

Изменение продуктивности и питательной ценности райграса под влиянием биопрепаратов

Андрей Викторович Платонов¹, Ирина Игоревна Рассохина¹, Георгий Юрьевич Лаптев², Владислав Николаевич Большаков²

¹Вологодский научный центр Российской академии наук, г. Вологда, Россия; e-mail: bio@volnc.ru

²ООО «Биотроф», г. Пушкин, Россия; e-mail: laptev@biotrof.ru

Аннотация. В статье рассмотрено влияние биопрепаратов микробного происхождения на урожайность райграса однолетнего и качественные характеристики корма, полученного при силосовании зеленой массы культуры. Внесение препаратов, произведенных на основе живых штаммов микроорганизмов *Bacillus subtilis* («Натурост»), *Lactobacillus buchneri* («Натурост-Актив») и *Bacillus megaterium* («Натурост-M»), осуществлялось путем замачивания семян и обработкой вегетирующих органов растений. Мелкоделяночные полевые исследования проводили в Вологодской области в 2019–2020 гг., опыт по силосованию ставили в лабораторных условиях. Под влиянием биопрепаратов продуктивность зеленой массы райграса повышается до 41,2 %. Также биопрепараты оказали влияние на сохранность питательных веществ в полученном силосе, выход кормовых единиц и обменной энергии в силосуемой массе райграса с площади посева опытных вариантов выше по сравнению с контролем на 36,2–52,8 и 31,3–42,8 % соответственно. Большая урожайность зеленой массы получена в опытах с использованием препарата «Натурост-Актив» в 2019 г. и «Натурост» в 2020 г. По физико-химическим показателям и питательной ценности лучший корм получен из биомассы райграса в варианте с внесением препарата на основе бактерий *Bacillus subtilis* («Натурост»).

Ключевые слова: биопрепараты, питательная ценность, продуктивность, райграс однолетний; силос.

Для цитирования: Платонов А. В., Рассохина И. И., Лаптев Г. Ю., Большаков В. Н. Изменение продуктивности и питательной ценности райграса под влиянием биопрепаратов // Аграрный научный журнал. 2021. № 10. С. 42–46. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i10pp42-46>.

AGRONOMY

Original article

Changes of the productivity and nutritional value of ryegrass under the influence of biologics

Andrey V. Platonov¹, Irina I. Rassokhina¹, Georgiy Yu. Laptev², Vladislav N. Bol'shakov²

¹Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences, Vologda, Russia, bio@volnc.ru

²LLC "Biotrof", Pushkin, Russia, e-mail: laptev@biotrof.ru.

Abstract. The article explores the impact of microbial biologics on the yield of one-year ryegrass and the quality characteristics of feed obtained during the silage of green crop mass. The introduction of preparations, made on the basis of live strains of microorganisms – *Bacillus subtilis* ("Naturost"), *Lactobacillus buchneri* ("Naturost-Aktiv"), and *Bacillus megaterium* ("Naturost-M"), was carried out by soaking the seeds before sowing and processing vegetative organs of plants. Small-scale field studies were conducted in the Vologda Oblast in 2019–2020, and silage experiments were held in a laboratory. Under the influence of biologics, the productivity of ryegrass green mass has increased up to 41.2 %. Moreover, biologics had an impact on the preservation of nutrients in the produced silage, the yield of feed units, and exchange energy in ryegrass silage mass from the seeding area of the experimental variants was higher, compared to the control, by 36.2–52.8% and 31.3–42.8%, respectively. A high yield of green crop mass was obtained in experiments using the "Naturost-Aktiv" and "Naturost" biologics. In terms of physical and chemical parameters and nutritional value, the best feed was obtained from ryegrass biomass in the variant with a preparation based on *Bacillus subtilis* ("Naturost") bacteria.

Keywords: biologics, nutritional value, productivity, one-year ryegrass, silage.

For citation: Platonov A. V., Rassokhina I. I., Laptev G. Yu., Bol'shakov V. N. Changes of the productivity and nutritional value of ryegrass under the influence of biologics. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2021;(10): 42–46 (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i10pp42-46>.

Введение. Эффективность молочного скотоводства напрямую зависит от достижений в кормопроизводстве и растениеводстве. Основным лимитирующим фактором увеличения объемов молочного производства является низкое качество заготавливаемых объемистых кормов, которые формируют основу рациона крупного рогатого скота, определяют тип кормления, количество и качество включаемых комбикормов и кормовых добавок [4]. На территории Вологодской области посевы кормовых трав составляют более 65 % от общих посевых площадей [10].

Райграс однолетний является перспективной кормовой культурой для районов достаточного и избыточного увлажнения [12]. Он способен быстро отрастать, а мощное развитие травостоя позволяет получать высокие урожаи кормовой массы и семян [9]. Так, в условиях Северо-Запада Российской Федерации при высокой агротехнике райграс однолетний способен достичь продуктивности по зеленой массе до 30 т/га, по сену до 8 т/га [12].

Показано, что использование микробных препаратов способствует увеличению ростовых параметров растений. Например, в исследованиях М.Л. Сидоренко и др. (2021) выявлено стимулирующее влияние азотфиксированных и фосфатмобилизующих бактерий на всхожесть семян злаковых растений, а также на ростовые параметры их вегетативных органов [8]. Помимо ростстимулирующего эффекта немаловажную роль играет способность микроорганизмов угнетать патогенные бактерии и грибы. Данное свойство характерно в том числе и для многих представителей рода *Bacillus*, о чем свидетельствуют исследования Т.М. Сидоровой с соавторами [11].

Кроме того, многие биологические препараты микробного состава успешно используются с целью повышения качества силосуемого корма. Так, показана эффективность препарата «Биоконт», который представляет собой концентрат молочнокислых стрептококков и палочек, пропионовых и бифидобактерий. Авторы работы отмечают, что препарат улучшил качества силоса, что выражалось в повышении его



энергоемкости и увеличении доли сырого протеина [6]. Показано снижение потерь питательных веществ и увеличение энергетической ценности сухого вещества силоса люцерны при использовании препарата «Биотроф», созданного на основе молочнокислых бактерий [7].

Цель исследования – оценить влияние биопрепаратов микробного происхождения на урожайность культуры и качественные характеристики корма, полученного при силосовании зеленой массы райграса.

Методика исследований. Эксперимент по изучению влияния биопрепаратов на райграс однолетний (сорт Изорский) проводили на опытном поле ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук» (ВоНЦ РАН) в 2019–2020 гг. Почва на экспериментальных делянках осущененная дерново-подзолистая, среднесуглинистая.

Мелкоделяночный полевой эксперимент включал в себя 4 варианта: контроль (обработка водой), «Натурост» (внесение препарата на основе культуры клеток *Bacillus subtilis*), «Натурост-Актив» (внесение препарата на основе культуры клеток *Lactobacillus buchneri*) и «Натурост-М» (внесение препарата на основе культуры клеток *Lactobacillus buchneri*). Биопрепараты, используемые в работе, производятся ООО «Биотроф» (г. Санкт-Петербург). Повторность опыта четырехкратная, площадь учетной делянки 6 м². Посев происходил в соответствии с принятыми нормами высева – 25–30 кг семян/га [5]. Перед посевом семена опытных групп замачивали в рабочих растворах препаратов в концентрации 1 мл препарата на 1 л воды в течение 2 ч, семена контрольной группы – в воде. Кроме того, через 1 месяц после посева и через 2 недели после укоса проводили опрыскивание растений рабочими растворами согласно рекомендациям производителя в концентрации 1 л препарата на 1 га.

Уход за культурами происходил в соответствии с общепринятыми агротехническими приемами, минеральные удобрения не вносились. В течение эксперимента проводили учет биомассы, культуру скашивали дважды за вегетационный период в фазу начала колошения. Опыт по силосованию проводили в 2019 г., силос из зеленой массы готовили в лабораторных сосудах объемом 0,5 л (в 4-кратной повторности) в соответствии с методическими рекомендациями по консервированию и хранению объемистых кормов [1], емкости хранили при температуре 16–18 °C в течение 80 сут., затем пробы вскрывали и проводили анализы. Качество силосной массы и содержание питательных веществ в корме оценивали в лаборатории химического анализа кормов СЗНИИМПХ (г. Вологда) в соответствии с ГОСТ Р 55986-2014.

Статистическую обработку данных проводили по стандартным методикам с использованием пакета анализа данных программы MS Excel'2010. Представлены средние значения показателей (*M*), величины их стандартных отклонений (*±SD*) и наименьшая существенная разница (НСР). Оценку достоверности различия выборочных средних проводили при значении доверительной вероятности 0,95.

Результаты исследований. Данные рис. 1 показывают, что внесение микробиологических препаратов существенно увеличило продуктивность райграса однолетнего. Так, в 2019 г. исследования под влиянием препаратов зеленая масса первого укоса возрасла на 46,3–65,5 %, биомасса второго укоса – на 13,7–29,5 %. Суммарная урожайность зеленой массы райграса в вариантах с внесением биопрепаратов по сравнению с контролем достоверно увеличивалась до 41,2 %. Полученные результаты урожайности райграса однолетнего 2020 г. посева в целом повторяют данные 2019 г. Однако в исследованиях 2020 г. наблюдается несколько большая продуктивность райграса во всех вариантах, что можно объяснить иными климатическими условиями вегетационного периода, а также установлено снижение разницы в продуктивности зеленой массы между контрольным и опытными вариантами по сравнению с 2019 г., продуктивность райграса возрастает на 18,0–24,1 % в зависимости от используемого биопрепарата.

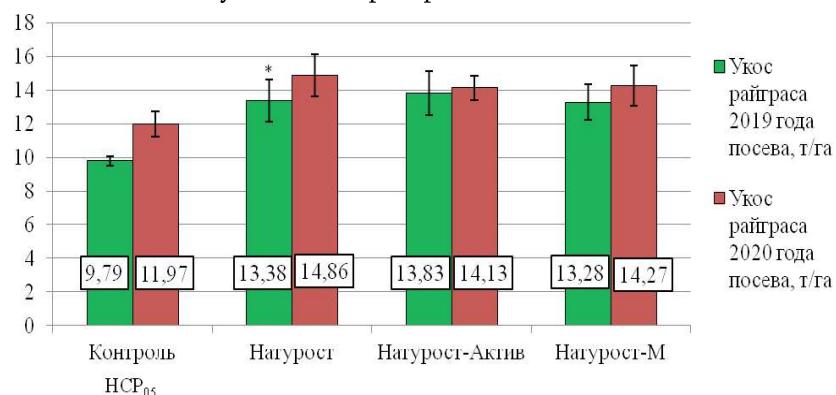


Рис. 1. Урожайность зеленой массы райграса однолетнего

Примечание: * – разница по сравнению с контролем статистически достоверна при $P < 0,05$; ** – разница по сравнению с контролем статистически достоверна при $P < 0,01$.

Такая существенная прибавка зеленой массы под влиянием биопрепаратов может объясняться рядом причин. Так, например, установлено, что использование препаратов диазотрофных бактерий при возделывании разных небобовых культур способно заменить применение минеральных азотных удобрений в дозах N_{20-60} , обеспечивая прибавку урожая зерновых и технических видов на 11–48 %, а при благоприятных условиях – до



73 %. В опытах с райграском однолетним сорта Рапид показано, что предпосевная инокуляция семян препаратом Азоризин 8 (*Azospirillum brasiliense*, штамм 8) по эффективности действия сравнима с внесением минерального азота в дозе N₃₀ [3]. Неоднократно доказывалось, что микроорганизмы родов *Bacillus* и *Lactobacillus*, входящие в состав биопрепаратов, способны к синтезу биологически активных веществ и фитогормонов, которые способны оказывать ростстимулирующее влияние на культурные растения [15; 16]. В свою очередь стимуляция роста, как правило, коррелирует с продуктивностью фотосинтеза и отражается на урожайности зеленой массы [14], что подтверждается результатами и нашего исследования.

С учетом выхода кормовых единиц и обменной энергии в силосуемой массе райграса разница в продуктивности между опытными вариантами и контролем достигает 36,2–52,8 и 31,3–42,8 % соответственно (рис. 2).

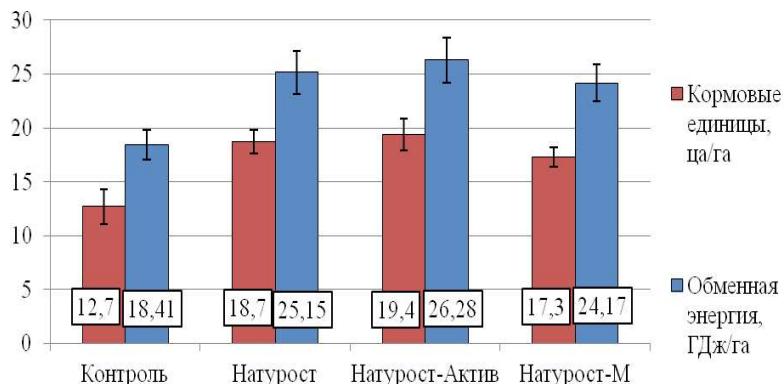


Рис. 2. Продуктивность райграса однолетнего при силосовании

Примечание: * – разница по сравнению с контролем статистически достоверна при P < 0,05

В ряде работ показано улучшение питательной ценности кормовых культур под влиянием биопрепаратов. Так, например, применение Флавобактерина в условиях Вологодской области достоверно увеличивало содержание сырого протеина в зерне озимой ржи на 0,23–0,77 %, зерне ячменя на 0,23–1,31 % и в клубнях картофеля на 0,14–1,07 % [2, 13].

При заготовке кормов особое значение имеет не только продуктивность кормовых трав, но и качество корма, а также его питательная ценность. Качество полученного силоса оценивали согласно ГОСТ Р 55986-2014. Органолептические показатели и цвет корма соответствовали нормативным требованиям, плесени на поверхности образцов не наблюдалось. Результаты табл. 1 показывают, что внесение биопрепаратов способствовало повышению качества полученного корма. Так, в силосе опытных вариантов наблюдается более высокое содержание кормовых единиц и происходит некоторое увеличение содержания сухого вещества. Во всех опытных вариантах корма отмечается довольно высокое содержание легкопереваримых углеводов (выше в 1,54–2,42 раза по сравнению с контролем), что, вероятно, и привело большему количеству кормовых единиц в силосе (выше по сравнению с контролем на 3,3–14,8 %). Также в опытных вариантах отмечено несколько более высокое содержание жиров и каротина.

Таблица 1

Питательная ценность силоса

Показатели	Контроль	Натурост	Натурост-Актив	Натурост-М
Сухое вещество, г/кг корма при натуральной влажности	206,46	209,46	214,90	206,61
В 1 кг сухого вещества				
Кормовые единицы	0,61	0,70	0,65	0,63
Обменная энергия, МДж	8,84	9,38	8,84	8,81
Перевариваемый протеин, г	60,7	62,0	58,4	61,0
Каротин, мг	94	97	98	99
Содержание в сухом веществе, %				
Сырой протеин	10,35	10,48	10,12	10,38
Сырая клетчатка	32,57	30,31	32,37	32,77
Жир	3,06	3,12	3,11	3,18
Сахар	3,64	8,80	6,22	5,53
Зола	6,97	6,26	6,66	7,12
Кальций	0,55	0,54	0,54	0,55
Фосфор	0,37	0,40	0,38	0,39
Магний	0,22	0,22	0,21	0,20



По питательной ценности лучше корм, полученный из зеленой массы райграса, выращенного с использованием препарата «Натурост» (самое высокое содержание кормовых единиц, обменной энергии, сахаров, сырого и перевариваемого протеина, наименьшее содержание сырой клетчатки и золы). На содержание минеральных элементов в силосе биопрепараты влияния не оказали.

Одним из основных показателей качества силоса является значение рН, а также содержание и соотношение органических кислот, образовавшихся в процессе брожения. Данные табл. 2 свидетельствуют, что высокая питательность силоса, полученного с использованием препарата «Натурост», обусловлена оптимальным значением кислотности и соотношением органических кислот. Большая доля молочной кислоты обеспечивает протекание процессов брожения в силоусемой массе в желаемом направлении.

Таблица 2

Физико-химические характеристики силоса

Вариант опыта	рН	Содержание органических кислот, % в натуральном корме			Доля молочной кислоты, %
		уксусная	масляная	молочная	
Контроль	4,35	0,592	0,138	3,424	82,4
Натурост	4,28	0,787	0,000	4,152	84,1
Натурост-Актив	4,57	0,649	0,083	2,946	80,1
Натурост-М	4,54	0,657	0,150	3,566	81,6

Корм контрольного варианта и корм, полученный при использовании препарата «Натурост-М», в своем составе содержат масляную кислоту в концентрациях понижающих качество силоса до второго класса.

Заключение. Изучаемые биопрепараты способствовали повышению урожайности зеленой массы райграса, наибольшая продуктивность в 2019 г. получена при использовании препарата «Натурост-Актив» (превышение относительно контроля на 41,2 %), в 2020 г. при использовании препарата «Натурост» (увеличение на 24,1 %). В корме, полученном из райграса, выращенном при использовании биопрепаратов, отмечается лучшая сохранность питательных веществ, что приводит к существенному возрастанию сбора кормовых единиц и обменной энергии с площади посева.

Большее содержание сахаров в корме опытных вариантов позволяет предположить, что брожение в них закончилось раньше, что в свою очередь обусловило лучшую сохранность питательных веществ. Более высокое содержание кормовых единиц, обменной энергии, сырого и перевариваемого протеина, сахаров и жиров отмечено в корме, полученном из травы, обработанной препаратом на основе бактерий *Bacillus subtilis* («Натурост»), также этот сирос характеризуется лучшими биохимическими показателями.

Исследование влияния биопрепаратов на рост и продуктивность сельскохозяйственных растений будет продолжено в условиях промышленного эксперимента на полях предприятий Вологодской области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондарев В. А. Влияние бактериального препарата «Биосиб» на качество силоса из многолетних трав // Кормопроизводство. 2014. № 5. С. 42–45.
2. Завалин А. А., Чеботарь В. К., Арутинян А. Г., Сметов Д. Б. Биологизация минеральных удобрений как способ повышения эффективности их использования // Достижение науки и техники АПК. 2012. № 9. С. 45–47.
3. Золотарев В. Н. Эффективность применения бактериальных биопрепаратов ассоциативных диазотрофов и азотного удобрения в семенных посевах райграса однолетнего // Агрохимия. 2015. № 7. С. 11–16.
4. Клименко В. П. Качественные объемистые корма – основа полноценных рационов для высокопродуктивного скота // Адаптивное кормопроизводство. 2019. № 3. С. 102–113. DOI 10.33814/APP-2222-5366-2019-3-102-113.
5. Маркова И. А., М Гузюк. Е., Вервейко И. В. Основы сельскохозяйственных пользований: учеб. пособие. СПб, 2001. 126 с.
6. Никитин А. Н., Пузик А. А., Демьянова Л. А. Эффективность применения препарата «Биоконт» при силосовании суданской травы с зернобобовыми культурами // Аграрный научный журнал. 2019. № 12. С. 25–29.
7. Победнов Ю. А., Мамаев А. А., Широкоряд М. С. Биологические особенности силосования люцерны с препаратами молочнокислых бактерий // Кормопроизводство. 2020. № 3. С. 43–48. DOI 10.25685/KRM.2020.2020.61982
8. Прорастание семян злаков под влиянием композиций азотфикссирующих и фосфатмобилизующих бактерий из почв, возделываемых в условиях Дальнего Востока / М. Сидоренко [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2021. № 56(1). С. 146–157. DOI 10.15389/agrobiology.2021.1.146rus.
9. Райграс однолетний для повышения кормопроизводства / В. В. Кравцов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 1 (75). – С. 44–45.
10. Сельское хозяйство Вологодской области // Экспертно-аналитический центр Агробизнеса. 2013–2019. – Режим доступа: <https://ab-centre.ru/> (дата обращения: 16.03.2021).



11. Сидорова Т. М., Асатурова А. М., Хомяк А. И. Биологически активные метаболиты *Bacillus subtilis* и их роль в контроле фитопатогенных микроорганизмов // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. №. 1. С. 29–37. DOI 10.15389/agrobiology.2018.1.29rus

12. Совершенствование технологии возделывания райграса однолетнего в АО «АгроФирма «Вельская» Архангельской области / Н. Г. Малков [и др.] // АгроЭкоИнженерия. 2018. № 4 (97). С. 99–107. DOI 10.24411/0131-5226-2018-10094

13. Чухина О. В., Суров В. В., Токарева Н. В., Анфимова С. Л. Качество и урожайность культур звена севооборота при применении удобрений и микробиологических препаратов в Вологодской области // Плодородие. 2015. № 1. С. 25–29.

14. *Bacillus spp.* inoculation improves photosystem II efficiency and enhances photosynthesis in pepper plants / B. Ye. Samaniego-G mez [et al.] // Chilean J. Agric. Res. 2016. № 76. P. 409-416 <https://doi.org/10.4067/S0718-58392016000400003>

15. Gummalla S., Broadbent J. R. Tryptophan catabolism by *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus helveticus* cheese flavor adjuncts // Journal of Dairy Science. 1999. № 82 (10). P. 2070–2077. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75448-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75448-2).

16. Radhakrishnan R., Hashem A., Abd-Allah E. F. *Bacillus*: a biological tool for crop improvement through bio-molecular changes in adverse environments // Frontiers in physiology. 2017. № 8. P. 667. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00667>

REFERENCES

1. Bondarev V. A. Influence of the bacterial preparation “Biosib” on the quality of silage from perennial grasses. Feed production. 2014; 5: 42–45.

2. Zavalin A. A., Chebotar' V. K., Aritkin A. G., Smetov D. B. Biologization of mineral fertilizers as a way to increase the efficiency of their use. Achievement of science and technology of the agro-industrial complex. 2012; 9: 45–47.

3. Zolotarev V. N. The effectiveness of the use of bacterial biological products of associative diazotrophs and nitrogen fertilization in seed crops of annual ryegrass. Agricultural chemistry. 2015; 7: 11–16.

4. Klimenko V. P. High-quality voluminous feed - the basis for complete diets for high-yielding livestock. Adaptive feed production. 2019; 3: 102–113. DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2019-3-102-113

5. Markova I. A., Guzyuk M. Ye., Verveyko I. V. Fundamentals of agricultural uses: Textbook. – Saint Petersburg, 2001. 126.

6. Nikitin A. N., Puzik A. A., Dem'yanova L. A. The effectiveness of the use of the drug “Biocont” in the ensiling of Sudanese grass with leguminous crops. Agrarian scientific journal. 2019; 12: 25–29.

7. Pobednov YU. A., Mamayev A. A., Shirokoryad M. S. Biological features of silage of alfalfa with preparations of lactic acid bacteria. Feed production. 2020; 3:43–48. DOI 10.25685/KRM.2020.2020.61982.

8. Sidorenko M. et al. Germination of cereal seeds under the influence of compositions of nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing bacteria from soils cultivated in the Far East. Agricultural biology. 2021; 56(1): 146–157. DOI 10.15389/agrobiology.2021.1.146rus

9. Kravtsov V. V. et al. One-year ryegrass for increasing fodder production. Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. 2019; 1(75): 44–45.

10. Agriculture of the Vologda Oblast. Expert and Analytical Center for Agribusiness. 2013–2019. URL: <https://ab-centre.ru/> (access date: 16.03.2021).

11. Sidorova T. M., Asaturova A. M., Khomyak A. I. Biologically active metabolites of *Bacillus subtilis* and their role in the control of phytopathogenic microorganisms. Agricultural biology. 2018; 53; 1: 29–37. DOI 10.15389/agrobiology.2018.1.29rus.

12. Malkov N. G. et al. Improvement of the technology of cultivation of one-year-old ryegrass in JSC “Agrofirma Velskaya” of the Arkhangelsk region. AgroEcoEngineering. 2018; 4(97): 99–107. DOI 10.24411/0131-5226-2018-10094.

13. Chukhina O. V., Surov V. V., Tokareva N. V., Anfimova S. L. The quality and productivity of crops in the crop rotation link with the use of fertilizers and microbiological preparations in the Vologda region. Fertility. 2015;1: 25–29.

14. Samaniego-G mez B. Ye. et al. *Bacillus spp.* inoculation improves photosystem II efficiency and enhances photosynthesis in pepper plants. Chilean J. Agric. Res. 2016; 76: 409–416. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392016000400003>.

15. Gummalla S., Broadbent J. R. Tryptophan catabolism by *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus helveticus* cheese flavor adjuncts. Journal of Dairy Science. 1999; 82(10): 2070–2077. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75448-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75448-2).

16. Radhakrishnan R., Hashem A., Abd-Allah E. F. *Bacillus*: a biological tool for crop improvement through bio-molecular changes in adverse environments. Frontiers in physiology. 2017; 8: 667. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00667>.

Статья поступила в редакцию 29.04.2021; одобрена после рецензирования 04.08.2021; принята к публикации 15.08.2021.
The article was submitted 29.04.2021; approved after reviewing 04.08.2021; accepted for publication 15.08.2021.

