Научная статья

УДК 664.151.2:631.847.211
EDN: SCIGSK
https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-3-40-47

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ СВЕКЛОВИЧНОЙ МЕЛАССЫ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ РОСТА ЧИСТЫХ КУЛЬТУР РИЗОБИЙ

Игорь Юрьевич Татаренко, Яна Сергеевна Гутор, Мария Владимировна Якименко, Арина Игоревна Сорокина, Анфиса Владимировна Чепелева

Всероссийский научно-исследовательский институт сои, г. Благовещенск, Россия, tigy@vniisoi.ru

Аннотация. Статья посвящена изучению возможности применения свекловичной мелассы как компонента питательной среды для культивирования клубеньковых бактерий. В работе исследуется влияние концентрации мелассы на интенсивности роста чистых культур ризобий в лабораторных условиях. Эксперименты проведены в лаборатории биологических исследований ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои. Результаты показывают, что при добавлении 10 мл/л свекловичной мелассы в питательную среду происходит снижение интенсивности роста бактериальной массы 73 % изучаемых штаммов, в то же время штаммы *B. japonicum* ММ-117, БМ-85, *B. elkanii* Ву-5, Вр-9 сохранили интенсивность роста штриха чистой культуры на прежнем уровне. Увеличение дозы свекловичной мелассы до 50 мл/л в питательной среде привело к подавлению роста штаммов *B. japonicum* 639а, ММ-117, *S. fredii* ТБ-642, ХС-10, *B. elkanii* Вр-25, Ву-37, но не повлияло на интенсивность роста чистых культур *S. fredii* ТБ-498, ТБ-594, *B. elkanii* Вр-9, ФЗ-30. Полученные результаты позволяют рекомендовать использование данного компонента для оптимизации условий культивирования ризобий и повышения эффективности биотехнологического производства, подчёркивают необходимость точного подбора концентрации мелассы в среде для штамма продуцента.

Ключевые слова: меласса, штамм, ризобии, чистая культура, питательная среда, интенсивность роста, концентрация.

Для цитирования: Татаренко И. Ю., Гутор Я. С., Якименко М. В., Сорокина А. И., Чепелева А. В. Влияние концентрации свекловичной мелассы на интенсивность роста чистых культур ризобий // Агронаука. 2025. Том 3. № 3. С. 40-47. EDN: SCIGSK. https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-3-40-47

Original article

THE EFFECT OF BEET MOLASSES CONCENTRATION ON THE GROWTH RATE OF PURE RHIZOBIUM CROPS

Igor Yu. Tatarenko, Yana S. Gutor, Maria V. Yakimenko, Arina I. Sorokina, Anfisa V. Chepeleva

Russian Soybean Research Institute, Blagoveshchensk, Russia, tigy@vniisoi.ru

Abstract. The article is devoted to the study of the possibility of using beet molasses as a component of a nutrient medium for the cultivation of nodule bacteria. The paper examines the effect of molasses concentration on the growth rate of pure rhizobium cultures in laboratory conditions. The experiments were carried out in the laboratory of biological research of the Federal State Budgetary Scientific Research Center of the All-Russian Research Institute of Soy. The results showed that when 10 ml/l of beet molasses was added to the nutrient medium, the growth rate of the bacterial mass of 73 % of the studied strains decreased, while the strains *B. japonicum* MM-117, BM-85, *B. elkanii* Wu-5, Bp-9 maintained the growth rate of the pure culture line at the same level. An increase in the dose of beet molasses to 50 ml/l in the nutrient medium led to the suppression of the growth of strains *B. japonicum* 639a, MM-117, *S. fredii* TB-642, HC-10, *B. elkanii* Bp-25, Wu-37, but did not affect the growth rate of pure cultures of *S. fredii* TB-498, TB-594, *B.*

elkanii Bp-9, FZ-30. The results obtained make it possible to recommend the use of this component to optimize the conditions of rhizobia cultivation and increase the efficiency of biotechnological production, and emphasize the need for accurate selection of molasses concentration in the medium for the producer strain.

Keywords: Molasses, strain, rhizobia, pure culture, nutrient medium, growth rate, concentration

For citation: Tatarenko IYu, Gutor YaS, Yakimenko MV, Sorokina AI, Chepeleva AV. The effect of beet molasses concentration on the growth rate of pure rhizobium crops [Vliyanie kontsentratsii sveklovichnoi melassy na intensivnost' rosta chistykh kul'tur rizobii]. *Agronauka = Agroscience*. 2025;3:3:40-47 (in Russ.). EDN: SCIGSK. https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-3-40-47

Введение

Актуальность исследований клубеньковых бактерий сои обусловлена их важной ролью в повышении плодородия почв и снижении зависимости от химических удобрений [1]. В условиях Дальневосточного региона, где соя приобретает всё большее значение как стратегическая сельскохозяйственная культура, особое внимание уделяется развитию эффективных биологических методов её выращивания [2]. Ризобии – симбиотические микроорганизмы, способные фиксировать атмосферный азот и обеспечивать растение необходимыми питательными веществами, выступают в качестве экологически безопасной альтернативы традиционным азотным удобрениям [3]. Одним из ключевых аспектов успешного использования ризобий является создание оптимальных условий для их культивирования. В этом контексте важное значение приобретает разработка экономически эффективных питательных сред для массового производства микробных инокулянтов [4]. Традиционные компоненты для производства микробиологических сред зачастую являются дорогими и недоступными, что стимулирует поиск альтернативных сырьевых материалов.

Одним из перспективных источников питательных веществ является свекловичная меласса – побочный продукт сахарного производства. Она представляет собой сиропообразную жидкость тёмно-бурого цвета с высоким содержанием сухих веществ и богатым набором минеральных солей и сахаров [5]. Использование мелассы в качестве компонента питательных сред позволяет снизить себестоимость производства микроорганизмов, способствует более рациональному использованию отходов промышленности и в итоге стимулирует развитие экологически безопасных технологий в сельском хозяйстве [6, 7, 8].

Актуальность исследований. В современной биотехнологии существует острая потребность в разработке экономически эффективных питательных сред для массового производства микробных инокулянтов, которые находят широкое применение в сельском хозяйстве (в качестве азотфиксирующих, фосфатмобилизующих и фунгицидных препаратов). В этой связи вопрос замены дорогостоящего сырья на альтернативное, экономически выгодное, доступное при производстве питательных сред актуален. Например, меласса, являясь вторичным продуктом сахарного производства, обладает значительным потенциалом благодаря своему богатому химическому составу. Она содержит до 50 % углеводов (преимущественно сахарозу, а также глюкозу и фруктозу), органические кислоты (лимонную, щавелевую, уксусную), азотистые соединения (аминокислоты, амиды), витамины группы В и важные микроэлементы (калий, магний, кальций, железо). Такой комплексный состав делает мелассу потенциальным объектом для изучения возможности её использования при культивировании хозяйственно полезных микроорганизмов.

Цель исследований – оценка потенциала свекловичной мелассы как компонента питательных сред для культивирования клубеньковых бактерий сои.

Условия, материалы и методы

Эксперименты проводили в лаборато-

рии биологических исследований ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои. Объектами изучения являлись свекловичная меласса, чистые культуры *Bradyrhizobium japonicum* (Jordan, 1982), *Sinorhizobium fredii* (Scholla, Elkan, 1984), *Bradyrhizobium elkanii* (Kuykendall et al., 1992), выделенные из природных популяций Дальнего Востока.

Интенсивность роста штаммов ризобий на питательной среде (МДА) с различной концентрацией мелассы (0; 10,0 мл/л; 50,0 мл/л) определяли по стандартной методике в модификации Бегуна С. А. [9]. Питательную среду (МДА) следующего состава, г/л: K_2HPO_4 – 0,5; $MgSO_4$ – 0,2; $CaCO_3$ – 0,1; NaCl – 0,1; маннит в контроле – 10,0; агар-агар – 20,0; дрожжевой экстракт – 2,0, в вариантах вместо маннита использовалась меласса, разливали по пробиркам, маркировали в соответствии с концентрацией мелассы в среде и стерилизовали в автоклаве при 1 атм. в течение 30 минут. После стерилизации пробирки выставляли на штативы для скашивания агара. На косяк подготовленной питательной среды микробиологической петлёй, соблюдая стерильность, высевали чистую культуру ризобий. Каждый коллекционный штамм оценивали, как минимум, в трёх пробирках. Пробирки с засеянными культурами термостатировали при температуре +27…28 ℃ в течение 7 суток. Интенсивность роста штриха ризобий определяли по бальной шкале: 0 – нет роста; 1 – скудный; 2 – умеренный; 3 – хороший; 4 – обильный рост, с записью в лабораторном журнале. Все микробиологические работы проводили в боксах. Для стерилизации поверхностей и горения спиртовки использовали этиловый спирт.

Результаты и обсуждение

Результаты контроля (без мелассы) показали, что большинство изучаемых штаммов ризобий демонстрировали хороший (*B. japonicum* 648а, БМ-85, СМ-42) или обильный (*S. fredii* ТБ-498, ТБ-452, ТБ-642, ХС-10, ТБ-594, *B. elkanii* Ву-5, Вр-9, Вр-25, ФЗ-30, Ву-37) рост бактериальной массы на МДА, исключение составил штамм ММ-117 (таблица 1).

Таблица 1 – Интенсивность роста штаммов ризобий на 7-е сутки на МДА с различной концентрацией мелассы
Table 1 – Growth rate of rhizobium strains on day 7 per MDA with different molasses concentrations

Штамм	Доза мелассы, мл/л		
	Контроль (0 мл)	10	50
B. japonicum			
648а	3	2	2
639а	4	2	0
ММ-117	2	2	0
БМ-85	3	3	2
СМ-42	3	1	3
S. fredii			
ТБ-498	4	3	4
ТБ-452	4	1	1
ТБ-642	4	1	0
ХС-10	4	1	0
ТБ-594	4	2	4
B. elkanii			
Ву-5	4	4	1
Вр-9	4	4	4
Вр-25	4	1	0
ФЗ-30	4	3	4
Ву-37	4	2	0

При добавлении 10 мл/л мелассы в питательную среду отмечено снижение интенсивности роста бактериальной массы 73 % исследуемых чистых культур. Штаммы *B. japonicum* ММ-117, БМ-85, *B. elkanii* Ву-5, Вр-9 сохранили интенсивность роста штриха чистой культуры на прежнем уровне. Особенно чувствительными к замене маннита мелассой в питательной среде оказались штаммы *S. fredii* ТБ-452, ТБ-642, ХС-10, *B. elkanii* Вр-25, продемонстрировавшие резкое снижение интенсивности роста бактериальной массы от обильного в контроле до скудного в вариантах с мелассой.

Увеличение концентрации свекловичной мелассы в питательной среде привело к подавлению роста штаммов *B. japonicum* 639а, ММ-117, *S. fredii* ТБ-642, ХС-10, *B. elkanii* Вр-25, Ву-37, резкому снижению роста бактериальной массы штаммов *S. fredii* ТБ-452, *B. elkanii* Ву-5 (рисунок 1).

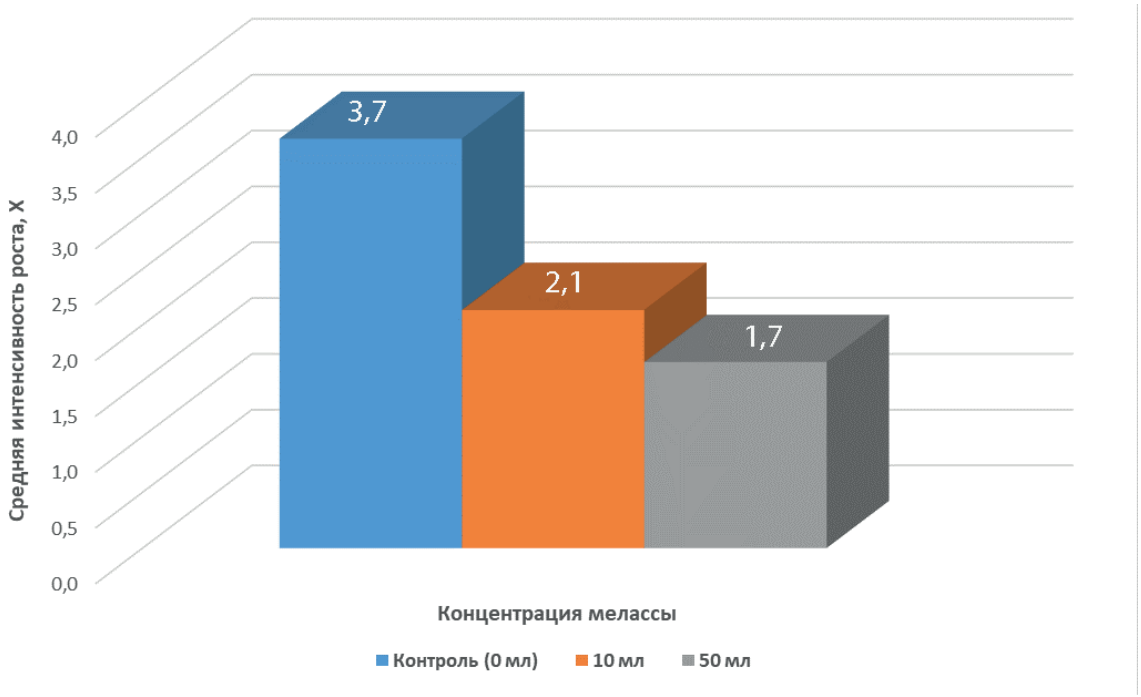

Рисунок 1 – Влияние концентрации мелассы в питательной среде на интенсивность роста бактериальной массы изучаемых штаммов ризобий
Figure 1 – Effect of molasses concentration in the nutrient medium on the growth rate of the bacterial mass of the studied rhizobium strains

Был проведён статистический анализ данных таблицы 1, который показал, что средняя интенсивность роста бактериальной массы в контроле составила 3,7 (lim 2…4) с низкой изменчивостью (C_v = 16,8 %). При добавлении мелассы в концентрации 10 мл/л средняя интенсивность роста снизилась до 2,1 (lim 1…4) с умеренной изменчивостью (C_v = 49,7 %), а при 50 мл/л – до 1,7 (lim 0…4) с высокой изменчивостью (C_v = 103,1 %) (таблица 2).

Таблица 2 – Статистические параметры интенсивности роста штаммов ризобий при различных концентрациях мелассы в питательной среде
Table 2 – Statistical parameters of the intensity of growth of rhizobium strains at different concentrations of molasses in the nutrient medium

Группа штаммов, индекс	Показатель			
	X	lim	σ	C_v, %
0 мл				
(15 штаммов)	3,7	2…4	0,6	16,8
10 мл				
(15 штаммов)	2,1	1…4	1,1	49,7
50 мл				
(15 штаммов)	1,7	0…4	1,7	103,1

Примечание – X – среднее арифметическое; lim – пределы колебаний; σ – стандартное отклонение; C_v % – коэффициент вариации

Полученные данные подчёркивают различную чувствительность штаммов ризобий к замене маннита мелассой в питательной среде и указывают на необходимость подбора устойчивых штаммов для оптимизации состава питательных сред в производстве микробиологических препаратов.

Также можно отметить, что штаммы *S.*

fredii ТБ-498, ТБ-594, *B. elkanii* Вр-9, ФЗ-30 активно развивались при дозе мелассы 50 мл/л в питательной среде, демонстрируя обильный рост бактериальной массы (рисунок 2). Для вышеперечисленных штаммов меласса в количестве 50 мл/л оказалась равноценной заменой манниту в питательной среде.

В целом, при культивировании штаммов *B. japonicum* 648а, БМ-85, ТБ-594, *S. fredii* ТБ-498, ТБ-594, *B. elkanii* Вр-9, ФЗ-30 можно использовать мелассу в составе питательной среды.

Рисунок 2 – Штаммы, показавшие обильный рост бактериальной массы при дозе 50 мл/л мелассы в питательной среде
Figure 2 – Strains showing abundant bacterial growth at a dose of 50 ml/l of molasses in a nutrient medium

Выводы

Полученные данные свидетельствуют о том, что добавление свекловичной мелассы в питательную среду в дозе 10 мл/л существенно снижают интенсивность роста бактериальной массы у части исследуемых чистых культур на 73 %. При этом рост ряда штаммов (*B. japonicum* ММ-117, БМ-85, *B. elkanii* Ву-5, Вр-9) оставался стабильным и сохранялся на исходном уровне.

Увеличение дозы мелассы до 50 мл/л привело к подавлению роста штаммов *B. japonicum* 639а, ММ-117, *S. fredii* ТБ-642, ХС-10, *B. elkanii* Вр-25, Ву-37. Однако для штаммов *S. fredii* ТБ-498, ТБ-594, *B. elkanii* Вр-9 и ФЗ-30 такая дозировка мелассы оказалась равной по эффекту дозе 10 г/л маннита, и указанные штаммы демонстрировали обильный рост бактериальной массы.

На основании результатов можно сделать вывод, что меласса имеет потенциал как компонент питательной среды для культивирования ризобий, но эффект зависит от штамма. Рекомендуется учитывать штамм-специфичность и оптимизировать дозировку мелассы в зависимости от целевого штамма для эффективного культивирования ризобиев.

Список источников

1. Асланян К. А., Емелин А. В. Современные методы повышения плодородия почв при минимизации использования химических удобрений // Международный научный сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4. С. 18–28.

2. Синеговский М. О. Соя как инструмент компенсации дефицита белка (исторический аспект). Агронаука. 2024. Т. 2. № 1 С. 16–22. https://doi.org/10.24412/2949-2211-2024-2-1-16-22

3. Якименко М. В., Татаренко И. Ю., Сорокина А. И., Гутор Я. С., Чепелева А. В. Сохранение и использование генофонда ризобий сои Приамурья // Агронаука. 2025. Т. 3, № 1. С. 62–76. https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-62-76

4. Татаренко И. Ю., Якименко М. В., Сорокина А. И. Влияние ризобий сои на посевные качества семян сельскохозяйственных культур // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2024. № 4. С. 22–29. https://doi.org/10.31857/S2500208224040044

5. Егорова М. И., Пузанова Л. Н. Сахароносное сырьё и продукты его переработки в России // Крахмал и его производные. 2024. № 4 (6). С. 36–44.

6. Леонова М. А., Леонов С. В., Тареева Е. А., Политов А. А., Аксёнов В. В. Влияние концентрации сахаров (глюкозы, сахарозы) зерновой и свекловичной мелассы на рост условно-патогенных бактерий // Инновации и продовольственная безопасность. 2023. № 3 (41). С. 58–66. https://doi.org/10.31677/2311-0651-2023-41-3-58-66

7. Кузнецова Т. А., Закирова Д. Д., Смятская Ю. А., Лапкасов М. Е. Использование мелассы для культивирования *Chlamydomonas geitleri Ettl*. Бутлеровские сообщения. 2024 Т. 80. № 11. С. 151–159. https://doi.org/10.37952/ROI-jbc-01/24-80-11-151

8. Попов В. С., Воробьева Н. В. Научно-практическое обоснование возможности использования мелассы для культивирования *Bifidobacterium bifidum* // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 1. С. 48–51. https://doi.org/10.24411/0235-2451-2021-10109

9. Бегун С. А. Способы, приемы изучения и отбора эффективных штаммов клубеньковых бактерий сои. Методы аналитической селекции: методрекомендации. Благовещенск: ПКИ "Зея", 2005. 70 с.

References

1. Aslanyan KA, Emelin AV. Modern methods of increasing soil fertility while minimizing the use of chemical fertilizers [Sovremennye metody povysheniya plodorodiya pochv pri minimizatsii ispol'zovaniya khimicheskikh udobrenii] // *International Scientific Agricultural Journal.* 2024;4:18–28. (in Russ).

2. Sinegovskii MO. Soybean as a means to pensate for protein deficit (historical aspect) [Soybean as a means to pensate for protein deficit (historical aspect)]. *Agronauka = Agroscience*. 2024;2:1:16–22. (in Russ). https://doi.org/10.24412/2949-2211-2024-2-1-16-22

3. Yakimenko MV, Tatarenko IYu, Sorokina AI, Gutor YaS, Chepeleva AV. Sokhranenie i ispol'zovanie genofonda rizobii soi [Conservation and use of the soybean rhizobia gene pool in Amur region]. *Agronauka = Agroscience*. 2025;3:1:62–76 (in Russ.). https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-62–76

4. Tatarenko IYu, Yakimenko MV, Sorokina AI. The influence of soybean rhizobia on the sowing qualities of agricultural seeds [Vliyanie rizobii soi na posevnye kachestva semyan sel'skokhozyaistvennykh kul'tur] // *Bulletin of Russian Agricultural* Science. 2024;4:22–29. (in Russ). https://doi.org/10.31857/S2500208224040044

5. Egorova MI, Puzanova LN. Sugar-bearing raw materials and products of its processing in Russia [Sakharonosnoe syr'e i produkty ego pererabotki v Rossii] // *Starch and its derivatives*. 2024;4(6):36–44. (in Russ).

6. Leonova MA, Leonov SV, Tareeva EA, Politov AA, Aksenov VV. The effect of sugar concentrations (glucose, sucrose) from grain and beet molasses on the growth of opportunistic bacteria [Vliyanie kontsentratsii sakharov (glyukozy, sakharozy) zernovoi i sveklovichnoi melassy na rost uslovno-patogennykh bakterii] // *Innovations and food safety*. 2023;3(41):58-66. (in Russ). https://doi.org/10.31677/2311-0651-2023-41-3-58-66

7. Kuznetsova TA, Zakirova DD, Smyatskaya YuA, Lapkasov ME. Use of molasses for the cultivation of *Chlamydomonas geitleri* Ettl [Ispol'zovanie melassy dlya kul'tivirovaniya Chlamydomonas geitleri Ettl]. *Butlerov Communications*. 2024;80:11:151–159. (In Russ). https://doi.org/10.37952/ROI-jbc-01/24-80-11-151

8. Popov VS, Vorobyeva NV. Scientific and practical justification of the possibility of using molasses for the cultivation of *Bifidobacterium bifidum* [Nauchno-prakticheskoe obosnovanie vozmozhnosti ispol'zovaniya melassy dlya kul'tivirovaniya Bifidobacterium bifidum] // *Achievements of science and technology of the agroindustrial complex*. 2021;35:1:48–51. (in Russ). https://doi.org/10.24411/0235-2451-2021-10109

9. Begun SA. Methods, techniques for studying and selecting effective strains of nodule bacteria from soybeans. Methods of analytical breeding: method recommendations [Sposoby, priemy izucheniya i otbora effektivnykh shtammov kluben'kovykh bakterii soi. Metody analiticheskoi selektsii: metodrekomendatsii]. Blagoveshchensk: PKI "Zeya", 2005;70. (in Russ).

Информация об авторе

И. Ю. Татаренко – кандидат сельскохозяйственных наук;
Я. С. Гутор – младший научный сотрудник;
М. В. Якименко – кандидат биологических наук;
А. И. Сорокина – кандидат ветеринарных наук;
А. В. Чепелева – младший научный сотрудник.

Статья поступила в редакцию 11.08.2025; одобрена после рецензирования 22.08.2025; принята к публикации 25.08.2025

Information about the author

I. Yu. Tatarenko – Candidate of Agricultural Sciences;
Ya. S. Gutor – Junior Researcher;
M. V. Yakimenko – Candidate of Biological Sciences;
A. I. Sorokina – Candidate of Veterinary Sciences;
A. V. Chepeleva – Junior Researcher.

The article was submitted 11.08.2025; approved after reviewing 22.08.2025; accepted for publication 25.08.2025