

# АГРОНОМИЯ

УДК 633.491

DOI: 10.53083/1996-4277-2024-232-2-5-10

В.С. Курсакова, Н.В. Чернецова

V.S. Kursakova, N.V. Chernetsova

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРЕПАРАТОВ ДИАЗОТРОФНЫХ БАКТЕРИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ КАРТОФЕЛЯ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

### EVALUATION OF THE EFFECT OF DIAZOTROPH BACTERIAL PREPARATIONS ON POTATO YIELD FORMATION IN THE STEPPE ZONE OF THE ALTAI REGION

**Ключевые слова:** картофель, микробные препараты, ассоциативные азотфиксирующие бактерии, инокуляция, урожайность, биометрические показатели, фракции.

Посвящено изучению влияния микробных препаратов, содержащих культуры азотфиксирующих ассоциативных бактерий, на формирование урожайности картофеля в условиях засушливой степи Алтайского края. Исследования проведены в 2021-2022 гг. на территории КФХ Алейского района Алтайского края. Погодные условия вегетационных периодов этих лет были неблагоприятными для сельскохозяйственных культур, особенно мало осадков выпадало в первой половине вегетации. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднемощный среднегумусный с содержанием гумуса в пахотном горизонте 4,9%, нейтральной реакцией почвенного раствора. Испытывали влияние на рост и развитие среднеспелых сортов картофеля Коломбо и Ред Скарлет биопрепаратов фиксаторов азота: «Агрофил», «Мизорин» и «Флавобактерин». Получены положительные результаты при инокуляции клубней перед посадкой на биометрические показатели роста и развития обоих сортов картофеля. Увеличивались высота побегов, количество стеблей, листьев и их площадь. Биопрепараты положительно влияли на продуктивность клубней, увеличивая их количество на 1 растении, массу клубней в кусте и их крупность. По сравнению с контролем инокуляция способствовала уменьшению фракций клубней с небольшим весом (30-50 и 50-80 г) и увеличению фракций с большей массой клубней. У сорта Коломбо максимально увеличилась фракция >120 г, в среднем на 10% по сравнению с контролем, у сорта Ред Скарлет более существенно увеличилась фракция >120 г – на 17-30%. Большее влияние на увеличение товарности клубней оказал препарат «Флавобактерин». Инокуляция клубней способствовала увеличению урожайности сортов картофеля в среднем за 2 года на 27,0-63,2%. Оба сор-

та максимально увеличивали урожайность при обработке клубней Флавобактерином в среднем на 63%.

**Keywords:** potatoes, microbial preparations, associative nitrogen-fixing bacteria, inoculation, yielding capacity, biometric indices, fractions.

The influence of microbial preparations containing cultures of nitrogen-fixing associative bacteria on the formation of potato yields under the conditions of the arid steppe of the Altai Region is studied. The research was carried in 2021 and 2022 in a peasant farm enterprise in the Aleiskiy District of the Altai Region. The weather conditions during the growing seasons on these years were unfavorable for crops; there was especially little rainfall in the first half of the growing season. The soil of the experimental plot consisted of leached chernozem of medium thickness, medium humus, with humus content in the arable horizon of 4.9%, and neutral reaction of the soil solution. The influence of the following nitrogen fixing biological products on the growth and development of mid-season potato varieties Colombo and Red Scarlet was tested: Agrofil, Mizorin and Flavobacterin. Positive effects were obtained when inoculating tubers before planting on biometric indices of growth and development of both potato varieties. The height of the shoots, number of stems, leaves, and leaf area increased. The biological products had positive effects on the productivity of tubers increasing their number per plant, the weight of tubers in a plant and their size. As compared to the control, inoculation decreased the fractions of small tubers of 30-50 g and 50-80 g and increased fractions with larger tubers. In the Colombo variety, the fraction >120 g increased maximally on average by 10% as compared to the control; in the Red Scarlet variety, the fraction >120 g increased more significantly - by 17-30%. The product Flavobacterin had greater effect on increasing tuber marketability. Tuber inoculation increased the yields of potato varieties as two-year average by 27.0-63.2%. Both varieties maximized yields when tubers were treated with Flavobacterin by an average of 63%.

**Курсакова Валентина Сергеевна**, д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: kursakova-v@mail.ru.

**Чернецова Наталья Владимировна**, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: nvchernetcova@mail.ru.

**Kursakova Valentina Sergeevna**, Dr. Agr. Sci., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: kursakova-v@mail.ru.

**Chernetsova Natalya Vladimirovna**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: nvchernetcova@mail.ru.

### Введение

В последние десятилетия многие страны мира и Россия в том числе переходят на органическое земледелие, заменяя или дополняя агрохимикаты биологическими препаратами, в основе действия которых лежат полезные микроорганизмы. Замена химических методов с использованием минеральных удобрений и пестицидов разного назначения на биологические имеет ряд преимуществ. Это снижение токсичной нагрузки на почвы, микрофлору, полезную фауну, воспроизводство почвенного плодородия, уменьшение производственных затрат, так как био-препараты значительно дешевле химических препаратов, и получение полезной безопасной продукции.

Кроме того, большинство применяемых биологических препаратов выполняют много важных функций для растений, обладая комплексом полезных свойств. Они регулируют и ускоряют рост и развитие растений, обеспечивают минеральными элементами питания, обладая минерализующей или фиксирующей активностью, обеспечивают защиту от заболеваний, вызываемых патогенными микроорганизмами, повышают иммунитет растений, устойчивость к неблагоприятным факторам среды. Поэтому нет необходимости вносить высокие дозы минеральных удобрений, дополнительно применять ядохимикаты для защиты от болезней и вредителей. Эти функции берут на себя микроорганизмы в составе препаратов, что позволяет более рационально расходовать минеральные удобрения и экономить до 70% ресурсов. При этом урожайность сельскохозяйственных культур существенно возрастает, в среднем на 20-30% [1, 2].

Картофель является важнейшей продовольственной, кормовой и технической культурой, в его клубнях содержатся необходимые для человека органические и минеральные вещества, витамины, белки в оптимальном соотношении, высокое количество крахмала (14-22%), поэтому клубни картофеля используются также для технической переработки в разных отраслях промышленности и на кормовые цели [3, 4].

Для большинства населения России картофель – один из основных продуктов питания, поэтому обеспечение его потребностей таким экологически качественным продуктом является важной задачей сельхозпроизводителей. Однако в сибирском регионе урожайность картофеля остается невысокой из-за частых засух. Так, в 2023 г. средняя урожайность составила 16,9 т/га, в то же время потенциал урожайности сортов и гибридов картофеля отечественной селекции может быть выше в несколько раз [5].

Весьма актуальным является внедрение биологических форм земледелия, разработка новых технологий, основанных на использовании микробных препаратов, содержащих полезные микроорганизмы, которые естественным путем обеспечивают растения минеральными веществами без применения удобрений, повышают их устойчивость к экстремальным внешним воздействиям, защищают от вредителей и возбудителей заболеваний. Это все позволяет не только увеличивать урожайность культур, но и получать экологическую продукцию без высоких денежных вложений, а также поддерживать и восстанавливать почвенное плодородие [6, 7].

В связи с вышеизложенным **цель** исследования заключается в оценке использования микробных препаратов, содержащих культуры ассоциативных азотфиксирующих бактерий, в технологии возделывания картофеля в условиях умеренно засушливой колочной степи Алтайского края.

### Объекты и методы исследований

Исследования с использованием микробных препаратов при возделывании картофеля начаты нами в 2017 г. [8] и продолжены в 2021-2022 гг. на опытном поле КФХ в пригороде г. Алейска. Территория КФХ относится к зоне умеренно засушливой степи Алтайского края. Погодные условия в оба года были неблагоприятные для роста растений из-за недостаточной увлажненности, особенно мало осадков выпало в первой половине вегетации. Наиболее засушливыми в 2021 г. были май и июль. ГТК в мае – 0,17, июне – 1,9, июле – 0,5 и в августе –

0,9. В 2022 г. сильная засуха наблюдалась в мае и июне, недостаточное увлажнение – в июле и августе. ГТК в мае равнялся 0,3, июне – 0,5, июле – 1,1 и в августе – 1,0.

Опыты проведены на почве чернозем выщелоченный, характеризующийся нейтральной реакцией почвенного раствора, со средним содержанием гумуса в пахотном слое 4,9%, высоким содержанием фосфора и калия – 24,7 и 22,5 мг/100 г почвы и легкогидролизуемого азота – 23,5. Площадь опытной делянки одного варианта составляла 300 м<sup>2</sup>, учетной – 21,0 м<sup>2</sup>, повторность – трехкратная, расположение делянок рендомизированное. Объектом исследования служили два раннеспелых сорта картофеля Колумбо и Ред Скарлет. Перед посадкой клубни инокулировали бактериальными препаратами «Агрофил», «Мизорин» и «Флавобактерин» рекомендованными дозами [6]. Контролем служил вариант без инокуляции. В составе препаратов содержатся чистые культуры ассоциативных азотфиксирующих бактерий, обладающих комплексом полезных свойств для растений, включая азотное питание, стимуляцию роста за счет фитогормонов и защиту от болезней. Картофель высаживали на глубину 10 см, при ширине междурядий 70 см, в рядке – 30 см. Учет урожая и его структуру провели в начале сентября согласно методике Госсортоиспытания [9], статистическую обработку – однофакторным диспер-

сионным методом анализа по Б.А. Доспехову [10].

**Результаты исследования**

Действие ассоциативных азотфиксирующих бактерий на растения многогранное. Основная их функция в составе препаратов – это фиксация атмосферного азота и обеспечение растений доступным минеральным азотом аммония. В таблице 1 приведены результаты, характеризующие влияние биопрепаратов на показатели роста растений картофеля за 2 года.

Препараты азотфиксирующих бактерий оказали весьма заметное влияние на ростовые процессы сортов картофеля. Наблюдалось увеличение высоты, количества побегов, листьев и их площади на одном кусте по сравнению с контрольным вариантом. Оба сорта отзывались на действие препаратов практически одинаково, что способствовало улучшению формирования урожая клубней. Их количество на одном растении и масса одного клубня были выше на фоне применяемых препаратов (табл. 2). В среднем за 2 года сорт Колумбо сформировал количество клубней в 1 лунке и на 1 м<sup>2</sup> на 10,2-35,1% больше контроля, сорт Ред Скарлет – на 22,6-36,5%. Максимальное количество клубней и вес одного клубня были получены на препарате «Флавобактерин» у обоих сортов.

Таблица 1

**Влияние биопрепаратов на показатели роста и площадь листьев растений картофеля (средние из 3 повторений)**

Вариант	2021 г.				2022 г.			
	высота растений, см	количество побегов, шт/куст	количество листьев, шт/куст	площадь листьев, м <sup>2</sup> /куст	высота растений, см	количество побегов, шт/куст	количество листьев, шт/куст	площадь листьев, м <sup>2</sup> /куст
<b>Колумбо</b>								
Контроль	35,1	4,6	31,6	0,23	40,9	4,1	28,4	0,26
Агрофил	43,1	6,6	48,4	0,29	54,8	5,4	32,6	0,32
Мизорин	33,3	4,0	32,0	0,44	56,9	4,6	38,7	0,36
Флавобактерин	32,0	4,6	37,0	0,35	55,4	4,3	36,1	0,37
<b>Ред Скарлет</b>								
Контроль	38,0	5,1	34,7	0,22	44,0	4,3	29,4	0,21
Агрофил	47,6	4,9	33,8	0,32	56,0	4,4	30,0	0,34
Мизорин	32,4	6,0	35,4	0,44	57,3	3,8	37,1	0,29
Флавобактерин	41,4	5,9	32,7	0,38	55,6	4,6	38,2	0,27

Таблица 2

**Влияние биопрепаратов на количество и массу клубней картофеля (среднее за 2021-2022 гг.)**

Показатели	Контроль	Агрофил	Мизорин	Флавобактерин
Сорт Коломбо				
Количество клубней, шт/раст.	11,9	13,2	13,6	16,1
Количество клубней, шт/м <sup>2</sup>	56,7	62,4	65,7	76,6
Масса клубней, г/раст.	860	1090	1180	1390
Средняя масса клубней, г	72	83	87	86
Сорт Ред Скарлет				
Количество клубней, шт/раст.	10,6	14,1	13,2	14,6
Количество клубней, шт/м <sup>2</sup>	50,9	66,3	62,4	69,5
Масса клубней, г/раст.	780	1080	1080	1260
Средняя масса клубней, г	74	77	82	86

Применение биопрепаратов изменило и структуру урожая изучаемых сортов картофеля (табл. 3). По сравнению с контролем инокуляция способствовала уменьшению фракций клубней с небольшим весом – 30-50 г и 50-80 г и увеличению фракций с большей массой клубней – 80-120 г и >120 г.

У сорта Коломбо максимально увеличилась фракция >120 г от препарата «Агрофил», а «Мизорин» и «Флавобактерин» в большей степени способствовали увеличению фракции – 80-120 г. У сорта Ред Скарлет все препараты увеличили фракцию >120 г. В результате вес товарного клубня повысился у сорта Коломбо на 21-33%, а у сорта Ред Скарлет – на 17-30%. Большее влияние на увеличение товарности клубней оказал препарат «Флавобактерин».

На фоне инокуляции клубней биопрепаратами азотфиксирующих бактерий оба сорта картофеля существенно увеличили урожайность в оба года исследований (табл. 4). Урожайность на контроле даже в условиях засухи первой половины вегетации также была достаточно высокой – от 30,4 до 34,8 т/га, вследствие большей обеспеченности влагой второй половины лета. При этом по урожайности выделялся сорт Коломбо – 33,6-55,6 т/га против 30,4-52,4 т/га сорта Ред Скарлет. Прибавки урожайности у сорта Коломбо составили по годам от 27 до 65,2%. Выше они были в 2021 г. Максимальное увеличение обеспечил препарат «Флавобактерин», минимальное – «Агрофил».

Таблица 3

**Влияние биопрепаратов на структуру урожая картофеля, %**

Варианты	Фракция клубней, г					Средний вес товарного клубня, г
	0-30	30-50	50-80	80-120	>120	
Коломбо						
Контроль	1	4	14	29	52	91
Агрофил	-	2	9	27	62	110
Мизорин	1	2	9	32	56	112
Флавобактерин	1	2	10	33	54	121
Ред Скарлет						
Контроль	2	2	4	25	67	98
Агрофил	-	2	3	17	78	115
Мизорин	-	-	2	18	80	121
Флавобактерин	-	-	2	12	86	127

**Влияние биопрепаратов на урожайность картофеля сортов Коломбо и Ред Скарлет, т/га**

Сорт	Вариант	Урожайность, т/га	Сравнение с контролем		Урожайность, т/га	Сравнение с контролем		Среднее за 2 года, %
			т/га	%		т/га	%	
Коломбо		2021 г.			2022 г.			
	Контроль	33,6	-	-	34,8	-	-	-
	Агрофил	42,9	9,3	27,6	44,2	9,4	27,0	27,5
	Мизорин	48,5	14,9	44,3	45,4	10,6	30,5	37,4
	Флавобактерин	55,6	22,0	65,2	54,3	19,5	56,0	63,2
	НСР <sub>05</sub>		5,1			5,0		
Ред Скарлет	Контроль	30,4	-	-	31,7	-	-	-
	Агрофил	41,1	10,7	35,2	45,7	14,0	44,2	43,2
	Мизорин	44,2	13,8	45,4	42,5	10,8	34,1	43,2
	Флавобактерин	48,3	17,9	58,9	52,4	20,7	65,3	62,6
	НСР <sub>05</sub>		4,7			4,8		

Сорт Ред Скарлет повысил урожайность по годам в пределах 34,1-65,3%, при этом получено дополнительной продукции 10,7-20,7 т/га. В среднем за два года Агрофил и Мизорин повысили его урожайность на 43,2%, в то время как сорт Коломбо – всего на 27,5 и 37,4% соответственно. Максимальная урожайность также получена от инокуляции препаратом «Флавобактерин». В среднем за два года на этом варианте получено дополнительной продукции на 63,2-62,6%, или на 19,4-21,6 т/га, больше контроля.

### Выводы

1. Использование в технологии возделывания картофеля биологических препаратов на основе азотфиксирующих ассоциативных бактерий оказало положительное влияние на показатели роста у сортов картофеля Коломбо и Ред Скарлет. Увеличивались высота побегов, количество стеблей, листьев и их площадь.

2. Инокуляция биопрепаратами способствовала повышению продуктивности клубней, увеличивая их количество на 1 растении, массу клубней в кусте и их крупность, большему выходу товарных клубней, изменяя структуру урожайности в сторону увеличения более крупных фракций. Максимальное количество клубней и вес одного клубня были получены на препарате «Флавобактерин» у обоих сортов.

3. Урожайность клубней у сорта Коломбо в оба года была выше, чем у сорта Ред Скарлет, что связано с его биологическими особенностями. Однако отзывчивость на инокуляцию всеми биопрепаратами оказалась более высокой у сорта Ред Скарлет. Его урожайность на фоне инокуляции в среднем за 2 года увеличилась на 43,6-62,6%. Сорт Коломбо повысил урожайность на 27,5-63,2. Максимальный эффект получен от препарата «Флавобактерин» на обоих сортах. В среднем за два года за счет инокуляции клубней Флавобактерином получено дополнительной продукции 62,6-63,2%, или 19,4-21,6 т/га.

### Библиографический список

1. Завалин, А. А. Применение биопрепаратов при возделывании полевых культур / А. А. Завалин. – Текст: непосредственный // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 8. – С. 9-11.

2. Использование биопрепаратов – дополнительный источник элементов питания растений / И. А. Тихонович, А. А. Завалин, Г. Г. Благовещенская, А. П. Кожемяков. – Текст: непосредственный // Плодородие. – 2011. – № 3 (60). – С. 9-13.

3. Карманов, С. Н. Картофель / С. Н. Карманов, В. С. Серебренников. – Москва: Росагропромиздат, 1991. – 64 с. – Текст: непосредственный.

4. Наумкин, В. Н. Технология растениеводства: учебное пособие / В. Н. Наумкин, А. С. Ступин. – Санкт-Петербург: Лань, 2014. – 592 с. – Текст: непосредственный.

5. Лапшинов, Н. А. Особенности семеноводства картофеля в Кемеровской области. – Кемерово: Книгоиздат, 2007. – 78 с. – Текст: непосредственный.

6. Кожемяков, А. П. Методика оценки эффективности применения микроорганизмов, повышающих продуктивность растений / А. П. Кожемяков, Ю. В. Лактионов, В. П. Ермолова. – Санкт-Петербург: ФГБНУ ВНИИСХМ, 2018. – 21 с. – Текст: непосредственный.

7. Биопрепараты в сельском хозяйстве. Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве / И. А. Тихонович, А. П. Кожемяков, В. К. Чеботарь [и др.]; под редакцией И. А. Тихоновича, Ю. В. Круглова. – Москва: Россельхозакадемия, 2005. – 154 с. – Текст: непосредственный.

8. Курсакова, В. С. Формирование урожая картофеля с применением биопрепаратов в условиях умеренно засушливой колочной степи Алейского района Алтайского края / В. С. Курсакова, Т. В. Симакова. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4 (162). – С. 16-21.

9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 4. Картофель, овощные и бахчевые культуры. – Москва, 2015. – 61 с. – Текст: непосредственный.

10. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 6-е изд., стереотип. – Москва: Изд-во Альянс, 2011. – 352 с. – Текст: непосредственный.

### References

1. Zavalin A.A. Primenenie biopreparatov pri vzdelyvanii polevykh kultur // Dostizheniia nauki i tekhniki APK. – 2011. – No. 8. – S. 9-11.

2. Tikhonovich I.A. Ispolzovanie biopreparatov – dopolnitelnyi istochnik elementov pitaniia rastenii / I.A. Tikhonovich, A.A. Zavalin, G.G. Blagoveshchenskaia, A.P. Kozhemiakov // Plodorodie. – 2011. – No. 3 (60). – S. 9-13.

3. Karmanov S.N. Kartofel / S.N. Karmanov, V.S. Serebrennikov. – Moskva: Rosagropromizdat, 1991. – 64 s.

4. Naumkin, V.N. Tekhnologiia rastenievodstva: ucheb.posobie / V.N. Naumkin, A.S. Stupin. – Sankt-Peterburg: Lan, 2014. – 592 s.

5. Lapshinov N.A. Osobennosti semenovodstva kartofelia v Kemerovskoi oblasti. – Kemerovo: Knigoizdat, 2007. – 78 s.

6. Kozhemiakov A.P. Metodika otsenki effektivnosti primeniia mikroorganizmov, povyshaiushchikh produktivnost rastenii / A.P. Kozhemiakov, Iu.V. Laktionov, V.P. Ermolova. – Sankt-Peterburg: FGBNU VNIISKHM, 2018. – 21 s.

7. Tikhonovich I.A. Biopreparaty v selskom khoziaistve. Metodologiia i praktika primeniia mikroorganizmov v rastenievodstve i kormoproduktivnosti / I.A. Tikhonovich, A.P. Kozhemiakov, V.K. Chebotar, Iu.V. Kruglov, N.V. Kandybin, G.Iu. Laptev: pod red. I.A. Tikhonovicha, Iu.V. Kruglova. – Moskva: Rosselkhozakademiia, 2005. – 154 s.

8. Kursakova V.S. Formirovanie urozhaiia kartofelia s primeneniem biopreparatov v usloviakh umerenno zasushlivoi kolochnoi stepi Aleiskogo raiona Altaiskogo kraia / V.S. Kursakova, T.V. Simakova // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – No. 4 (162). – S. 16-21.

9. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniia selskokhoziaistvennykh kultur. Vyp. 4. Kartofel, ovoshchnye i bakhchevye kultury. – Moskva, 2015. – 61 s.

10. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezultatov issledovaniia). – 6-e izd., stereotip. – Moskva: Izd-vo Alians, 2011. – 352 s.

