20,54	64,91	2,53	44,36	216
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	21,05	71,23	2,36	50,18	238
Люцерна 55 % + кострец 55 % / Alfalfa 55 % + brome 55 %	Контроль / Control	18,66	56,11	2,66	37,44	201
	P ₆₀ K ₉₀	20,57	61,49	2,68	40,92	199
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	21,08	68,11	2,48	47,03	223
Люцерна 40 % + кострец 70 % / Alfalfa 40 % + brome 70 %	Контроль / Control	18,69	52,00	2,88	33,31	178
	P ₆₀ K ₉₀	20,60	58,11	2,84	37,51	182
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	21,11	65,25	2,59	44,15	209
Переменный* / Variable						
Люцерна / Alfalfa 100%	Контроль / Control	18,44	57,31	2,57	38,87	211
	P ₆₀ K ₉₀	20,35	63,55	2,56	43,20	212
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	20,85	71,89	2,32	51,04	245
Кострец / Brome 100%	Контроль / Control	18,62	44,29	3,36	25,68	138
	P ₆₀ K ₉₀	20,53	48,99	3,35	28,46	139
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	21,03	61,44	2,74	40,41	192
Люцерна 70 % + кострец 40 % / Alfalfa 70 % + brome 40 %	Контроль / Control	18,64	57,01	2,61	38,38	206
	P ₆₀ K ₉₀	20,54	62,69	2,62	42,15	205
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	21,05	70,53	2,39	49,48	235
Люцерна 55 % + кострец 55 % / Alfalfa 55 % + brome 55 %	Контроль / Control	18,66	53,81	2,77	35,15	188
	P ₆₀ K ₉₀	20,57	59,07	2,79	38,50	187
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	21,08	65,87	2,56	44,79	212
Люцерна 40 % + кострец 70 % / Alfalfa 40 % + brome 70 %	Контроль / Control	18,69	50,05	2,99	31,36	168
	P ₆₀ K ₉₀	20,60	55,76	2,96	35,16	171
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	21,11	62,32	2,71	41,21	195
Фаза «цветение» люцерны / Bloom of alfalfa						
Люцерна / Alfalfa 100%	Контроль / Control	18,44	55,95	2,64	37,51	203
	P ₆₀ K ₉₀	20,35	62,29	2,61	41,95	206
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	20,85	68,48	2,44	47,63	228
Кострец / Brome 100%	Контроль / Control	18,62	41,31	3,61	22,69	122
	P ₆₀ K ₉₀	20,53	45,23	3,63	24,70	120
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	21,03	58,19	2,89	37,15	177
Люцерна 70 % + кострец 40 % / Alfalfa 70 % + brome 40 %	Контроль / Control	18,64	56,37	2,64	37,74	202
	P ₆₀ K ₉₀	20,54	61,15	2,69	40,60	198
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	21,05	67,89	2,48	46,84	223
Люцерна 55 % + кострец 55 % / Alfalfa 55 % + brome 55 %	Контроль / Control	18,66	52,08	2,87	33,42	179
	P ₆₀ K ₉₀	20,57	56,75	2,90	36,18	176
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	21,08	63,49	2,66	42,42	201
Люцерна 40 % + кострец 70 % / Alfalfa 40 % + brome 70 %	Контроль / Control	18,69	48,75	3,07	30,06	161
	P ₆₀ K ₉₀	20,60	53,76	3,07	33,16	161
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	21,11	60,69	2,78	39,59	188

*1 г.п. – цветение; 2 г.п. – бутонизация; 3 г.п. – цветение люцерны /

*the first year of use – flowering; the second year of use – budding; the third year of use – flowering of alfalfa

С урожаем кормовой массы смесей в среднем за 3 года пользования при скашивании смесей в фазу «бутонизация» получено 52,00-71,23 тыс. руб/га, при переменном – 50,05-70,53 тыс. руб/га, при скашивании в фазу «цветение» – 48,75-67,89 тыс. руб/га. Более высокие показатели получили при внесении минеральных удобрений и норме высева 70+40 %.

Расчет себестоимости продукции показал преимущество нормы высева люцерны и кострца 70+40 %, внесения $N_{45}P_{60}K_{90}$ и уборки в раннюю фазу – себестоимость 1 т корм. ед. составила 2,36 тыс. руб., в контрольном варианте при этой норме высева себестоимость была на 6,8 % выше – 2,52 тыс. руб. При норме высева 55+55 % себестоимость по сравнению с нормой 70+40 % была выше на 5,1-5,5 %, при норме 40+70 % – на 9,7-14,3 %.

Внесение $P_{60}K_{90}$ увеличивало в среднем за годы пользования выход кормовых единиц с 1 га и соответственно сумму полученной от реализации продукции, но затраты на удобрения и их внесение были существенными, что повысило себестоимость продукции при нормах высева 70+40 % и 55+55 % на 0,01-0,02 тыс. руб/т корм. ед., при норме высева 40+70 % и внесении $P_{60}K_{90}$ себестоимость 1 т корм. ед. получена на уровне контроля или снизилась на 0,04 тыс. руб.

Внесение $N_{45}P_{60}K_{90}$ обеспечило в среднем за годы пользования существенную прибавку урожайности зеленой массы и сбора кормовых единиц с 1 га, что привело во всех вариантах применяемых норм высева и сроков скашивания к снижению себестоимости 1 т корм. ед.

Условный чистый доход определяют как разницу между стоимостью продукции и прямыми затратами на ее получение. Чистый доход рассчитывается обычно на единицу кормов или на единицу площади посева кормовых культур. В исследованиях условный чистый доход в среднем за годы пользования смесями составил по вариантам скашивания 33,31-50,18 тыс. руб/га (фаза «бутонизации»), 31,36-49,48 тыс. руб. (переменном), 30,06-46,84 тыс. руб/га (фаза «цветения»).

Преимущество по сумме условного чистого дохода (40,62-50,18 тыс. руб/га) достигнуто при норме высева 70+40 % и скашивании в фазу «бутонизация», при норме 55+55 %

снизился на 3 тыс. руб. (37,44-47,03 тыс. руб/га), при норме высева 40+70 % – на 3-4 тыс. руб. (33,31-44,15 тыс. руб/га). При переменном скашивании и в фазу «цветение» условный чистый доход был меньше на 1,0-4,8 тыс. руб/га.

Степень эффективности производства кормов выражается уровнем рентабельности, который определяется отношением чистого дохода (прибыли) к производственным затратам на корма (себестоимости). Уровень рентабельности люцерно-кострецовых смесей при возделывании на зеленую массу при скашивании в фазу «бутонизация» составил 178-238 %, при переменном – 168-235 % и 161-223 % при скашивании в фазу «цветение». Высокие показатели уровня рентабельности получили в вариантах с нормой высева 70+40 %, внесении $N_{45}P_{60}K_{90}$ при уборке в фазу «бутонизация» и при переменном скашивании – 235-238 %.

В целом можно констатировать, что возделывание многолетних люцерно-кострецовых смесей на зеленую массу экономически эффективно.

В чистых посевах люцерны показатели производственных затрат, стоимость продукции, себестоимость продукции, условный чистый доход и уровень рентабельности были на уровне или несколько ниже по сравнению со смешанными посевами – 18,44-20,85 тыс. руб/га, 55,87-71,89 тыс. руб/га, 2,32-2,64 тыс. руб/т корм. ед., 37,43-51,04 тыс. руб/га, 203-245 % соответственно.

Чистые посева кострца значительно уступали посевам люцерны и смесям по показателям экономической эффективности. При практически равных затратах на производство (18,62-20,53 тыс. руб/га) стоимость полученной продукции ниже, чем в чистых посевах люцерны и смесях – 41,31-61,49 тыс. руб/га, что способствовало увеличению себестоимости продукции до 2,74-3,63 тыс. руб/ т корм. ед., снижению условного чистого дохода до 22,69-40,46 тыс. руб/га и уровня рентабельности до 122-192 %.

Многолетние люцерно-кострецовые смеси обеспечивают в условиях лесостепи Среднего Поволжья высокое и стабильное накопление обменной энергии, что в сочетании с низкими энергозатратами на производство дает высокий агроэнергетический эффект. Затраты энергии на производство 1 т корм. ед. составляют 1,51-2,20 ГДж (табл. 3).

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: КОРМОПРОИЗВОДСТВО: ПОЛЕВОЕ И ЛУГОВОЕ / ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: FODDER PRODUCTION: FIELD AND MEADOW

Таблица 3 – Энергетическая эффективность возделывания люцерны сорта Дарья и костреца сорта Удалец в чистом виде и смесях, в среднем за 4 года жизни (2017-2020 гг.) / Table 3 – Energy efficiency of cultivation of alfalfa variety Daria and brome variety Udalets in pure form and mixtures, on average over 4 years of life (2017-2020)

Норма высева (фактор А) / Seeding rate (factor A)	Уровень питания (фактор В) / Level of nutrition (factor B)	Затрачено энергии в среднем за 4 года, ГДж/га / Energy spent on average over 4 years, GJ/ha	Получено энергии в среднем за 3 г. п., ГДж/га / Energy received on average over 3 years of use, GJ/ha	Энергетическая себестоимость 1 т корм. ед., ГДж / Energy cost of 1 ton feed. units, GJ	Чистый энергетический доход, ГДж/га / Net energy income, GJ/ha	КЭЭ* / EEC
Фактор С (срок уборки) – фаза «бутонизация» люцерны / Factor C (mowing time) – budding of alfalfa						
Люцерна / Alfalfa 100%	Контроль / Control	11,1	84,5	1,58	73,4	6,6
	P ₆₀ K ₉₀	12,6	93,8	1,60	81,2	6,5
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	16,5	103,3	1,88	86,8	5,3
Кострец / Brome 100%	Контроль / Control	11,3	67,6	2,10	56,3	5,0
	P ₆₀ K ₉₀	12,8	73,5	2,16	60,7	4,7
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	16,7	91,0	2,18	74,3	4,4
Люцерна 70 % + кострец 40 % / Alfalfa 70 % + brome 40 %	Контроль / Control	11,2	90,6	1,51	79,4	7,1
	P ₆₀ K ₉₀	12,7	98,2	1,57	85,5	6,7
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	16,6	105,5	1,87	88,9	5,3
Люцерна 55 % + кострец 55 % / Alfalfa 55 % + brome 55 %	Контроль / Control	11,3	86,1	1,61	74,8	6,6
	P ₆₀ K ₉₀	12,8	93,4	1,66	80,6	6,3
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	16,7	101,0	1,96	84,3	5,1
Люцерна 40 % + кострец 70 % / Alfalfa 40 % + brome 70 %	Контроль / Control	11,3	80,1	1,74	68,8	6,1
	P ₆₀ K ₉₀	12,8	88,7	1,76	75,9	5,9
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	16,7	96,8	2,05	80,1	4,7
Переменный* / Variable						
Люцерна / Alfalfa 100%	Контроль / Control	11,1	87,0	1,54	75,9	6,9
	P ₆₀ K ₉₀	12,6	95,5	1,58	82,9	6,6
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	16,5	105,4	1,83	88,9	5,4
Кострец / Brome 100%	Контроль / Control	11,3	69,5	2,04	58,2	5,1
	P ₆₀ K ₉₀	12,8	75,7	2,10	62,9	4,9
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	16,7	91,3	2,18	74,6	4,5
Люцерна 70 % + кострец 40 % / Alfalfa 70 % + brome 40 %	Контроль / Control	11,2	87,5	1,57	76,3	6,8
	P ₆₀ K ₉₀	12,7	95,3	1,62	82,6	6,5
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	16,6	104,5	1,89	87,9	5,3
Люцерна 55 % + кострец 55 % / Alfalfa 55 % + brome 55 %	Контроль / Control	11,3	82,8	1,67	71,5	6,3
	P ₆₀ K ₉₀	12,8	89,9	1,73	77,1	6,0
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	16,7	97,7	2,03	81,0	4,9
Люцерна 40 % + кострец 70 % / Alfalfa 40 % + brome 70 %	Контроль / Control	11,3	77,2	1,80	65,9	5,8
	P ₆₀ K ₉₀	12,8	85,1	1,84	72,3	5,6
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	16,7	92,5	2,14	75,8	4,5
Фаза «цветение» люцерны / Bloom of alfalfa						
Люцерна / Alfalfa 100%	Контроль / Control	11,1	86,6	1,58	75,5	6,8
	P ₆₀ K ₉₀	12,6	95,6	1,61	83,0	6,6
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	16,5	103,8	1,92	87,3	5,3
Кострец / Brome 100%	Контроль / Control	11,3	66,0	2,19	54,7	4,8
	P ₆₀ K ₉₀	12,8	71,6	2,27	58,8	4,6
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	16,7	88,5	2,30	71,8	4,3
Люцерна 70 % + кострец 40 % / Alfalfa 70 % + brome 40 %	Контроль / Control	11,2	88,0	1,59	76,9	6,8
	P ₆₀ K ₉₀	12,7	94,9	1,67	82,2	6,5
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	16,6	103,3	1,96	86,7	5,2
Люцерна 55 % + кострец 55 % / Alfalfa 55 % + brome 55 %	Контроль / Control	11,3	81,5	1,73	70,2	6,2
	P ₆₀ K ₉₀	12,8	88,3	1,80	75,5	5,9
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	16,7	96,7	2,10	80,0	4,8
Люцерна 40 % + кострец 70 % / Alfalfa 40 % + brome 70 %	Контроль / Control	11,3	76,5	1,86	65,2	5,8
	P ₆₀ K ₉₀	12,8	83,9	1,90	71,1	5,5
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	16,7	92,4	2,20	75,7	4,5

*Коэффициент энергетической эффективности / Energy efficiency coefficient

Возделывание многолетних трав – наименее энергозатратно среди сельскохозяйственных культур, что подтверждается и нашими данными. В среднем за 4 года затраты энергии на возделывание люцерны и костреца в чистом виде и смесях составили 11,1-16,7 ГДж/га, причем основную долю увеличения затрат по сравнению с контролем (без удобрения) оказало энергосодержание минеральных удобрений и их ежегодное внесение – 1,5 ГДж/га (P₆₀K₉₀) и 5,4 ГДж/га (N₄₅P₆₀K₉₀).

С урожаем люцерно-кострецовых смесей получено в среднем за три года 76,5-105,5 ГДж/га обменной энергии. Поскольку выход обменной энергии тесно зависит от сбора сухого вещества с единицы площади, то тенденция влияния изучаемых факторов на выход обменной энергии с гектара схожа с таковой по сбору сухого вещества – лучшие показатели получены при норме высева компонентов 70+40 %, уровне минерального питания (P₆₀K₉₀ и N₄₅P₆₀K₉₀) и ранней фазе уборки (бутонизация).

На энергетическую себестоимость 1 т корм. ед. оказывали влияние все изучаемые факторы. При норме высева 70+40 % себестоимость 1 т корм. ед. составила 1,51-1,87 ГДж (уборка в фазу «бутонизация»), 1,57-1,89 ГДж (при переменной), 1,59-1,96 ГДж (уборка в фазу «цветение»). Снижение нормы высева люцерны (40+70 %) повысило себестоимость до 1,74-2,05, 1,80-2,14 и 1,86-2,20 ГДж соответственно. Применение минеральных удобрений повысило себестоимость 1 т корм. ед. при внесении P₆₀K₉₀ на 0,02-0,08 ГДж, при внесении N₄₅P₆₀K₉₀ – на 0,11-0,37 ГДж. Ранняя фаза уборки была энергетически выгодной – себестоимость 1 т корм. ед. была ниже, чем при уборке в фазу «цветение» на 0,08-0,15 ГДж.

Наибольший чистый энергетический доход люцерно-кострецовых смесей в среднем за 4 года получен при норме высева 70+40 % – 76,3-88,9 ГДж/га (в зависимости от фона питания и фазы уборки), при внесении минеральных удобрений N₄₅P₆₀K₉₀ – 75,7-88,9 ГДж/га (в зависимости от нормы высева и фазы уборки) и ранней уборке – 68,8-88,9 ГДж/га (в зависимости от нормы высева и фона питания).

Более низкий чистый энергетический доход получили при норме высева 40+70 % на фоне без применения удобрений и при

уборке в фазу «бутонизация». В чистых посевах костреца безостого также получены минимальные показатели энергетического дохода – 54,7-74,6 ГДж/га.

Коэффициент энергетической эффективности (КЭЭ) определяется как отношение полученного энергетического дохода к затратам на 1 га. При высокой норме высева люцерны (70 %) и низкой норме костреца (40 %) получен максимальный КЭЭ – 5,2-7,1 (в зависимости от фона питания и срока скашивания). Со снижением нормы высева люцерны с 70 до 40 % отмечено понижение КЭЭ до 4,5-6,1. Внесение минеральных удобрений значительно снизило показатели КЭЭ – с 5,8-7,1 до 5,5-6,7 при внесении P₆₀K₉₀ и до 4,5-5,3 при внесении N₄₅P₆₀K₉₀. При раннем сроке уборки (фаза «бутонизация») КЭЭ был немного выше – 4,7-7,1, чем при позднем (фаза «цветение») – 4,5-6,8.

В целом, возделывание многолетних смесей люцерны и костреца в год закладки и в течение трех лет пользования отличалось высокими показателями энергетической эффективности.

Заключение. Изучение экономической и энергетической эффективности возделывания агроценозов люцерны изменчивой и костреца безостого в чистом виде и смешанных посевах за 4 года пользования позволило выявить лучшие варианты, способствующие получению высоких показателей.

Рентабельность возделывания люцерно-кострецовых смесей на зеленую массу была на высоком уровне и составила по вариантам – 178-238 % при скашивании в фазу бутонизации, 168-235 % при переменном скашивании и 161-223 % при скашивании в фазу цветения. Лучшие показатели уровня рентабельности получили в вариантах с нормой высева 70+40 %, внесении N₄₅P₆₀K₉₀ при уборке в фазу «бутонизация» и переменном скашивании – 235-238 %.

Наибольший чистый энергетический доход в среднем за 4 года получили при норме высева 70+40 % – 76,3-88,9 ГДж/га (в зависимости от фона питания и фазы уборки), при внесении минеральных удобрений в дозе N₄₅P₆₀K₉₀ – 75,7-88,9 ГДж/га (в зависимости от нормы высева и фазы уборки) и ранней уборке – 68,8-88,9 ГДж/га (в зависимости от нормы высева и фона питания).

Список литературы

1. Кутузова А. А., Тебердиев Д. М., Привалова К. Н., Родионова А. В., Проворная Е. Е., Жезмер Н. В. Основные направления развития лугового кормопроизводства в России. Достижения науки и техники АПК. 2018;32(2):17-20. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10204> EDN: YVJGZD
2. Кутузова А. А., Тебердиев Д. М., Родионова А. В., Жезмер Н. В., Проворная Е. Е., Запывалов С. А. Экономическая эффективность усовершенствованных технологий создания и использования сеяных сенокосов. Кормопроизводство. 2020;(3):3-8. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42769297> EDN: NGVSRE
3. Косолапов В. М., Шарифьянов Б. Г., Ишмуратов Х. Г., Шагалиев Ф. М., Юмагузин И. Ф., Салихов Э. Ф., Сычева Л. В. Объемистые корма из бобово-злаковых травосмесей в рационах кормления крупного рогатого скота. М.: РАКО АПК, 2021. 184 с.
4. Бакшаев Д. Ю., Садохина Т. А., Листков В. Ю. Создание конкурентных галего-кострецовых ценозов. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020;50(2):15-22. DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-2-2> EDN: ZLUXVA
5. Козлова Л. М., Свечников А. К. Биоэнергетическая эффективность фитоагроценозов при возделывании многолетних бобово-злаковых трав. Земледелие. 2022;(1):14-19. DOI: <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-1-14-19> EDN: HFUGCY
6. Casler M. D., Carlson I. T. Smooth bromegrass. In R.F. Barnes et al. (ed). Forages: An introduction to grass land agriculture Iowa State University Press, Ames. 1995;1:313-324.
7. Иванов А. А., Столярова О. А., Решеткина Ю. В., Шатова А. В. Современное состояние и перспективы развития мясного скотоводства в условиях лесостепной зоны на примере Пензенской области. Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2021;7(3(27)):227-236. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2021-7-3-227-235> EDN: YGNZWS
8. Беляк В. Б., Тимошкин О. А., Болахнова В. И. Новые компоненты сенокосно-пастбищных смесей для лесостепной зоны. Кормопроизводство. 2016;(12):7-11.
9. Варламов В. А. Агробиологическое обоснование формирования высокопродуктивных смешанных агрофитоценозов многолетних и однолетних кормовых культур в лесостепи Среднего Поволжья: монография. Пенза: РИО ПГСХА, 2008. 226 с.
10. Хисматуллин М. М. Бобовые и бобово-злаковые многолетние травы – составная часть органического земледелия Республики Татарстан. Вестник Казанского Государственного аграрного университета. 2019;14(2):64-67. DOI: https://doi.org/10.12737/article_5d3e169f50a868.00369270 EDN: XXKDMK
11. Laidlaw A. S., Teuber N. Temperate forage grass-legume mixtures: advances and perspectives. In Proceedings XIX International Grassland Congress, Sao Paulo, Brazil. 2001. P. 85-92.
12. Тимошкин О. А. Урожайность и биологическая эффективность возделывания смешанных посевов люцерны изменчивой и костреча безостого. Достижения науки и техники АПК. 2022;36(7):12-18. DOI: https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_7_12 EDN: ХКРҮНЛ
13. Прокина Л. Н. Комплексное использование средств химизации в посевах костреча и люцерны. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(4):378-386. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.378-386> EDN: QBQQJT
14. Фигурин В. А., Сунцова Н. П., Кислицына А. П. Влияние числа укусов и сроков их проведения на продуктивное долголетие лядвенце-тимофеечных посевов на дерново-подзолистой сильнокислой почве. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018;(3):49-55. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.64.3.49-55> EDN: XRKLXN
15. Huyghe C., Litrico I., Surault F. Agronomic value and provisioning services of multi-species swards. EGF. 2012;17:35-46. URL: https://www.researchgate.net/publication/341928756_Agronomic_value_and_provisioning_services_of_multi-species_swards

References

1. Kutuzova A. A., Teberdiev D. M., Privalova K. N., Rodionova A. V., Provornaya E. E., Zhezmer N. V. Main directions of the development of meadow fodder production in Russia. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2018;32(2):17-20. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10204>
2. Kutuzova A. A., Teberdiev D. M., Rodionova A. V., Zhezmer N. V., Provornaya E. E., Zapivalov S. A. Economic effectiveness of improved cultivation techniques for man-made hayfields. *Kormoproizvodstvo = Forage Production*. 2020;(3):3-8. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42769297>
3. Kosolapov V. M., Sharifyanov B. G., Ishmuratov Kh. G., Shagaliev F. M., Yumaguzin I. F., Salikhov E. F., Sycheva L. V. Bulky feed from legume-cereal grass mixtures in the feeding rations of cattle. Moscow: *RAKO APK*, 2021. 184 p.
4. Bakshaev D. Yu., Sadokhina T. A., Listkov V. Yu. Creating competitive galega and bromus cenoses. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*. 2020;50(2):15-22. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-2-2>

5. Kozlova L. M., Svechnikov A. K. Bioenergetic efficiency of agricultural phytocenosis in the cultivation of perennial legumes and grasses. *Zemledelie*. 2022;(1):14-19. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-1-14-19>
6. Casler M. D., Carlson I. T. Smooth brome grass. In R.F. Barnes et al. (ed). Forages: An introduction to grass land agriculture Iowa State University Press, Ames. 1995;1:313-324.
7. Ivanov A. A., Stolyarova O. A., Reshetkina Yu. V., Shatova A. V. The current state and prospects for the development of beef cattle breeding in the forest-steppe zone on the example of the Penza region. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Sel'skokhozyaystvennyye nauki. Ekonomicheskie nauki»* = Vestnik of the Mari State University Chapter «Agriculture. Economics». 2021;7(3(27)):227-236. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2021-7-3-227-235>
8. Belyak V. B., Timoshkin O. A., Bolakhnova V. I. Novye komponenty senokosno-pastbishchnykh smesey dlya lesostepnoy zony. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2016;(12):7-11. (In Russ.).
9. Varlamov V. A. Agrobiological substantiation of the formation of highly productive mixed agrophytocoenoses of perennial and annual fodder crops in the forest-steppe of the Middle Volga region: monograph. Penza: *RIO PGSKhA*, 2008. 226 p.
10. Khismatullin M. M. Legumes and legume-crop perennial grasses - a constituent part of organic farming of the Republic of Tatarstan. *Vestnik Kazanskogo Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Vestnik of the Kazan State Agrarian University. 2019;14(2):64-67. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.12737/article_5d3e169f50a868.00369270
11. Laidlaw A. S., Teuber N. Temperate forage grass-legume mixtures: advances and perspectives. In Proceedings XIX International Grassland Congress, Sao Paulo, Brazil. 2001. P. 85-92.
12. Timoshkin O. A. Productivity and biological efficiency of cultivation of mixed crops of variegated alfalfa and awnless brome. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2022;36(7):12-18. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_7_12
13. Prokina L. N. Integrated use of chemicals in smooth brome and alfalfa sowings. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(4):378-386. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.378-386>
14. Figurin V. A., Suntsova N. P., Kislitsyna A. P. The influence of hay cutting number and periods on productive longevity in lotus-timothy sowings on sod-podzolic highly acid soil. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2018;(3):49-55. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.64.3.49-55>
15. Huyghe C., Litrico I., Surault F. Agronomic value and provisioning services of multi-species swards. *EGF*. 2012;17:35-46. URL: https://www.researchgate.net/publication/341928756_Agronomic_value_and_provisioning_services_of_multi-species_swards

Сведения об авторах

✉ **Тимошкин Олег Алексеевич**, доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник лаборатории агротехнологий, обособленное подразделение Пензенский НИИСХ ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», д. 1Б, ул. Мичурина, р. п. Лунино, Пензенская обл., Российская Федерация, 442731, e-mail: info.pnz@fncl.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6928-7343>, e-mail: o.timoshkin.pnz@fncl.ru

Information about the authors

✉ **Oleg A. Timoshkin**, DSc in Agricultural Science, chief researcher, the Laboratory of Agricultural Technologies, Federal State Budgetary Scientific Institution, Federal Scientific Center for Bast Crops, separate subdivision of Penza Research Institute of Agriculture, Michurin str., 1B, Lunino settlement, Penza region, Russian Federation, 442731, e-mail: info.pnz@fncl.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6928-7343>, e-mail: o.timoshkin.pnz@fncl.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author