



## Влияние отбора на хозяйственно ценные признаки растительно-микробных популяций овсяницы красной

© 2020. Н. Ю. Малышева<sup>1</sup>, Т. Б. Нагиев<sup>2</sup>, Н. В. Ковалёва<sup>2</sup>, Л. Л. Малышев<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup>ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля им. А. Г. Лорха», пос. Красково, Московская обл., Российская Федерация

Экологизация сельскохозяйственного производства и в то же время повышение его эффективности возможны с помощью применения бактериальных препаратов. В полевых многолетних опытах с 2016 по 2019 год изучали хозяйственно ценные признаки растительно-микробных популяций овсяницы красной сорта Северная 82 газонно-пастбищного использования после повторного инокулирования семян, полученных от родительских популяций, которые также были созданы после инокуляции ризосферными микроорганизмами на основе препаратов Мобилин 880, Азоризин 8, Азоризин 6, Флавобактерин, Агрофил и Ризоагрин. В опыте посева 2016 г. растения первого года жизни из популяции с Мобилином 880 по высоте (82 см) существенно превысили растения контрольного варианта без инокуляции семян (77 см, НСР<sub>05</sub> = 3,5). В опыте посева 2017 г. растения всех созданных растительно-микробных популяций второго года жизни превзошли по высоте (48-50 см) растения в контроле (45 см, НСР<sub>05</sub> = 2,3). По урожайности зеленой массы в опыте 2016 г. выделились популяции овсяницы красной с Мобилином 880 и Ризоагрином (по 1,1 т/га при урожайности в контроле 0,80 т/га, НСР<sub>05</sub> = 0,23). Пролонгирование влияния Флавобактерина в опыте не отмечено. Перспективными по признаку «высокая урожайность семян» оказались растительно-микробные популяции с препаратами Азоризин 8 и Мобилин 808: в третьем поколении они имели более высокую семенную продуктивность (0,144 и 0,152 т/га соответственно) по сравнению с контролем без инокуляции (0,076 т/га, НСР<sub>05</sub> = 0,064). Для создания высокопродуктивных по урожайности семян растительно-микробных популяций овсяницы красной следует проводить поиск высокопродуктивных родительских популяций, инокулированных ассоциативными симбионтами, с последующей инокуляцией дочерних популяций теми же бактериальными препаратами.

**Ключевые слова:** *Festucarubra* L., ассоциативные diaзотрофные микроорганизмы, отбор, продуктивность

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля им. А. Г. Лорха» (тема № 0672-2020-0011) (шифр АААА-А19-119052290062-5).

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

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Малышева Н. Ю., Нагиев Т. Б., Ковалёва Н. В., Малышев Л. Л. Влияние отбора на хозяйственно ценные признаки растительно-микробных популяций овсяницы красной. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(6):680-687. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.680-687>

Поступила: 24.08.2020

Принята к публикации: 06.11.2020

Опубликована онлайн: 10.12.2020

## Influence of selection on economically valuable characters of plant-microbial populations of red fescue

© 2020. Natalia Yu. Malysheva<sup>1</sup>, Taleh B. Nagiev<sup>2</sup>, Nadezhda V. Kovaleva<sup>2</sup>, Leonid L. Malyshev<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup>Federal Research Center the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russian Federation,

<sup>2</sup>Lorch Potato Research Center Kraskovo, Moscow region, Russian Federation

Ecologization of agricultural production and at the same time increasing of its efficiency is possible through the use of bacterial preparations. In long-term field experiments of 2016-2019 valuable characters of plant-microbial populations of red fescue (*Festuca rubra* L.) variety Severnaya 82 of lawn and pasture use were studied after re-inoculation of seeds, obtained from the parent populations, which were also developed after inoculation with rhizosphere microorganisms on the basis of preparations of Mobilin 880, Azorizin 8, Azorizin 6, Flavobacterin, Agrofil and Rizoagrin. In the sowing experiment of 2016, plants of the first year of growth from the population with Mobilin 880 significantly exceeded in height (82 cm) the control plants without seed inoculation (77 cm, LSD<sub>05</sub> = 3.5). In the experiment of 2017, the plants of all created plant-microbial populations of the second year of growth exceeded in height (48-50 cm) the control variant plants (45 cm, LSD<sub>05</sub> = 2.3). According to the yield of green mass in the 2016 experiment, populations of red fescue with Mobilin 880 and Rizoagrin were distinguished (by 1.1 t/ha with yield in the control of 0.80 t/ha, LSD<sub>05</sub> = 0.23). The prolongation of the effect of Flavobacteria in the experiment has not been observed. Plant-microbial populations with Azorizin 8 and Mobilin 808 proved to be promising

according to the character of high seed yield: in the third generation, they had higher seed productivity (0.144 u 0.152 t/ha, respectively) compared to the control without inoculation (0.076 t/ha,  $LSD_{05} = 0.064$ ). To create highly productive plant-microbial populations of red fescue seeds, it is necessary to search among highly productive parent populations inoculated with associative symbionts, followed by inoculation of daughter populations with the same bacterial preparations.

**Keywords:** *Festuca rubra* L., associative diazotrophic bacteria, selection, productivity

**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 Lorch Potato Research Center (theme No. 0672-2020-0011) (code AAAA-A19-119052290062-5)

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors stated no conflict of interest.

**For citations:** Malysheva N. Yu., Nagiev T. B., Kovaleva N. V., Malyshev L. L. Influence of selection on economically valuable characters of plant-microbial populations of red fescue. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(6):680-687. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.680-687>

Received: 24.08.2020

Accepted for publication: 06.11.2020

Published online: 10.12.2020

Экологизация сельскохозяйственного производства и в то же время повышение его эффективности возможно с помощью применения бактериальных препаратов. Ассоциативные азотфиксирующие бактерии поселяются на корнях или в ризосфере культивируемых растений. Они синтезируют гормоны роста, продуцируют органические кислоты, способствуют лучшему усвоению культурными растениями минеральных и органических удобрений, азота, микроэлементов и подавляют рост фитопатогенов [1]. Использование азотфиксирующих бактерий, стимулирующих рост растений (plant-growth-promoting rhizobacteria – PGPR), является безопасным и устойчивым методом для агротехнологий с применением минимального количества удобрений [2].

Многие виды бактерий, в том числе *Azospirillum*, *Arthrobacter* и *Klebsiella*, усиливают рост растений после инокуляции [3]. К примеру, азоспириллы впервые были обнаружены в ризосфере зерновых культур, но они охотно поселяются на корнях других сельскохозяйственных растений [4].

В настоящее время PGPR-бактерии широко используются. Бактериальные препараты, созданные на основе бактериальных штаммов, применяют для повышения урожайности и борьбы с болезнями растений [1].

Бактериальный препарат Мобилин на основе *Klebsiella mobilis* показал себя на картофеле как ассоциативный азотфиксатор, и как стимулятор роста [5]. Также этот препарат дает прибавку урожая капусты [6]; его применяли при изучении сортов овсяницы красной [7, 8, 9].

Флавобактерин на основе бактерий рода *Flavobacterium* рекомендован для инокуляции посевного материала зерновых культур, большинства овощных культур, а также для кормовых трав. Производимый этими бактериями антибиотик флавоцин имеет широкий спектр действия на фитопатогенные микроорганизмы. Обработка препаратом Азоризин на основе *Azospirillum brasilense* давала прибавку на озимой ржи и рисе. Азоспириллы препаратов Азоризин 6 и Азоризин 8 представляют собой разные штаммы *A. brasilense*. Ризоагрин создан на основе *Agrobacterium radiobacter* (штамм 204). Этот штамм применяют для обработки пшеницы, риса, ряда кормовых злаков. Препарат Агрофил используют при выращивании овощей. Он создан на основе *Agrobacterium radiobacter* (штамм 10) [10]. Применение ассоциативных симбионтов на однолетних злаках увеличивает их продуктивность [6, 11].

Эффективность симбиоза зависит от культуры и сорта [7, 12]. Специфичность действия биопрепаратов определяется биологическими особенностями сельскохозяйственных культур.

Овсяница красная (*Festuca rubra* L.) – удобный объект для изучения ассоциативного симбиоза благодаря ее полиморфизму. Вид широко распространен на территории Российской Федерации: ареал занимает Европейскую часть России и Сибирь за исключением сухостепной и полупустынной зоны<sup>1</sup>. Вид произрастает на разных почвах, в том числе обедненных, и способен активно вступать в симбиотические отношения с аборигенными штаммами ризосферных азотфиксирующих бактерий [13].

<sup>1</sup>Афонин А. Н., Грин С. Л., Дзюбенко Н. И., Фролов А. Н. Агрэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения [Интернет-версия 2.0]. 2008. Режим доступа: <http://www.agroatlas.ru>

Сорт Северная 32 создан на основе образца, полученного из ВНИИ растениеводства (ВИР) в 1999 году [14]. Место происхождения образца – Республика Коми. Сорт характеризуется высокой конкурентоспособностью; разрастаясь, он вытесняет из посевов сорную растительность [15].

В работе была предпринята попытка оптимизировать симбиотические системы овсяницы красной. В основу селекционного процесса заложен принцип создания высоко комплементарных комбинаций макро- и микросимбионтов для создания сортов газонно-пастбищного типа с высокой семенной продуктивностью. Важным практическим приложением пролонгированного растительно-микробного взаимодействия систем является создание сортов и растительно-микробных популяций овсяницы красной газонно-пастбищного использования с высоким адаптивным потенциалом.

**Цель исследований** – оценка хозяйственно ценных признаков растительно-микробных популяций овсяницы красной сорта Северная 32 газонно-пастбищного использования, созданных в результате массового отбора по признаку высокой семенной продуктивности.

**Материал и методы.** В изучении находились растительно-микробные популяции овсяницы красной сорта Северная 32 с ассоциативными симбионтами. Научные эксперименты проводили в полевых многолетних опытах с 2017 по 2019 год на базе Ленинградского НИИСХ в Ленинградской области («Белогорка») в соответствии с методическими указаниями ВИР<sup>2</sup> и ВНИИСХМ [6]. Бактериальные препараты были получены из ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (г. Санкт-Петербург). Перед посевом создавали механические смеси семян с каждым биопрепаратом.

Процесс создания растительно-микробных популяций включал в себя следующие этапы:

1. Инокуляция семян микробными препаратами и закладка питомника инокулированными семенами (2014 г.).

2. Массовый отбор по признаку высокой семенной продуктивности [8]. Были отобраны семена выделившихся популяций, которые достоверно превзошли контрольный вариант по урожайности семян на начальной стадии эксперимента. В последующие годы отбор не проводили.

3. Повторная инокуляция семян теми же препаратами диазотрофных бактерий и выращивание растений в питомниках изучения.

Первый селекционный питомник был заложен в 2016 году. В опыт включили четыре варианта инокуляции популяции овсяницы красной препаратами Мобилин 880, Азоризин 8, Агрофил, Ризоагрин и контрольный вариант без инокуляции. Второй питомник заложили в 2017 году. Были сформированы варианты, инокулированные препаратами Мобилин 880, Азоризин 6, Азоризин 8 и Флавобактерин. В качестве контроля – вариант без препарата.

Растительно-микробные популяции овсяницы красной были посеяны в шестикратной повторности. В каждой повторности делянки располагались рандомизировано. Делянка площадью 2,8 м<sup>2</sup> состояла из двух рядков длиной два метра. Один рядок предназначался для уборки на зеленую массу, второй – на семена. Посев широкорядный с междурядьями 0,7 м. Расстояние между делянками – 0,7 м. Высоту растений измеряли перед укосом, который проводили в начале колошения. Во всех вариантах опыта минеральные удобрения не применяли. Почва на опытном участке дерново-подзолистая среднесуглинистая слабокислая (рН<sub>KCl</sub> = 5,1).

Статистическую обработку данных (вычисление основных параметров изменчивости и дисперсионный анализ) проводили с использованием пакета STATISTICA 12.0.

Летний период 2017 г. характеризовался значительным переувлажнением при недостатке тепла. В 2018 г. метеорологические условия в период проведения учетов отличались избытком тепла и недостатком влаги. Количество осадков в апреле было примерно в два раза больше нормы; в мае и июне осадков выпало в два раза меньше нормы, в июле – около двух месячных норм. В 2019 г. также наблюдали избыток тепла и недостаток влаги: апрель был теплее, май – на уровне средних многолетних значений; июнь – очень теплым, а средняя температура июля и августа – ниже средних многолетних. Количество выпавших осадков в апреле было примерно в 2 раза меньше нормы; в мае осадков выпало в 2 раза выше нормы, в июне – в 4 раза ниже нормы, в июле – соответствовало средним многолетним, в августе – в 2 раза ниже нормы. В мае-июне 2017 и 2019 гг.

<sup>2</sup>Иванов А. И., Бухтеева А. В., Шутова З. П., Тихомирова И. А., Сосков Ю. Д., Синяков А. А., Базылев Е. Я. Изучение коллекции многолетних кормовых растений: методические указания. Л.: 1985, 48 с.

погодные условия благоприятствовали формированию генеративных органов овсяницы красной, активному нарастанию вегетативной массы и оптимальному функционированию ризобиального компонента агрофитоценоза.

В 2018 г. засуха в мае привела к более слабому развитию генеративной сферы.

**Результаты и их обсуждение.** На первом этапе изучения в 2014 году были выделены растительно-микробные популяции овсяницы красной сорта Северная 32 с высокой семенной продуктивностью. У лучших вариантов завязалось 49,6-80,1 % семян, тогда как у контрольного варианта – 39,7 %. Эти же родительские номера достоверно превышали по урожайности семян контроль без инокуляции на 0,77-1,31 ц/га [9]. Из инокулированных семян высокоурожайных популяций были созданы новые родительские популяции, потомки которых оценивали в настоящем опыте.

В первом опыте в 2017 году растения второго года жизни из экспериментально созданной растительно-микробной популяции с Ризоагрином самые низкорослые (табл. 1); по высоте различия достоверны с популяциями,

инокулированными Мобилином 880 и Азоризином 8, недостоверны – с контролем и популяцией с Агрофилом. Самые высокорослые, по сравнению с остальными, растения происходят из популяции с Мобилином 880; их высота достоверно отличается от контроля, популяции с Агрофилом и Ризоагрином. Менее высокорослая популяция с Азоризином 8 не имеет достоверных различий по высоте растений с контролем и популяциями с Агрофилом и Мобилином 880.

В 2018 году, как и в предыдущем, растения из популяции с Ризоагрином самые низкорослые (табл. 1); различия по высоте достоверны с популяциями, инокулированными Мобилином 880 и Азоризином 8 и контролем, недостоверны – с популяцией с Агрофилом. По высоте выделились популяция с Мобилином 880 и контроль; они достоверно отличаются высотой с популяциями с Ризоагрином и Агрофилом и не имеют достоверных различий с популяцией с Азоризином 8. Нет достоверных различий между высотой двух популяций: с Азоризином 8 и Агрофилом.

**Таблица 1 – Хозяйственно ценные признаки растительно-микробных популяций овсяницы красной сорта Северная 32 (Ленинградский НИИСХ «Белогорка», 2016-2018 гг.) /**

**Table 1 – Economically valuable characters of plant-microbial populations of red fescue variety Severnaya 32 (Leningrad Research Institute of Agriculture «Belogorka», 2016-2018)**

Вариант / Variant	Год / Year		Высота, см / Height, cm	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	
	посева / sowing	изучения / study		зеленая масса / green mass	семена / seeds
Контроль / Control	2016	2017	77	-	0,328
Мобилин 880 / Mobilin 880	2016	2017	82*	-	0,459
Азоризин 8 / Azorizin 8	2016	2017	80	-	0,447
Агрофил / Agrofil	2016	2017	77	-	0,405
Ризоагрин / Rizoagrין	2016	2017	75	-	0,337
HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	-	-	3,5	-	0,260
Контроль / Control	2016	2018	74	0,80	-
Мобилин 880 / Mobilin 880	2016	2018	73	1,10*	-
Азоризин 8 / Azorizin 8	2016	2018	69	0,80	-
Агрофил / Agrofil	2016	2018	64*	0,70	-
Ризоагрин / Rizoagrין	2016	2018	60*	1,10*	-
HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	-	-	7,4	0,23	-

\* Достоверные различия при P = 0,95 / Significant differences with P = 0.95

В 2018 году по урожайности зеленой массы выделились самая высокорослая популяция с Мобилином 880 и самая низкорослая – с Ризоагрином. Можно предположить, что

хорошая кустистость последней популяции привела к подобному результату, поскольку специальное исследование на эту тему не проводили. Различия с остальными популяциями

достоверны. Достоверной разницы нет между популяциями с Азоризином 8, Агрофилом и контролем.

По урожайности семян выделили три группы популяций: с высокой урожайностью (с Мобилином 880 и Азоризином 8), средней (с Агрофилом) и низкой (с Ризоагрином и контрольный вариант без обработки). Различия между группами достоверны.

В 2018 году растения всех созданных растительно-микробных популяций второго года жизни во втором опыте (табл. 2) превзошли по высоте контрольный вариант; различия достоверны. Различия по высоте между экспе-

риментальными популяциями недостоверны. В 2019 году достоверных различий по высоте растений всех изучаемых популяций, в том числе и контроля, не обнаружено.

В 2018 году самый высокий урожай зеленой массы у популяции с Флавобактерином: имеется достоверная разница с остальными сорто-микробными популяциями; различия с контролем без инокуляции недостоверны. Между всеми остальными вариантами опыта различия не обнаружены. В 2019 году все экспериментальные популяции и контроль не имели различий по урожайности зеленой массы.

**Таблица 2 – Хозяйственно ценные признаки растительно-микробных популяций овсяницы красной сорта Северная 32 (Ленинградский НИИСХ «Белогорка», 2017-2019 гг.).**

**Table 2 – Economically valuable characters of plant-microbial populations of red fescue variety Severnaya 32 (Leningrad Research Institute of Agriculture «Belogorka», 2017-2019)**

Вариант / Variant	Год / Year		Высота, см / Height, cm	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	
	посева / sowing	изучения / study		зеленая масса / green mass	семена / seeds
Контроль / Control	2017	2018	45	3,30	-
Мобилин 880 / Mobilin 880	2017	2018	49*	3,00	-
Азоризин 8 / Azorizin 8	2017	2018	48*	2,60	-
Азоризин 6 / Azorizin 6	2017	2018	48*	2,10*	-
Флавобактерин / Flavobakterin	2017	2018	50*	4,00	-
НСП <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	-	-	2,3	0,89	-
Контроль / Control	2017	2019	76,4	1,02	0,076
Мобилин 880 / Mobilin 880	2017	2019	75,4	1,14	0,152*
Азоризин 8 / Azorizin 8	2017	2019	76,0	1,06	0,144*
Азоризин 6 / Azorizin 6	2017	2019	76,1	1,03	0,119
Флавобактерин / Flavobakterin	2017	2019	77,7	0,99	0,124
НСП <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	-	-	3,8	0,21	0,064

\* Достоверные различия при P = 0,95 / Significant differences with P = 0.95

В 2019 году популяции, обработанные препаратами Азоризин 8 и Мобилин 808, превзошли по продуктивности семян контрольный вариант, но не отличались достоверно от популяций, обработанных другими микробными препаратами. Разницы между урожайностью семян популяций с Азоризином 6, Флавобактерином и контролем не обнаружено.

В ранее проведенных исследованиях указывали на внутрисортовое разнообразие эффективности ассоциативных взаимодействий в разных растительно-микробных популяциях двух сортов овсяницы красной после инокуляции препаратами Азоризин 8, Азори-

зин 6, Мобилин и Флавобактерин [9]. В настоящем эксперименте подтвердилось пролонгированное воздействие препаратов с diazotrophic микроорганизмами на растения в ряду поколений.

**Выводы.** Изучены растительно-микробные популяции овсяницы красной газонно-пастбищного использования сорта Северная 32, сформированные из начальных популяций путем массового отбора по признаку высокой семенной продуктивности.

В эксперименте 2017-2019 гг. не были обнаружены достоверные различия между изучаемыми популяциями по высоте растений,

в том числе от контрольного варианта; по урожайности зеленой массы созданные популяции не отличались друг от друга (кроме популяции с Флавобактерином в 2018 году). Популяция с Флавобактерином на второй год жизни превзошла все остальные популяции по продуктивности зеленой массы, но на третий год эффективность симбиоза уменьшилась, и урожайность зеленой массы была на уровне остальных популяций. Пролонгирование воздействия Флавобактерина в опыте не было отмечено.

В результате изучения растительно-микробные популяции, инокулированные препаратами Азоризин 8 и Мобилин 808, оказались перспективными по признаку высокой уро-

жайности семян. Популяции овсяницы красной сорта Северная 32 с препаратами Азоризин 8 и Мобилин в третьем поколении имели более высокую семенную продуктивность по сравнению с вариантом без инокуляции. Можно полагать, что для создания высокопродуктивных по урожайности семян растительно-микробных популяций овсяницы красной, следует проводить поиск исходного материала – высокопродуктивных родительских популяций, инокулированных ассоциативными симбионтами, с последующей инокуляцией дочерних популяций теми же бактериальными препаратами. Такой подход является эффективным методом селекции, экономит время и ресурсы.

#### *Список литературы*

1. Тихонович И. А., Кожемяков А. П., Чеботарь В. К., Круглов Ю. В., Кандыбин Н. В., Лаптев Г. Ю. Биопрепараты в сельском хозяйстве: методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве: монография. М.: Россельхозакадемия, 2005. С. 18-54.
2. Кожемяков А. П., Лактионов Ю. В., Попова Т. А., Орлова А. Г., Кокорина А. Л., Вайшля О. Б., Агафонов Е. В., Гужвин С. А., Чураков А. А., Яковлева М. Т. Агротехнологические основы создания усовершенствованных форм микробных биопрепаратов для земледелия. Сельскохозяйственная биология. 2015;50(3):369-376. DOI: <https://doi.org/10.15389/Agrobiology.2015.3.369rus>
3. Prasad M., Srinivasan R., Chaudhary M., Choudhary M., Jat L. K. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) for sustainable agriculture: perspectives and challenges. In: PGPR Amelioration in Sustainable Agriculture. Food Security and Environmental Management. 2019. pp. 129-157. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2017-0-03466-3>
4. Bashan Y., L. E de-Bashan. How the plant growth-promoting bacterium Azospirillum promotes plant growth – a critical assessment. Advances in Agronomy. 2010;108:77-136. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)08002-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)08002-8)
5. Pishchik V. N., Chernyaeva I. I., Kozhemiakov A. P., Vorobyov N. I., Lazarev A. M., Kozlov L. P. Effect of inoculation with nitrogen fixing Klebsiella on potato yield. Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Symposium nitrogen fixation with non-legumes: Nitrogen fixation with non-legumes. 1998. pp. 223-225. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-011-5232-7\\_25](https://doi.org/10.1007/978-94-011-5232-7_25)
6. Завалин А. А. Биопрепараты, удобрения и урожай. М.: Изд-во ВНИИА, 2005. 302 с.
7. Донсков С. А. Урожайность сухого вещества растительно-микробных систем овсяницы красной с ризосферными азотфиксаторами. Адаптивное кормопроизводство. 2011;(3):48-52.
8. Поздняков В. А., Малашин С. Н., Волкова В. А. Метод оценки растительно-микробных систем овсяницы красной газонного и пастбищного использования в селекционных питомниках и перспективные образцы. СПб., 2012. 18 с.
9. Поздняков В. А., Поздняков А. В., Дрижаченко А. И. Приемы формирования перспективных растительно-микробных систем овсяницы красной. Известия Санкт-Петербургского Аграрного Университета. 2017;(4(49)):38-45. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32414084>
10. Соболева О. М. Роль ризосферных бактерий в повышении экологизации агроценозов. Достижения науки и техники АПК. 2018;32(5):19-22. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10504>
11. Завалин А. А., Сидачова М. С., Кожемяков А. П., Чеботарь В. К. Использование биопрепаратов комплексного действия при возделывании ячменя. Плодородие. 2005;(2(23)):31-33.
12. Степанова Г. В., Леонидова Т. В. Влияние биологической азотфиксации овсяницы красной на плодородие почвы в условиях Нечерноземной зоны России. Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: средообразующие функции кормовых растений и экосистем: сб. науч. тр. ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса. М.: Угрешская типография, 2014. В. 3(51). С. 19-30.
13. Малашин С. Н., Осипов А. И. Влияние азотфиксирующих микроорганизмов на урожайность овсяницы красной. Современная агрофизика – высоким агротехнологиям: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. СПб., 2007. С. 122-124.

14. Алмантас Г. А. Исходный материал для селекции овсяницы красной. Научно-технический бюллетень ВНИИ растениеводства. 1990;198:33-36.

15. Кожемяков А. П., Белоброва С. Н., Орлова А. Г. Создание и анализ базы данных по эффективности микробных биопрепаратов комплексного действия. Сельскохозяйственная биология. 2011;46(3):112-115. Режим доступа: <http://www.agrobiology.ru/3-2011kozhemyakov.html>

### References

1. Tikhonovich I. A., Kozhemyakov A. P., Chebotar' V. K., Kruglov Yu. V., Kandybin N. V., Laptev G. Yu. *Biopreparaty v sel'skom khozyaystve: metodologiya i praktika primeneniya mikroorganizmov v rastenievodstve i kormoproizvodstve: monografiya*. [Biological preparations in agriculture: methodology and practice of application of microbes in plant and forage industry: monograph]. Moscow: *Rossel'khozakademiya*, 2005. pp. 18-54.

2. Kozhemyakov A. P., Laktionov Yu. V., Popova T. A., Orlova A. G., Kokorina A. L., Vayshlya O. B., Agafonov E. V., Guzhvin S. A., Churakov A. A., Yakovleva M. T. *Agrotekhnologicheskie osnovy sozdaniya usovershenstvovannykh form mikrobykh biopreparatov dlya zemledeliya*. [The scientific basis for the creation of new forms of microbial biochemicals]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2015;50(3):369-376. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/Agrobiology.2015.3.369rus>

3. Prasad M., Srinivasan R., Chaudhary M., Choudhary M., Jat L. K. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) for sustainable agriculture: perspectives and challenges. In: *PGPR Amelioration in Sustainable Agriculture. Food Security and Environmental Management*. 2019. pp. 129-157. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2017-0-03466-3>

4. Bashan Y., L. E de-Bashan. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth – a critical assessment. *Advances in Agronomy*. 2010;108:77-136. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)08002-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)08002-8)

5. Pishchik V. N., Chernyaeva I. I., Kozhemiakov A. P., Vorobyov N. I., Lazarev A. M., Kozlov L. P. Effect of inoculation with nitrogen fixing *Klebsiella* on potato yield. *Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Symposium nitrogen fixation with non-legumes: Nitrogen fixation with non-legumes*. 1998. pp. 223-225. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-011-5232-7\\_25](https://doi.org/10.1007/978-94-011-5232-7_25)

6. Zavalin A. A. *Biopreparaty, udobreniya i urozhay*. [Bio-preparations, fertilizers and yield]. Moscow: *Izdatel'stvo VNIIA*, 2005. 302 p.

7. Donskov S. A. *Urozhaynost' sukhogo veshchestva rastitel'no-mikrobykh sistem ovsyantsy krasnoy s rizosfernymi azotfiksatorami*. [The productivity of dry matter the plant-microbial systems of red fescue (*Festuca rubra* L.) and rhizospheric nitrogen fixers]. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo = Adaptive fodder production*. 2011;(3):48-52. (In Russ.).

8. Pozdnyakov V. A., Malashin S. N., Volkova V. A. *Metod otsenki rastitel'no-mikrobykh sistem ovsyantsy krasnoy gazonnogo i pastbishchnogo ispol'zovaniya v selektsionnykh pitomnikakh i perspektivnye obraztsy*. [Method for evaluating plant-microbial systems of red fescue for lawn and pasture use in breeding nurseries and promising samples]. Saint-Petersburg, 2012. 18 p.

9. Pozdnyakov V. A., Pozdnyakov A. V., Drizhachenko A. I. *Priemy formirovaniya perspektivnykh rastitel'no-mikrobykh sistem ovsyantsy krasnoy*. [Techniques for forming promising plant-microbial systems of red fescue]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo Agrarnogo Universiteta = Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2017;(4(49)):38-45. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32414084>

10. Soboleva O. M. *Rol' rizosfernykh bakteriy v povyshenii ekologizatsii agrotsenozov*. [Role of rhizosphere bacteria in enhancing the ecologization of agroecosis]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2018;32(5):19-22. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10504>

11. Zavalin A. A., Sidakova M. S., Kozhemyakov A. P., Chebotar' V. K. *Ispol'zovanie biopreparatov kompleksnogo deystviya pri vozdeleyvanii yachmenya*. [The use of complex biological products in the cultivation of barley]. *Plodorodie*. 2005;(2(23)):31-33. (In Russ.).

12. Stepanova G. V., Leonidova T. V. *Vliyanie biologicheskoy azotfiksatsii ovsyantsy krasnoy na plodorodie pochvy v usloviyakh Nechernozemnoy zony Rossii*. [Influence of biological nitrogen fixation of red fescue on the fertility of soils in condition of Nonchernozem zone of Russia]. *Mnogofunktsional'noe adaptivnoe kormoproizvodstvo: sredoobrazuyushchie funktsii kormovykh rasteniy i ekosistem: sb. nauch. tr. VNII kormov im. V.R. Vil'yamsa*. [Multifunctional adaptive forage industry: environment formative functions of forage plants and ecosystems: collection of proceedings All-Russian Williams Fodder Research Institute]. Moscow: *Ugreshskaya tipografiya*, 2014. Iss. 3(51). pp. 19-30.

13. Malashin S. N., Osipov A. I. *Vliyanie azotfiksiruyushchikh mikroorganizmov na urozhaynost' ovsyantsy krasnoy*. [Influence of nitrogen-fixing micro organisms on the yield of red fescue]. *Sovremennaya agrofizika – vysokim agrotekhnologiyam: mat-ly Mezhdunar. nauch.- prakt. konf.* [Modern agrophysics for advanced agricultural technologies: Proceedings of International scientific and practical conference]. Saint-Petersburg, 2007. pp. 122-124.

14. Almantas G. A. *Iskhodnyy material dlya selektsii ovsyantsy krasnoy*. [Source material for breeding red fescue]. *Nauchno-tekhnicheskiiy byulleten' VNII rasteniyevodstva*. 1990;198:33-36. (In Russ.).

15. Kozhemyakov A. P., Belobrova S. N., Orlova A. G. *Sozdanie i analiz bazy dannykh po effektivnosti mikrobnyykh biopreparatov kompleksnogo deystviya*. [Creating and analyzing a database on the efficiency of microbial preparations of complex action]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2011;46(3):112-115. URL: <http://www.agrobiology.ru/3-2011kozemyakov.html>

#### **Сведения об авторах**

**Мальшева Наталья Юрьевна**, кандидат с.-х. наук, ст. научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова», ул. Большая Морская, д. 42-44, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 190000, e-mail: [secretary@vir.nw.ru](mailto:secretary@vir.nw.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5688-6694>

**Нагиев Талех Балага оглы**, кандидат с.-х. наук, ст. научный сотрудник, Ленинградский НИИСХ «БЕЛОГОРКА» – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля им. А. Г. Лорха», ул. Институтская, д. 1, д. Белогорка, Гатчинский район, Ленинградская область, Российская Федерация, 188338, e-mail: [lenniish@mail.ru](mailto:lenniish@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4594-5799>

**Ковалева Надежда Владимировна**, ст. научный сотрудник, Ленинградский НИИСХ «БЕЛОГОРКА» – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля им. А. Г. Лорха», ул. Институтская, д. 1, д. Белогорка, Гатчинский район, Ленинградская область, Российская Федерация, 188338, e-mail: [lenniish@mail.ru](mailto:lenniish@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9020-8336>

✉ **Мальшев Леонид Леонидович**, кандидат с.-х. наук, вед. научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова», ул. Большая Морская, д. 42-44, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 190000, e-mail: [secretary@vir.nw.ru](mailto:secretary@vir.nw.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8595-1336>, e-mail: [l.malyshev@vir.nw.ru](mailto:l.malyshev@vir.nw.ru)

#### **Information about the authors**

**Natalia Yu. Malysheva**, PhD of Agriculture, senior researcher, Federal Research Center the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Bolshaya Morskaya str., 42-44, St. Petersburg, Russian Federation, 190000, e-mail: [secretary@vir.nw.ru](mailto:secretary@vir.nw.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5688-6694>

**Taleh B. Nagiev**, PhD of Agriculture, senior researcher, Leningrad Research Institute of Agriculture «Belogorka» – branch Lorch Potato Research Center, st. Institutskaya, 1, Belogorka village, Gatchinsky district, Leningrad region, Russian Federation, 188338, e-mail: [lenniish@mail.ru](mailto:lenniish@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4594-5799>

**Nadezhda V. Kovaleva**, senior researcher, Leningrad Research Institute of Agriculture «Belogorka» – branch Lorch Potato Research Center, st. Institutskaya, 1, Belogorka village, Gatchinsky district, Leningrad region, Russian Federation, 188338, e-mail: [lenniish@mail.ru](mailto:lenniish@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9020-8336>

✉ **Leonid L. Malyshev**, PhD of Agriculture, leading researcher, Federal Research Center the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Bolshaya Morskaya str., 42-44, St. Petersburg, Russian Federation, 190000, e-mail: [secretary@vir.nw.ru](mailto:secretary@vir.nw.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8595-1336>, e-mail: [l.malyshev@vir.nw.ru](mailto:l.malyshev@vir.nw.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author