

Научная статья

УДК 631.8 : 638.132.2

DOI: 10.36508/journal.2026.50.19.003

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (Сельскохозяйственные науки. Биологические науки)

4.1.1. General Agriculture and Crop Science (Agricultural Sciences. Biological Sciences)

СЕМЕННАЯ И НЕКТАРОПРОДУКТИВНОСТЬ СТАРОВОЗРАСТНЫХ ПОСЕВОВ СИЛЬФИИ ПРОНЗЕННОЛИСТНОЙ ПРИ УЛУЧШЕНИИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Савин Анатолий Павлович¹, Захарова Ольга Алексеевна², Грибановская Елена Витальевна✉¹

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр пчеловодства», г. Рыбное, Россия

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

✉vitlenag@yandex.ru

Аннотация. В статье приведены результаты нектаропродуктивности и семенной продуктивности сильфии пронзеннолистной в зависимости от дозы вносимых удобрений.

Проблема и цель. Сильфия пронзеннолистная имеет уникальные особенности в виде долголетия, отличается неприхотливостью к типу почвы, демонстрирует значительный урожай уже со второго года вегетации, а также обладает высокой нектаро- и семенной продуктивностью. Кроме того, она является ценным кормовым растением для сельскохозяйственных животных, охотно поедаемым ими. В ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства» сильфию пронзеннолистную возделывают с 1973 года. Исходя из вышесказанного, целью исследований является выявление взаимосвязей минерального питания с ростом и развитием сильфии пронзеннолистной

Методология. Эксперимент заложен на опытном участке Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пчеловодства» в г. Рыбное. Схема опыта включала контроль и 3 варианта с разными дозами вносимых удобрений. Методика исследований - традиционная.

Результаты. Улучшение минерального питания посредством внесения удобрений показало лучший вариант - N₉₀ на фоне P₆₀K₉₀, поэтому в статье представлены результаты исследований именно на этом варианте. Содержание в почве основных элементов питания выросло на 13-16%, что

позволило получить урожайность зеленой массы культуры свыше 900 ц/га при высокой нектаро- и семенной продуктивности.

Заключение. Разовое внесение минеральных удобрений дозой $N_{90}P_{90}K_{90}$ способствовало накоплению основных элементов питания подвижного фосфора до 41,6 г и обменного калия до 10,5 г/100 г почвы. Улучшение условий возделывания сильфии пронзеннолистной способствовало увеличению высоты растений до 220 см и урожайности зеленой массы свыше 900 ц/га. Цветки культуры активно посещались насекомыми, обеспечивая нектаропродуктивность 274,8 кг/га и семенную продуктивность 5,57 ц/га. Высокое содержание перевариваемого протеина позволяет сильфию пронзеннолистной относиться к перспективной кормовой культуре и влиять на качество продукции животноводства.

Ключевые слова: сильфия, удобрения, минеральное питание, нектаропродуктивность, семенная продуктивность.

Original article

SEED AND NECTAR PRODUCTIVITY OF OLD-AGED SYLPHIUM PERFORATUM CROPS WITH IMPROVED MINERAL NUTRITION

Savin Anatoly Pavlovich¹, Zakharova Olga Alekseevna², Griбанovskaya Elena Vitalievna 

¹Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Beekeeping", Rybnoye, Russia

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev", Ryazan, Russia

 vitlenag@yandex.ru

Abstract. The article presents results on the nectar and seed productivity of *Silphium perforatum*, depending on the applied fertilizer rate.

Problem and purpose. *Silphium perforatum* has unique characteristics, including longevity, undemanding soil conditions, high yields starting from the second year of life, and nectar and seed productivity. *Silphium* is readily consumed by livestock. *Silphium perforatum* has been cultivated at the Federal Scientific Center for Beekeeping since 1973. Based on the above, the purpose of this study was to identify the relationship between mineral nutrition and the growth and development of *Silphium perforatum*.

Methodology. The experiment was conducted on a test plot at the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center of Beekeeping" in Rybnoye. The experimental design included a control and three options with different applied fertilizer rates. The research methodology was traditional.

Results. *Improving mineral nutrition through fertilizer application demonstrated the best result – N₉₀ versus P₆₀K₉₀ – and therefore, this article presents the results of the study using this option. Soil nutrient levels increased by 13-16%, resulting in herbage yield of over 900 c/ha with high nectar and seed production.*

Conclusion. *A single application of mineral fertilizers at a dose of N₉₀P₉₀K₉₀ contributed to accumulation of essential nutrients: available phosphorus up to 41.6 g and exchangeable potassium up to 10.5 g/100 g of soil. This improved the crop's growing conditions, resulting in shoots reaching a height of up to 220 cm and herbage yield of over 900 c/ha. Silphium heads were readily visited by bees and other insects. Nectar yield was 274.8 kg/ha, and seed productivity was 5.57 c/ha. Silphium perforifolia is an excellent forage crop due to its high content of digestible protein.*

Key words: *silphium, fertilizers, mineral nutrition, nectar productivity, seed productivity.*

Введение

Большую ценность для пчеловодства имеет энтомофильная, нектароносная культура семейства Астровые сильфия пронзеннолистная [3, 6]. Сильфия имеет биологическую особенность цветения с середины лета до конца вегетации. Была завезена в Европу в 18 веке как декоративное растение, а в 1950-х годах интродуцирована в СССР в ботанический сад Черновицкого государственного университета. В отделе рационального использования медоносных ресурсов и природопользования ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства» разрабатываются вопросы медоносной, кормовой, питательной и семенной продуктивности нектароносных культур, в том числе сильфии пронзеннолистной. Цель исследований – выявление взаимосвязей минерального питания с ростом и развитием сильфии пронзеннолистной [3].

Материалы и методы исследований

Исследования проводились на опытном участке ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства» на старовозрастных травостоях с начала мая по конец сентября 2025 года. Площадь каждого участка составляла 10 м², эксперимент был выполнен в четырех повторностях. В рамках ранее разработанной схемы опыта: вариант 1 предусматривал отсутствие внесения удобрений, вариант 2 - P₆₀K₉₀ – фон, вариант 3 - фон+ N₆₀. вариант 4 - фон+ N₉₀ показали результаты с максимальными значениями на варианте 3, который был принят как оптимальный. В статье приводятся результаты только по этому варианту с однократным ежегодным ранневесенним внесением N₉₀P₆₀K₉₀ (рисунок 1). Отбор проб почвы буром в слое 0-25 см, продукции – во время уборки. Содержание P₂O₅ определялось по Кирсанову в модификации ЦИНАО, K₂O – по методу Масловой. Количество микроорганизмов в почве – посевом на питательную среду с последующим микроскопированием. Лабораторная всхожесть семян сильфии пронзеннолистной составила 86,6%. Масса 1000 семян - 25 г. Сильфия малотребовательна к почве. Перед посевом проведено лущение и внесение удобрений, вспашку, культивацию и выравнивание поверхности почвы прикатыванием. Посев произведен под зиму в октябре 2014

года для ранних дружных всходов и использования весенней влаги. Способ посева: широкорядный с междурядьями около 70 см. Глубина заделки семян 2 см. Норма высева семян из расчета 2,2 кг/га.

Урожайность определялась по методике ВНИИ кормов им. Р. Вильямса, рост – с помощью измерительной рулетки, развитие – подсчетом цветков, соцветий. Нектаропродуктивность – методом смывания с последующим определением сахаров по Гагедорн-Йенсену. Учет посещаемости пчелами растений производился по методике НИИП (2006).



Рисунок 1 – Общий вид опытного участка
Figure 1 – General view of the experimental site

Почва серая лесная среднего уровня плодородия, содержание гумуса 4,45%, P_2O_5 - 37,2 мг, K_2O - 9,0 мг на 100 г, pH=5,4.

Погодные условия отличались засушливостью, гидротермический коэффициент = 0,98.

Биологические особенности сальфии пронзеннолистной

Культура обладает значительной ценностью благодаря своей высокой урожайности и отличной усвояемости кормов сельскохозяйственными животными. Ее неприхотливость к почвенным условиям открывает возможности для культивирования на участках с низким плодородием или другими проблемами. Высокие кормовые качества, подтвержденные исследованиями [4, 5], делают ее привлекательной для животноводства. Уникальной особенностью сальфии является ее долговечность, способная произрастать на одном месте до полувека. Однако, существенным ограничением является замедленный рост на начальном этапе (первый год жизни), что делает ее уязвимой перед конкуренцией с сорными растениями. Сальфия пронзеннолистная цветет с середины июля до окончания вегетационного периода, а иногда и до наступления заморозков. Цветение обильное и длится 16 дней. Жизнь одного цветка составляет 24 часа. Цветки двух типов: по краю корзинки желтые, ложноязычковые, пестичные, плодоносящие, в центре - обоеполые, бесплодные трубчатые. Соцветия - корзинки плотно покрывают верхнюю часть. Семена созревают неравномерно с конца августа до конца сентября [5].

Проведенный обзор отечественной и зарубежной литературы показал 2 этапа онтогенеза *S. perfoliatum*: первый год – ювенильный, второй год - взрослый. В первый год оцениваются прорастание, формирование листьев. Начиная со второго года, фазы вегетативного развития оцениваются по формированию стеблей, листьев и удлинению побегов. Генеративный рост оценивается по

формированию почек, цветению, развитию семян, а также по степени зрелости и старения семян, что описано в работе Cumplido-Marin et al. (2020).

Результаты исследований и их обсуждение

В ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства» сильфия была посеяна в 1973 году (рисунок 2). Второй посев осуществлен в 2014 году и в 2025 году растениям было 11 лет, поэтому посевы названы старовозрастными. Сильфия обладает высокой экологической пластичностью и долголетием.

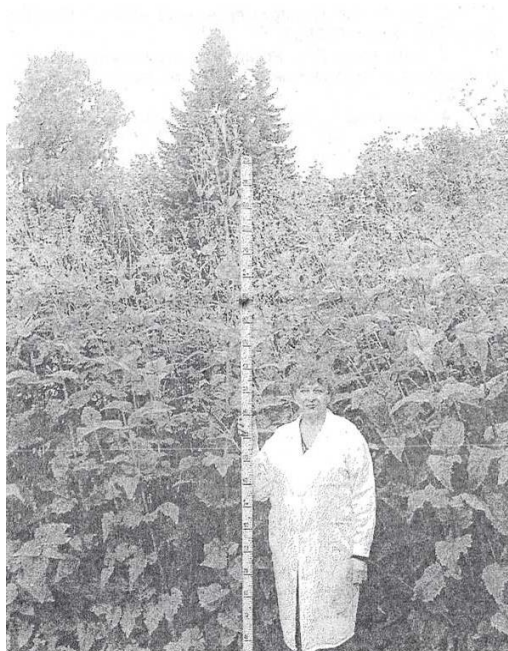


Рисунок 2- Старовозрастной посев сильфии пронзеннолистной, 1989 год
Figure 2 - Old-growth sowing of *Silphium perforatum*, 1989

Одним из лимитирующих урожайность факторов является минеральное питание [2], которое восполнялось внесением минеральных удобрений $N_{90}P_{60}K_{90}$. Эта доза удобрений была определена как оптимальная на основе полученных нами результатов многолетних исследований, отображенных в печати ранее [2, 4]. Установлено, что внесение удобрений улучшает условия произрастания культуры вследствие повышения содержания в почве P_2O_5 на 13,4% и K_2O на 16,5%, $pH=5,4$.

Исследования показали рост общей численности микроорганизмов в почве с 7,8 до 9,1 млн. КОЕ/г почвы.

Обработка результатов исследований корреляционно-регрессионным анализом показала тесную взаимосвязь между внесением удобрения, содержанием подвижного фосфора ($r=0,82$) и обменного калия ($r=0,89$) в почве. Зависимость выражена графиком в виде поверхности отклика (рисунок 3).

Математическое уравнение, описывающее отношение между значениями показателя содержания подвижного фосфора и обменного калия в почве имеет следующий вид:

$$H=-27,29+11,27P+0,06t-25,47P^2-0,03PK+0,0004K^2. \quad (1)$$

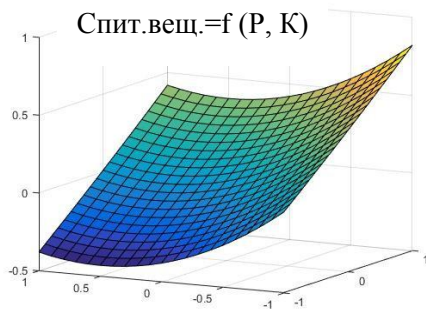


Рисунок 3 – Поверхность отклика между внесением удобрения (ox), содержанием подвижного фосфора (oy) и обменного калия (oz)

Figure 3 – Response surface between fertilizer application (ox), available phosphorus (oy) and exchangeable potassium (oz) content

Оценка адекватности полученного уравнения осуществлялась по критерию Фишера. Полученное расчетное значение критерия Фишера ($F=3,56$) меньше табличного ($F_{табл}=3,97$), следовательно, уравнение точно описывает накопление питательных веществ в почве при внесении удобрений.

Известно, что урожайность тесно связана с физиологическими процессами, в частности, ростом и развитием растений сальфии. Нами были проанализированы результаты исследований за весь период возделывания сальфии.

Так, в первые два года жизни удобрения оказывали прямое влияние на высоту растений, а разница между вариантами без внесения удобрений и с их внесением

из расчета $N_{90}P_{60}K_{90}$ составила около 30 см, на третий год жизни разница была в среднем 19 см, на пятый год – 16 см, на десятый – 21 см ($\alpha=0,05$). Следует учитывать, что помимо фактора пищи имеют значение освещенность, влага, срок посева и др. [1].

Биометрия *Silphium perfoliatum* в производственном опыте включала высоту и количество листьев и соцветий на растении. Ретроспектива проведенных исследований показала, что в первый год жизни всходы наступили на 16 день после посев. Сальфия пронзеннолистная первого года жизни сформировала на первую декаду июля в среднем 3 листа. К третьей декаде августа к концу вегетационного периода сальфия дала 5,8 листа. На второй год высота растений составила от $8,3 \pm 1,4$ см в мае до $58,0 \pm 2,9$ см в августе; количество листьев на конец августа в среднем составило 8,8 шт. В последующие годы количество листьев на одном экземпляре стало в среднем 10,3 шт.

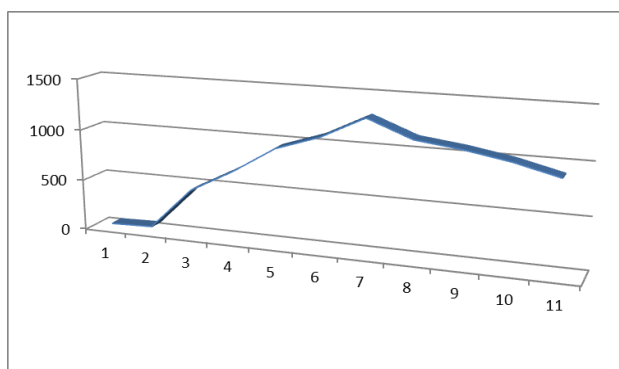


Рисунок 4 – Урожайность сальфии по годам исследования

Figure 4 – Silphium yield by years of study

Затем развитие сальфии выравнилось и ее высота на одиннадцатый год жизни составила в среднем 220 см.

Урожайность культуры в первый год составила 44 ц/га. В последующие годы урожайность зеленой массы значительно выросла, что отображено на рисунке 4, и была равна 912 ц/га, или сухой массы 218 ц/га (рисунок 4).

Исследование структуры урожая выявило следующее соотношение

компонентов: стебли – 66%, листья – 25%, соцветия – 8%.

Было установлено, что цветки сальфии интенсивно продуцируют нектар в течение всего светового дня. Таблица 1 содержит сводные данные по нектаропродуктивности сальфии пронзеннолистной.

Таблица 1 – Изменение нектаропродуктивности одного растения сальфии при внесении минеральных удобрений (в среднем)

Количество побегов, шт/м ²	Количество корзинок на одном побеге, шт.	Количество цветков в корзинке, шт.	Содержание сахара в одном цветке, г	Нектаропродуктивность, кг/га
Нектаропродуктивность сальфии				
53,0±0,8	35,8±0,7	109,2±2,8	0,26±0,1	274,8±3,3
Семенная продуктивность сальфии				
Высота растений, см	Масса 1000 семян, г	Масса семян с одного растения, г	Семенная продуктивность, ц/га	
232,5±2,9	229±2,6	21,8±0,3	5,77±0,2	

На рисунке 5 показана схема нектаропродуктивности цветка сальфии по годам исследований (выборочно).

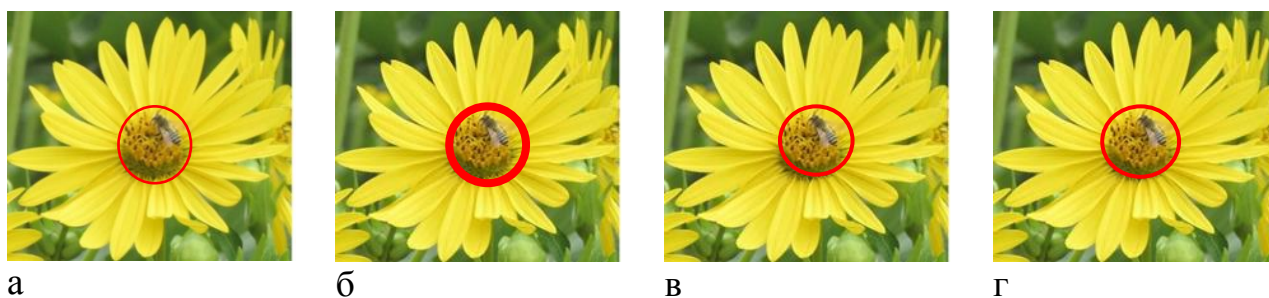


Рисунок 5 – Схема нектаропродуктивности цветка сальфии, отмеченной толщиной линии а – 2 год жизни, б – 5 год жизни, в – 8 год жизни, г – 10 год жизни

Figure 5 – Diagram of the nectar productivity of a silphium flower, indicated by the line thickness a – 2nd year of life, b – 5th year of life, c – 8th year of life, d – 10th year of life

Анализируя данные таблицы 1 можно заключить, что вносимые удобрения способствуют росту нектаропродуктивности, которая в среднем составила 274,8 кг/га. Если сравнить с известным медоносным и нектароносным одуванчиком лекарственным, нектароносность сальфии выше в 11,3 раза (рисунок 6). Согласно шкале балльной оценки интенсивности и секреции, показатель нектаропродуктивности



Рисунок 6 – Сравнительная нектаропродуктивность цветка одуванчика и сальфии, отмеченная толщиной линии
Figure 6 – Comparative nectar productivity of dandelion and silphium flowers, indicated by the line thickness

составил от 1 балла в первый год ввиду отсутствия образования генеративных органов, до 5 баллов с максимальной секрецией в цветках на 7-ой год жизни. Уборка семян проводилась при побурении 75% корзинок.

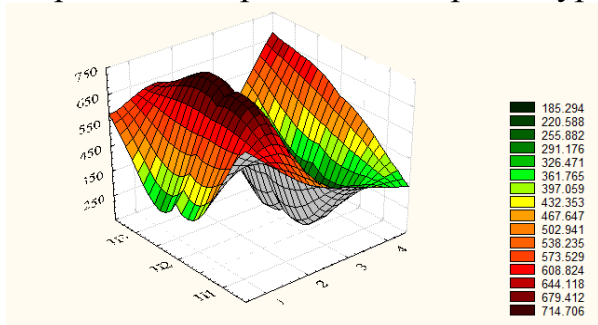


Рисунок 7 - Поверхность отклика между урожайностью (ох), количеством цветков в корзинке (оу) и семяпродуктивностью (оз)
Figure 7 - Response surface between yield (oh), number of flowers in a basket (oy) and seed production (oz)

Семенная продуктивность составила 5,57 ц/га. Нами проведен корреляционно-регрессионный анализ связи между урожайностью, количеством цветков в корзинке и семяпродуктивностью (рисунок 7). Красным цветом выделена семяпродуктивность, коэффициент корреляции $r=0,82$. Помимо высокой урожайности, сальфия обладает высокими кормовыми достоинствами: содержание переваримого протеина в 1 к.ед. 158, поэтому классифицируется в группе кормовых культур сенажно-силосного направления.

Заключение

Анализируя вышеизложенное, растения сальфии пронзеннолистной хорошо реагируют на вносимые удобрения. Разовое внесение минеральных удобрений дозой $N_{90}P_{90}K_{90}$ способствовало накоплению основных элементов питания подвижного фосфора до 41,6 г и обменного калия до 10,5 г/100 г почвы. Это улучшило условия произрастания культуры, что позволило получить побеги высотой до 220 см и урожайность зеленой массы на уровне более 900 ц/га. Активное посещение пчелами и другими насекомыми корзинок сальфии обусловлено ее высокой нектароносностью (274,8 кг/га) и семенной продуктивностью (5,57 ц/га). Сальфия пронзеннолистная зарекомендовала себя как высокоэффективная кормовая культура благодаря значительному уровню переваримого протеина. Итак, хозяйства Рязанской области могут возделывать сальфию пронзеннолистную с внесением на серой лесной почве минеральных удобрений дозой $N_{90}P_{90}K_{90}$, что даст урожайность до 1000 ц/га при высокой нектаро- и семяпродуктивности.

Библиографический список

1. Грибановская, Е.В. Оптимальный срок и норма посева шалфея лекарственного в лесостепной зоне региона / Е.В. Грибановская, В.С. Дюкова / Сетевой научный журнал РГАТУ, 2024. - №1(3). - С.23-31. DOI 10.36508/journal.2024.35.15.004
2. Дубенок, Н.Н. Оценка агрохимического состояния почвы и урожайности многолетних трав в зависимости от удобрительных средств / Н.Н. Дубенок, Ю.А. Мажайский, О.А. Захарова // Сетевой научный журнал РГАТУ, 2025. - №2(8). - С. 1-11. DOI:10.36508/journal.2025.45.48.002

3. Иванков, В. А. Медоносные растения и возможности их использования пчёлами / В.А. Иванков // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. -2025. - N 1. - С. 68-73 EDN PBFFWE
4. Самсонова, И.Д. Ресурсный потенциал медоносных растений степного Придонья / И.Д. Самсонова // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. — 2023. — №1. — С. 51-64. — DOI: 10.37482/0536-1036-2023-1-51-64
5. Логинова, О.Н. Влияние минеральных удобрений на нектарную и семенную продуктивность лофанта анисового / О.Н. Логинова // Пчеловодство. - 2023. - №4. – С. 33-38.
6. Технология выращивания дрожжей на питательных средах из зеленой массы сальфии пронзеннолистной / Б.Г. Цугкиев, В.Б. Цугкиева, А.М. Хозиев, Л.Б. Дзантиева, И.Э. Солдатова // Биотехнология, 2021. – Т. 37. - №4. – С. 60-64 DOI: 10.21519/0234-2758-2021-37-4-60-64

References

1. Dubenok, N.N. Evaluation of the agrochemical state of soil and productivity of perennial grasses depending on fertilizers / N. N. Dubenok, Yu. A. Mazhaisky, O.A. Zakharova // Network scientific journal of RSATU, 2025. - №2 (8). – S. 1-11. DOI: 10.36508/journal.2025.45.48.002
2. Ivankov V. A. Honey-bearing Plants and the Possibilities of Their Use by Bees/ V.A. Ivankov // Proceedings of the State Agricultural Academy of Velikie Luki. – 2025. - №1. – S. 68-73. EDN PBFFWE
3. Samsonova, I.D. Resource Potential of Melliferous Plants of the Steppe Don Region / I.D. Samsonova // Proceedings of Higher Educational Institutions. Forest Journal. – 2023. - №1. - Pp. 51-64. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-1-51-64
4. Loginova, O.N. The effect of mineral fertilizers on the nectar and seed productivity of *Agastache foeniculum* / O.N. Loginova // Beekeeping. – 2023. - №4. – Pp.33-38.
5. Gribovskaya, E.V. The optimum term and seeding rate of sage in the foreststeppe zone of the region / E.V. Gribovskaya, V.S. Dyukova // Network scientific journal of RSATU, 2024. - №1(3). – S.23-21. DOI:10.36508/journal.2024.35.15.004
6. Tsugkiev, B.G. Technology for growing yeast on nutrient media from *silphium perfoliatum* green mass / B.G. Tsugkiev, V.B. Tsugkieva, A.M. Hoziev, L.B. Dzantieva, I.E. Soldatova // Biotechnology, 2021. – V. 37. - №4. – Pp. 60-64 DOI: 10.21519/0234-2758-2021-37-4-60-64

Вклад авторов: Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Статья поступила в редакцию 20.03.2026; одобрена после рецензирования 01.04.2026; принята к размещению на сайте 15.04.2026.

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest

The article was submitted 20.03.2026; approved after reviewing 01.04.2026; accepted for publication 15.04.2026.