

УДК 631.559.2, 631.95, 631.8

**B. C. Ржевская¹, A. B. Омельченко¹, A. A. Жаркова¹
A. B. Крыжко², И. А. Бугара¹**

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСОРЦИУМА
МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ И ДРОЖЖЕЙ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ TRITICUM AESTIVUM L.**

¹ Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского,
Симферополь, Россия

² Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма,
Симферополь, Россия

Поступила в редакцию 27.02.2025 г.

Принята в печать 20.06.2025 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2025-3-11

147

Для цитирования: Ржевская В. С., Омельченко А. В., Жаркова А. А., Крыжко А. В., Бугара И. А. Оценка эффективности консорциума молочнокислых бактерий и дрожжей для повышения продуктивности *Triticum aestivum* L. // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные науки. 2025. № 3. С. 147 – 157. doi: 10.5922/vestniknat-2025-3-11.

*Изучено влияние микробного консорциума молочнокислых бактерий *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactococcus lactis* и дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* на урожай и качество озимой пшеницы сорта Надор. Проведены лабораторные опыты по определению влияния суспензии микроорганизмов на морфометрические показатели проростков пшеницы в водной культуре, определено содержание ИУК в культуральной жидкости микроорганизмов. Консорциум молочнокислых бактерий и дрожжей проявил более высокую биологическую активность по сравнению с монокультурами. Оптимальной концентрацией для стимуляции роста пшеницы является 1,0 % раствор консорциума. Способность у молочнокислых бактерий и дрожжей стимулировать рост растений обусловлена их способностью синтезировать фитогормоны. В открытом грунте показано, что микробный консорциум увеличил урожай зерна, содержание белка, микроэлементов (Zn, Fe) и питательных веществ (N, P, K) в зерне пшеницы. Сравнительный анализ эффективности биопрепарата «Байкал ЭМ-1» с эффективностью микробного консорциума показал, что обработка консорциумом приводит к большему накоплению макроэлементов в зерне, повышению урожайности, содержания белка и его выхода. Исследуемый консорциум имеет большую эффективность, чем биопрепарат «Байкал ЭМ-1», и может быть рекомендован для внедрения в сельском хозяйстве как экологически безопасный микробный препарат, альтернативный химическим средствам.*

Ключевые слова: микробный консорциум, молочнокислые бактерии, дрожжи, пшеница, стимуляция роста, урожай, качество зерна



Введение

Применение химических пестицидов, удобрений, регуляторов роста и средств защиты растений в производстве сельхозпродукции наносит непоправимый ущерб целому ряду экосистем планеты, что приводит к деградации природных ресурсов и снижению плодородия почв [1]. Биопрепараты в сельском хозяйстве занимают 5–10 %, в то время как основная доля используемых препаратов приходится на химические средства [2]. Перспективным подходом к увеличению продуктивности растений и качества урожая, позволяющим одновременно с этим сохранить естественное плодородие почв без ухудшения экологического состояния окружающей среды, является использование биопрепаратов на основе микроорганизмов [3; 4].

В отличие от химических средств защиты растений, биопрепараты преследуют цель не уничтожения, а регулирования численности болезнетворных микроорганизмов, формирования конкуренции с патогенами и генерации системной устойчивости, что в целом повышает иммунитет и адаптивные возможности культуры, способствует частичнойнейтрализации токсического действия химических средств, ускоряет развитие растений, а также повышает доступность для растений элементов питания, содержащихся в почве [5–7].

Введение в практику микробных препаратов в сочетании с современной агротехникой позволяет реализовать почвенно-климатический потенциал агроландшафта на 60–80 % (вместо 20–30 % в настоящее время), а также биологический потенциал сельскохозяйственных культур, который используется не полностью [8]. Применение биопрепаратов показало повышение качества продукции растениеводства и более высокую рентабельность сельхозпредприятий [9].

Эффективность использования микробных препаратов на основе молочнокислых бактерий и дрожжей обусловлена их способностью синтезировать высокоактивные метаболиты. В частности, молочнокислые бактерии ингибируют рост патогенных и условно-патогенных микроорганизмов за счет продуцируемых бактериоцинов, спиртов, органических кислот, реутерина, перекиси водорода и др. [10; 11]. Анти микробные метаболиты позволяют микробному консорциуму подавлять рост фитопатогенных бактерий и грибов [12]. Повышение продуктивности и стимуляция роста растений молочнокислыми бактериями обусловлены биосинтезом ауксина [13], а также трансформацией нерастворимых соединений фосфора в доступные растениям формы. Благодаряростостимулирующим способностям и синтезу бактерио- и фуницидных веществ, молочнокислые бактерии рассматриваются как *plant-growth-promoting bacteria* (PGPB), то есть бактерии, способные стимулировать рост растений [14].

Целью настоящего исследования стало изучение влияния микробного консорциума молочнокислых бактерий и дрожжей на продуктивность озимой пшеницы сорта Надор.



Материалы и методы

Объектом для проведения исследований служил микробный консорциум молочнокислых бактерий и дрожжей: *Lactobacillus casei* IMB B-7343, *Lactobacillus plantarum* IMB B-7344, *Lactococcus lactis* IMB B-7352 и *Saccharomyces cerevisiae* IMB Y-5046.

Для получения микробного консорциума использовали 24-часовые культуры бактерий с численностью жизнеспособных клеток для *L. casei* IMB B-7343 $2,4 \times 10^8$ КОЕ/мл, для *L. plantarum* IMB B-7344 – $5,1 \times 10^8$ КОЕ/мл, для *L. lactis* IMB B-7352 – $1,7 \times 10^8$ КОЕ/мл и 2-суюточную культуру *S. cerevisiae* IMB Y-5046 с численностью жизнеспособных клеток $3,1 \times 10^5$ КОЕ/мл, взятые в соотношении 1:1:1:0,5. Для этого молочнокислые бактерии культивировали на питательной среде MRS в шейкере-инкубаторе MaxQ 4500 (Thermo Fisher Scientific, США) при 100 об/мин; температура культивирования лактобактерий составляла 36°C, лактококка – 30°C. Штамм *S. cerevisiae* IMB Y-5046 культивировали на среде Сабуро в шейкере-инкубаторе при 200 об/мин при 28°C.

Микробный консорциум получали путем совместного культивирования всех штаммов на питательной среде MRS в биореакторе Minifors 2 объемом 4 л (Швейцария) при температуре 32°C и 50 об/мин в течение 3 суток. Для контроля качества полученного микробного консорциума проводили учет численности микроорганизмов, входящих в него, спустя 3 суток совместного культивирования. В полученном микробном консорциуме выявлены *L. casei* IMB B-7343 – $6,2 \times 10^8$ КОЕ/мл, *L. plantarum* IMB B-7344 – $7,4 \times 10^8$ КОЕ/мл, *L. lactis* IMB B-7352 – $1,2 \times 10^9$ КОЕ/мл и *S. cerevisiae* IMB Y-5046 – $2,7 \times 10^6$ КОЕ/мл.

Для определения количества индолильных соединений культуры микроорганизмов культивировали 5 суток на забуференной пептонной среде с добавлением триптофана следующего состава, г/л: пептон – 1,0; глюкоза – 1,0; хлорид натрия – 5,0; дигидрофосфат калия – 2,0; триптофан – 1,0 (стерилизовали при 0,6 атм. 30 минут). Культуральную жидкость отделяли от клеток центрифугированием при 8000 об/мин в течение 15 минут. Надосадочную жидкость смешивали с реагентом Сальковского в соотношении 1:1. Смесь инкубировали при 32°C в течение 60 минут. Определение ИУК проводили по интенсивности розовой окраски спектрофотометрически при $\lambda = 530$ нм. Концентрацию ИУК определяли с помощью калибровочной кривой. Калибровочную кривую строили со стандартными растворами индолилуксусной кислоты (0,31; 0,625; 1,25; 2,5; 5,0; 10,0 мг/мл).

В качестве тест-растения использовали озимую пшеницу (*Triticum aestivum* L.) сорта Надор. В лабораторных опытах растения выращивали в водной культуре с добавлением монокультур молочнокислых бактерий и дрожжей и их консорциума. Семена в количестве 30 штук раскладывали в чашки Петри на фильтровальную бумагу, предварительно смоченную растворами монокультур и микробного консорциума в концентрациях 0,1, 0,5, и 1,0 % (опытные варианты), а в качестве контроля использовали дистиллиированную воду. Чашки Петри с семенами



помещали в климатическую камеру (BMT ClimaCell CLC-B2V-M) при температуре $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ и 16-часовом фотопериоде. Измерения морфометрических показателей растений (длина корней и надземной части) были произведены на 7-е сутки с использованием линейки с шагом 0,05 см. Ростовые показатели растений были выражены в процентах относительно контроля.

Исследования в открытом грунте проводились на луговом черноземе в Республике Крым. Размер опытного участка на каждый вариант опыта составлял $20 - 25 \text{ м}^2$, повторность опыта 4-кратная. Эффективность разработанного микробного консорциума сравнивали с контрольным вариантом 1 (вода) и контролем 2 – биопрепаратором «Байкал ЭМ-1». Микробиологический препарат «Байкал ЭМ-1» производит ООО «НПО ЭМ-ЦЕНТР» (регистрационный номер 226 (227, 228)-19-156-1). Состав «Байкала ЭМ-1» включает *Lactobacillus casei* (ВКПМ В-11360), *Lactococcus lactis* (ВКПМ В-11341), *Saccharomyces cerevisiae* (ВКПМ Y-3964).

Внесение микробного консорциума и препарата «Байкал ЭМ-1» проводили во влажный грунт. За одну обработку на 1 га посевов вносили по 1 л микробного консорциума и препарата «Байкал ЭМ-1». Производительность пшеницы сорта Надор оценивали по следующим показателям: урожай, содержание белка в зерне, выход белка, минеральные элементы в зерне пшеницы. В день сбора урожая отбирали образцы растительного материала для определения содержания белка и минеральных элементов (N, P, K, Cu, Zn, Mn, Fe) [15, с. 689].

Статистический анализ данных проводили, рассчитывая наименьшую существенную разницу с применением программы Excel.

Результаты и обсуждение

Выявлено стимулирующее действие монокультур молочнокислых бактерий, дрожжей и их консорциума на ростовые процессы проростков пшеницы сорта Надор (табл. 1). Из трех исследованных концентраций суспензии штамма *L. casei* B-7343 максимальную стимуляцию роста корня на 28,3 % и надземной части на 21,5 % оказал 1,0 % раствор. Сходный эффект обнаружен при изучении фитостимулирующей активности штамма *L. plantarum* B-7344: длина корня и надземной части при обработке 1,0 % раствором суспензии выше контроля на 34,7 и 32,4 % соответственно. Независимо от концентрации, штаммы молочнокислых бактерий оказывали более значительное влияние на рост корней, нежели надземной части растений. Наибольший стимулирующий эффект на длину корня по сравнению с контролем произвел 0,5 % раствор суспензии *L. lactis* B-7352 (117,1 %), а на длину надземной части – 0,1 % раствор (117,9 %). Лактобактерий *L. lactis* B-7352 в концентрации 1,0 % ингибировал длину проростков пшеницы. Из всех исследованных микроорганизмов штамм *S. cerevisiae* Y-5046 оказал на морфометрические характеристики проростков пшеницы сорта Надор наименьший положительный эффект, составивший всего 3 – 8 % по сравнению с контролем. При оценке влияния микробного консорциума на ростовые показатели проростков пшеницы сорта Надор наблюдалось увеличение длины корня на 35,3 %, при использовании 1,0 % раствора суспензии.



Таблица 1

**Морфометрические показатели проростков пшеницы сорта Надор,
выращенных в суспензии монокультур молочнокислых бактерий,
дрожжей и их консорциуме, %**

Концентрация микробной культуры	<i>L. casei</i> B-7343	<i>L. plantarum</i> B-7344	<i>L. lactis</i> B-7352	<i>S. cerevisiae</i> Y-5046	МК*
<i>Корневая система</i>					
Контроль	100,0±2,4	100,0±2,3	100,0±1,8	100,0±1,4	100,0±2,3
0,1 %	114,2±1,6	128,3±1,8	108,3±1,5	103,4±1,8	125,4±1,9
0,5 %	121,7±1,8	131,2±1,6	117,1±1,4	105,0±1,5	131,7±2,2
1,0 %	128,3±2,1	134,7±1,9	82,3±1,6	105,9±1,6	135,3±1,9
<i>Надземная часть</i>					
Контроль	100,0±2,0	100,0±2,1	100,0±1,9	100,0±1,6	100,0±2,3
0,1 %	113,5±1,8	124,7±2,7	117,9±2,1	105,3±1,9	117,4±2,1
0,5 %	119,4±2,5	129,2±2,4	106,2±2,4	107,4±1,8	121,4±2,4
1,0 %	121,5±2,4	132,4±1,9	86,7±1,9	108,5±2,1	126,9±1,9

* МК – микробный консорциум.

Для обоснования эффекта стимуляции роста растений молочнокислыми бактериями и дрожжами была изучена их возможность синтезировать ауксины. Результаты исследования показали, что монокультуры микроорганизмов, синтезировали индолные соединения, концентрация которых представлена в таблице 2.

Таблица 2

**Ауксинподобные соединения,
синтезируемые молочнокислыми бактериями и дрожжами**

Микроорганизмы	ИУК, мкг/мл
<i>L. casei</i> IMB B-7343	60,0±16
<i>L. plantarum</i> IMB B-7344	115,9±22
<i>L. lactis</i> IMB B-7352	107,3±15
<i>S. cerevisiae</i> IMB Y-5046	52,9±5

Согласно литературным данным, в корневых экссудатах растений содержится триптофан [13]. Микроорганизмы, находясь на поверхности корней, поглощают их экзогенные метаболиты и синтезируют ИУК, тем самым стимулируя ростовые процессы растений.

Таким образом, была выявлена концентрационная зависимость у растений пшеницы: с увеличением концентрации суспензии монокультур молочнокислых бактерий увеличивались морфометрические показатели вегетативных органов. Сахаромицеты оказывали сравнительно слабое стимулирующее действие, при этом не наблюдалось достоверных отличий между исследуемыми концентрациями. Микробный консорциум проявил более высокую биологическую активность по



сравнению с монокультурами. Оптимальной концентрацией для стимуляции роста пшеницы является раствор микробного консорциума в концентрации 1,0 %.

Дальнейшие исследования микробного консорциума проводили в почвенной культуре в открытом грунте. Эффективность опытного микробного консорциума сравнивали с коммерческим микробиологическим удобрением «Байкал ЭМ-1». Однократное внесение микробного консорциума в количестве 1 л/га увеличило урожай зерна озимой пшеницы сорта Надор на 38,9 % (0,84 т/га), содержание белка на 1,23 %, выход белка на 56,1 % (0,12 т/га) по сравнению с контролем 1 (рис. а, б, д, табл. 3).

152

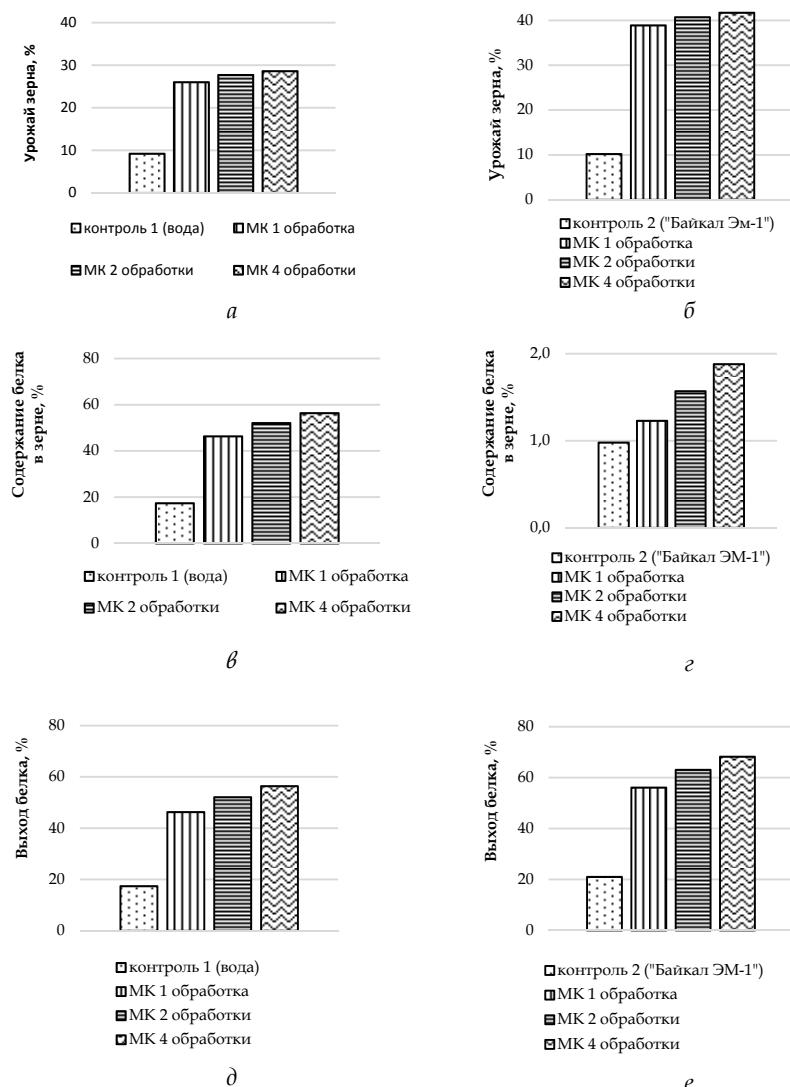


Рис. Данные по приросту:
а, б – урожай зерна; б, г – содержание белка в зерне; д, е – выход белка



Таблица 3

**Оценка влияния микробного консорциума
на продуктивность озимой пшеницы сорта Надор**

Показатель	Контроль 1 (вода)	Контроль 2 («Байкал ЭМ-1»)	Количество обработок МК		
			1	2	4
Урожай зерна, т/га	2,16	2,38	3,00	3,04	3,06
Содержание белка в зерне, %	9,9	10,88	11,13	11,47	11,78
Выход белка, т/га	0,214	0,259	0,334	0,349	0,360

Применение препарата «Байкал ЭМ-1» (контроль 2) дало прирост урожая зерна 10,2 % (0,22 т/га), содержания белка 0,98 % и выхода белка 21,0 % (0,259 т/га) по сравнению с контролем 1. Однократное внесение исследуемого микробного консорциума превышает показатели препарата «Байкал ЭМ-1» по урожаю зерна на 26,0 %, по содержанию белка в зерне на 0,25 % и по выходу белка из зерна на 46,3 % (рис. б, г, е).

Увеличение количества обработок посевов пшеницы исследуемым микробным консорциумом оказало стимулирующее действие на содержание белка и выход его из зерна. Так, при 2- и 4-кратной обработке посевов микробным консорциумом урожай пшеницы увеличился по сравнению с однократным применением на 1,8 – 2,8 %, содержание белка в зерне – на 0,34 – 0,65 %, выход белка – на 7,0 – 12,1 %.

Результаты исследований показали, что на луговом черноземе в условиях вегетационного сезона 2019 – 2020 гг. оптимальной нормой применения микробного консорциума является 2 – 4 л/га. При этом урожай зерна озимой пшеницы увеличился на 40,7 – 41,7 % (0,88 – 0,90 т/га), содержание белка – на 1,57 – 1,88 %, выход белка – на 63,1 – 68,2 % (0,135 – 0,146 т/га) по сравнению с контролем 1.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что микробный консорциум практически не оказал значимого влияния на содержание микроэлементов в зерне пшеницы: содержание меди, цинка и марганца было равным контролю 1 и контролю 2 или несколько выше (табл. 4).

Таблица 4

**Оценка влияния микробного консорциума
на содержание микроэлементов в зерне пшеницы сорта Надор, мг/кг**

Варианты обработки	Cu	Zn	Mn	Fe
Контроль 1 (вода)	2,2±0,11	21,6±0,1	11,7±0,3	50,7±2,1
Контроль 2 «Байкал ЭМ-1»	2,2±0,14	22,4±0,2	12,4±0,2	43,0±3,2
МК 2 обработки	2,2±0,12	22,2±0,2	11,3±0,1	55,5±1,9

Увеличение количества обработок посевов пшеницы приводило к накоплению макроэлементов в зерне злаковой культуры. Так, в зерне изначально содержалось 1,87 % азота, после обработки посевов препа-



ратом «Байкал ЭМ-1» его содержание увеличилось до 2,06 %, а микробный консорциум в зависимости от количества обработок увеличил данный показатель до 2,10–2,23 % (табл. 5). Содержание фосфора в контрольном варианте 1 составило 0,323 %, при использовании препарата «Байкал ЭМ-1» – 0,377 %, а в результате 1–4 обработок микробным консорциумом – 0,460–0,516 %. Зерно пшеницы в контрольном варианте 1 содержало 0,38 % калия, в контроле 2 – 0,48 %, а при обработках микробным консорциумом – до 0,53 %.

Таблица 5

154

Оценка влияния микробного консорциума на содержание питательных веществ в зерне пшеницы сорта Надор, % на абсолютно сухое вещество

Варианты обработки	N	P	K	белок
Контроль 1 (вода)	1,87±0,09	0,323±0,02	0,38±0,01	9,33±0,3
Контроль 2 («Байкал ЭМ-1»)	2,06±0,12	0,377±0,01	0,48±0,02	10,27±0,4
МК 1 обработка	2,10±0,13	0,477±0,05	0,43±0,02	10,50±0,5
МК 2 обработки	2,17±0,13	0,460±0,06	0,40±0,01	10,82±0,4
МК 4 обработки	2,23±0,15	0,516±0,1	0,53±0,01	11,12±0,5

Особое значение проведенные исследования имеют с точки зрения сравнительной характеристики действия разработанного микробного консорциума и препарата «Байкал ЭМ-1», внесенного в государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ (2020 г.). Обработка микробным консорциумом способствовала увеличению урожайности зерна пшеницы на 28,57 % по сравнению с действием препарата «Байкал ЭМ-1». Использование исследуемого микробного консорциума при однократной обработке оказывало значительный эффект, увеличивая урожайность на 25–38 %, а 2- и 4-кратная обработка улучшала качество продукции, увеличивая содержание белка на 1,23–3,10 %. В зависимости от числа обработок использование микробного консорциума увеличивало выход белка из зерна пшеницы на 56,1–68,2 %. Однократная обработка микробным консорциумом влияла на увеличение содержания белка в зерне пшеницы на 0,25 %, а выход белка вырастал на 46,3 %.

Заключение

Разработанный микробный консорциум продемонстрировал в экспериментах не только сопоставимую, но и превосходящую эффективность по сравнению с зарегистрированным микробиологическим препаратом «Байкал ЭМ-1» при условии 2- и 4-кратной обработки. Эти результаты подчеркивают значительные преимущества применения микробного консорциума, что открывает новые перспективы для его



внедрения в сельскохозяйственную практику. С учетом растущей необходимости в устойчивых и экологически безопасных методах ведения сельского хозяйства использование данного консорциума может стать жизнеспособной альтернативой традиционным химическим средствам и существующим микробиологическим препаратам, способствуя не только повышению урожайности, но и улучшению качества продукции.

Список литературы

1. Bursic V., Vukovic G., Gvozdenac S. et al. Abuse of plant protection products // Journal on Processing and Energy in Agriculture. 2016. Vol. 20. P. 189–192.
2. Yadav R., Singh S., Singh A.N. Biopesticides: Current status and future prospects // Proc. Int. Acad. Ecol. Environ. Sci. 2022. Vol. 12. P. 211–233.
3. Abdulvaleev R.R., Safarov Z.F., Khisamov I. Zh. et al. Influence of antistress growth regulators on the yield and quality of spring wheat grain // Achievements of chemistry in the agro-industrial complex Materials of the II all-Russian Youth Conf. Ufa, 2016. P. 10–14.
4. Герцик Ю.Г., Фокина И.И. Текущее состояние и прогноз развития рынков биотехнологий на ближайшую перспективу в России и за рубежом // Маркетинг в России и за рубежом. 2022. Т. 1. С. 91–100. EDN: ZSANYG.
5. Ivanova I.I., Ilina S., Dementiev D. Influence of microbiological preparations on spring wheat yield // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2020. P. 548. doi: 10.1051/bioconf/20201700106.
6. Laranjeira S., Fernandes-Silva A., Reis S. et al. Inoculation of plant growth promoting bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi improve chickpea performance under water deficit conditions // Appl. Soil Ecol. 2021. Vol. 164. P. 103927. doi: 10.1016/j.apsoil.2021.103927.
7. Moura S., Pinto M. V., Figueiredo J. et al. Use of plant protection products in agriculture // Atención Primaria. 2016. Vol. 48 (2). P. 51. doi: 10.29352/mill0202.07.00091.
8. Sundh I., Del Giudice T., Cembalo L. Reaping the benefits of microorganisms in cropping systems: is the regulatory policy adequate? // Microorganisms. 2021. Vol. 9. P. 1437. doi: 10.3390/microorganisms9071437.
9. Kumar J., Ramlal A., Mallic D. et al. An overview of some biopesticides and their importance in plant protection for commercial acceptance // Plants. 2021. Vol. 10. P. 1185. doi: 10.3390/plants10061185.
10. Nacoon S., Jogloy S., Riddech N. et al. Interaction between Phosphate Solubilizing Bacteria and Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth Promotion and Tuber Inulin Content of *Helianthus tuberosus* L. // Sci. Rep. 2020. Vol. 10. P. 1–10. doi: 10.1038/s41598-020-61846-x.
11. Stoyanova L.G., Ustyugova E.A., Netrusov A.I. Antimicrobial metabolites of lactic acid bacteria: diversity and properties (review) // Applied Biochemistry and Microbiology. 2012. Vol. 8 (3). P. 259–275. doi: 10.1134/S0003683812030143.
12. Atanassova M., Dalgalarondo M., Choiset Y., Chobert J.M. Isolation and partial biochemical characterization of a proteinaceous anti-bacteria and anti-yeast compound produced by *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* strain M3 // International Journal of Food Microbiology. 2003. Vol. 87 (1-2). P. 63–73. doi: 10.1016/s0168-1605(03)00054-0.
13. Шапошников А.И., Белимов А.А., Азарова Т.С. и др. Взаимосвязь состава корневых экссудатов и эффективности взаимодействия растений пшеницы с микроорганизмами // Прикладная биохимия и микробиология. 2023. №59. С. 260–274. doi: 10.31857/S0555109923030170.



14. Fanai A., Bohia B., Lalremruati F. et al. Plant growth promoting bacteria (PGPB)-induced plant adaptations to stresses: an updated review // Peer. J. Plant. Biology. 2024. Vol. 20 (12). P. 17882. doi: 10.7717/peerj.17882.

15. Практикум по агрохимии : учеб. пособие / под ред. В.Г. Минеева. 2-е изд., перераб. и доп. М., 2001.

Об авторах

Виктория Степановна Ржевская — асп., Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Россия.

E-mail: viktoriyar45@mail.ru

ORCID: 0000-0003-4788-0407

SPIN-код: 1399-5542

156

Александр Владимирович Омельченко — канд. биол. наук, доц., Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Россия.

E-mail: omelchenko_tnu@mail.ru

ORCID: 0000-0002-9490-622X

SPIN-код: 7161-8836

Александра Андреевна Жаркова — магистрант, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Россия.

E-mail: alexashka.jar2000@gmail.com

Анастасия Владимировна Крыжко — канд. с.-х. наук, ведущ. науч. сотр., Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Россия.

E-mail: nk_lib@mail.ru

ORCID: 0000-0001-5401-0579

SPIN-код: 761466

Игорь Александрович Бугара — канд. биол. наук, доц., Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Россия.

E-mail: bia.05@mail.ru

ORCID: 0000-0001-6594-9055

SPIN-код: 226531

**V. S. Rzhevskaya¹, A. V. Omelchenko¹, A. A. Zharkova¹
A. V. Kryzhko², I. A. Bugara¹**

EVALUATION OF THE LACTIC ACID BACTERIA AND YEAST CONSORTIUM EFFICIENCY TO INCREASE THE PRODUCTIVITY OF *TRITICUM AESTIVUM* L.

¹ V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Russia

² Research Institute of Agriculture of Crimea, Russia

Received 27 February 2025

Accepted 20 June 2025

doi: 10.5922/vestniknat-2025-3-11

To cite this article: Rzhevskaya V.S., Omelchenko A.V., Zharkova A.A., Kryzhko A.V., Bugara I.A., 2025, Evaluation of the lactic acid bacteria and yeast consortium efficiency to increase the productivity of *Triticum aestivum* L., *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural Sciences*, №3 P. 147–157. doi: 10.5922/vestniknat-2025-3-11.



*The influence of a microbial consortium of lactic acid bacteria – *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactococcus lactis* – and yeast *Saccharomyces cerevisiae* on the yield and quality of winter wheat of the Nador variety was studied. Laboratory experiments were conducted to determine the effect of the microorganism suspension on the morphometric parameters of wheat seedlings in an aqueous culture, and the content of indole-3-acetic acid (IAA) in the microbial culture fluid was measured. The lactic acid bacteria – yeast consortium exhibited higher biological activity compared to monocultures. The optimal concentration for stimulating wheat growth was found to be a 1.0 % solution of the consortium. The plant growth-promoting ability of the lactic acid bacteria and yeast is attributed to their capacity to synthesize phytohormones. Field experiments demonstrated that the microbial consortium increased grain yield, protein content, microelements (Zn, Fe), and nutrients (N, P, K) in wheat grains. A comparative analysis of the efficacy of the bioproduct "Baikal EM-1" and the microbial consortium showed that treatment with the consortium led to greater accumulation of macroelements in the grains, higher yield, increased protein content, and protein output. The studied consortium demonstrated higher effectiveness than the bioproduct "Baikal EM-1" and can be recommended for implementation in agriculture as an environmentally safe microbial preparation, serving as an alternative to chemical agents.*

Keywords: microbial consortium, lactic acid bacteria, yeast, wheat, growth stimulation, yield, grain quality

The authors

Viktoriya S. Rzhevskaya, PhD student, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Russia.

E-mail: viktoriyar45@mail.ru
ORCID: 0000-0003-4788-0407
SPIN-код: 1399-5542

Dr Aleksandr V. Omelchenko, Associate Professor, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Russia.

E-mail: omelchenko_tnu@mail.ru
ORCID: 0000-0002-9490-622X
SPIN-код: 7161-8836

Aleksandra A. Zharkova, Master's student, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Russia.

E-mail: alexashka.jar2000@gmail.com

Dr Anastasia V. Kryzhko, Leading Researcher, Research Institute of Agriculture of Crimea, Russia.

E-mail: nk_lib@mail.ru
ORCID: 0000-0001-5401-0579
SPIN-код: 761466

Dr Igor A. Bugara, Associate Professor, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Russia.

E-mail: bia.05@mail.ru
ORCID: 0000-0001-6594-9055
SPIN-код: 226531

**ТРЕБОВАНИЯ И УСЛОВИЯ ПУБЛИКАЦИИ СТАТЕЙ
В ВЕСТНИКЕ БФУ им. И. КАНТА**
Серия: Естественные науки



Правила публикации статей в журнале

158

1. Представляемая для публикации статья должна быть актуальной, обладать новизной, содержать постановку задач (проблем), описание основных результатов исследования, полученных автором, выводы, а также соответствовать правилам оформления.
2. Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не публиковавшимся ранее в других изданиях. При отправке рукописи в редакцию журнала автор автоматически принимает на себя обязательство не публиковать ее ни полностью, ни частично без согласия редакции.
3. Рекомендованный объем статьи – не менее 20 тыс. знаков с пробелами.
4. Все присланные в редакцию работы проходят двойное «слепое» рецензирование, а также проверку системой «Антиплагиат», по результатам которых принимается решение о возможности включения статьи в журнал. Рецензентами выступают как члены редакционной коллегии журнала, так и внешние эксперты.
5. Статьи на рассмотрение принимаются в режиме онлайн. Для этого авторам нужно зарегистрироваться на портале Единой редакции научных журналов БФУ им. И. Канта <https://journals.kantiana.ru/submit/> и следовать подсказкам в разделе «Поставить статью онлайн».
6. Решение о публикации (или отклонении) статьи принимается редакционной коллегией журнала после ее рецензирования и обсуждения.
7. Автор имеет право публиковаться в одном выпуске журнала один раз; второй раз – в соавторстве (в исключительном случае и только по решению редакционной коллегии).
8. Плата за публикацию рукописей не взимается.

Комплектность и форма представления авторских материалов

1. Статья должна содержать следующие элементы:
 - а) индекс УДК – должен достаточно подробно отражать тематику статьи (основные правила индексирования по УДК см.: <http://www.naukapro.ru/metod.htm>);
 - б) название статьи строчными буквами на русском и английском языках (*до 12 слов*);
 - в) аннотацию на русском и английском языках (*150 – 250 слов, то есть 500 печатных знаков*). Располагается перед ключевыми словами после заглавия;
 - г) ключевые слова на русском и английском языках (*4 – 8 слов*). Располагаются перед текстом после аннотации;
 - д) список литературы, оформленный в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008. Должен включать от 15 до 30 источников, не менее 50 % которых должны представлять современные (не старше 10 лет) публикации в изданиях, рецензируемых ВАК, и (или) в международных изданиях. Оптимальный уровень самоцитирования автора – не выше 10 % от списка использованных источников;
 - е) сведения об авторах на русском и английском языках (ФИО полностью, учевые степени, звания, должность, место работы (организация, город, страна), e-mail, ORCID);
 - ж) сведения о языке текста, с которого переведен публикуемый материал.
2. Ссылки на литературу в тексте статей даются только в квадратных скобках с указанием номера источника из списка литературы, приведенного в конце статьи: первая цифра – номер источника, вторая – номер страницы (например: [12, с. 4]).
3. Рукописи, не отвечающие требованиям, изложенным в пункте 1, в печать не принимаются, не редактируются и не рецензируются.