

# БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

---

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского

Биология. Химия. Том 9 (75). 2023. № 1. С. 3–13.

УДК 631.461:633.14/15

DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-3-13

## ВЛИЯНИЕ ШТАММОВ *AZOSPIRILLUM FORMOSENSE* НА РОСТ И РАЗВИТИЕ *TRITICUM DURUM DESF.* НА РАННИХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА

*Белюсов В. В., Чмелёва С. И., Сидякин А. И., Джелдубаева Э. Р., Туманянц К. Н.,  
Попова А. М.*

*Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение)  
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь,  
Республика Крым, Россия  
E-mail: chmeleva-s@mail.ru*

Приведены доказательства стимулирующего влияния штамма SP-23 *Azospirillum formosense* на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян *Triticum durum* Desf. Под влиянием штаммов SP-2 и SP-23 *Azospirillum formosense* достоверно увеличиваются показатели линейного роста и накопление массы сухого вещества проростков *Triticum durum* Desf.

**Ключевые слова:** *Azospirillum formosense*, энергия прорастания семян, всхожесть, морфометрические показатели, онтогенез, *Triticum durum* Desf.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время получение и повышение урожайности экологически чистого сельхоз сырья в Республике Крым приобретает все большую актуальность. Создание и применение биопрепаратов на основе азотфиксирующих бактерий – наиболее действенный способ повышения продуктивности растений, качества урожая, а также сохранение естественного плодородия почв [1–3]. Микроорганизмы рода *Azospirillum* относятся к группе ростстимулирующих, азотфиксирующих бактерий, занимающих важную роль в агробиотехнологии, впервые были исследованы в начале XX столетия, в сферу интенсивного изучения попали в середине этого же столетия. Входят в состав многих комплексных микробиологических препаратов, оказывающие положительное влияние на рост и развитие многих сельскохозяйственных культур. Данные палочки формируют высокоэффективные микроассоциации с растениями, входят в состав аборигенной микрофлоры почв и распространены повсеместно. В связи с этим поиск обладающих повышенной способностью к ассоциации с культурными растениями, интенсивной азотфиксации, а также ростстимулирующей штаммов микроорганизмов

рода *Azospirillum* является актуальной задачей сельскохозяйственной биотехнологии и физиологии растений [4–6].

Цель данной работы явилось выявление влияния новых штаммов *Azospirillum formosense* на рост и развитие *Triticum durum* Desf. на ранних этапах онтогенеза.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальная часть исследований проводилась на базе кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий Института биохимических технологий экологии и фармации ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И.Вернадского», в период 2021–2022 гг.

Материалом для исследований исследования служили семена и растения пшеницы озимой сорта Одари (*Triticum durum* Desf. CV /Одари/), семена которой отбирали по средним размерам. После промывания в проточной воде выдерживали в слабом растворе  $\text{KMnO}_4$  в течение 15 минут, затем трижды промывали дистиллированной водой.

В соответствии со схемой опыта семена инокулировали штаммами микроорганизмов *Azospirillum formosense*, полученными из ризопланы дикорастущих злаков флоры Республики Крым сотрудниками НПО Биотехсоюз

Схема опыта:

1. Контроль – отстоянная водопроводная вода.
2. SP-1 – *Azospirillum formosense*.
3. SP-2 – *Azospirillum formosense*.
4. SP-4 – *Azospirillum formosense*.
5. SP-5a – *Azospirillum formosense*.
6. SP-23 – *Azospirillum formosense*.

Препарат *Azospirillum formosense* перед инокуляцией разводили  $\text{H}_2\text{O}_{\text{дист.}}$  в соотношении: 1:9 (10 % -й препарат) и 1:99 (1 %-й препарат).

Для определения влияния различных штаммов *Azospirillum formosense* на всхожесть семян пшеницы сорта Одари, семена после протравливания, раскладывали по 50 штук в чашки Петри на двойной слой фильтровальной бумаги. В каждую чашку Петри приливали по 10 мл  $\text{H}_2\text{O}$ . Контролем служила отстоянная водопроводная вода.

Семена помещали в термостат типа ТС–80–М–2 для проращивания (в течение 3 суток в темноте при  $+20^\circ\text{C}$ ). Согласно требованиям государственного стандарта для сельскохозяйственных культур 12038–84 для твердой пшеницы энергия прорастания определяется на 4 сутки, а всхожесть семян на 8 сутки.

Энергия прорастания семян характеризует дружность появления нормальных проростков. Под всхожестью семян понимают количество нормально проросших семян в пробе, взятой для анализа, выраженное в процентах [7].

Инокулированные семена пшеницы высаживали в стаканчики с почвенной смесью. Для приготовления почвенной смеси смешивали 1 часть почвы и 9 частей перлита, затем перемешивали и набывали емкости для выращивания растений. Растения выращивали в лабораторных условиях при температуре от  $+22^\circ\text{C}$  до  $+24^\circ\text{C}$  в течение 2 недель.

Определение морфометрических показателей проводилось на 4-е и 8-е сутки по общепринятым в физиологии растений методикам [8]. В качестве морфометрических показателей исследовались: высота растений, длина корневой системы, масса сырого вещества [8].

В каждый сосуд высевали по 5 семян, повторность – трехкратная.

Статистическую обработку полученных данных осуществляли, рассчитывая среднюю арифметическую и стандартную ошибку средней арифметической, стандартное отклонение, критерий достоверности Стьюдента для сравнения двух выборок. Все измерения и исследования осуществляли на оборудовании, прошедшем метрологическую проверку и экспертизу [9].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного исследования показано, что препараты со штаммами SP-1 и SP-2 ингибировали прорастание семян пшеницы как при использовании концентрации 10 %, так и концентрации 1 %. Энергия прорастания семян пшеницы в варианте с SP-1 в концентрации препарата 10 % достигала 42,4 %, что на 18,1 % меньше, чем в контрольном варианте (табл. 1). При использовании микробиологического препарата штамма SP-1 в концентрации 1 % достоверная разница между контрольными и опытными вариантами составила 4,9 %.

Установлено, что микробиологический препарат со штаммом SP-2 оказал ингибирующее влияние на энергию прорастания семян пшеницы. Так, например, инокулирование семян 10 %-ным препаратом достоверно снижало энергию прорастания на 2,3 % в опытных вариантах по сравнению с контрольными вариантами 1 %-ным – на 2,4 % (табл. 1).

Таблица 1

Влияние *Azospirillum formosense* на энергию прорастания семян пшеницы

Варианты опыта	10 %-й препарат		1 %-й препарат	
	энергия прорастания, %	% к контролю	энергия прорастания, %	% к контролю
Контроль (H <sub>2</sub> O)	60,5 ± 1,8	100,0	62,5 ± 1,4	100,0
SP-1	42,4 ± 1,4**	70,1	57,6 ± 2,2*	92,2
SP-2	58,2 ± 2,6*	96,2	60,1 ± 2,3*	96,2
SP-4	62,9 ± 2,1 <sup>н/д</sup>	103,9	65,3 ± 2,1 <sup>н/д</sup>	104,5
SP-5a	57,7 ± 2,2*	95,4	66,5 ± 2,0*	106,4
SP-23	68,5 ± 1,4*	113,2	76,7 ± 1,8**	122,8

Примечание к таблице: Указаны средние ± стандартная ошибка средней; звездочками отмечены достоверные различия по сравнению с контролем при \*P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,001; н/д – различия недостоверны.

При анализе экспериментальных данных при изучении влияния микробиологического препарата со штаммом *Azospirillum formosense* SP-4

установлено, что обе концентрации не оказали достоверного влияния на энергию прорастания семян твердой пшеницы. Использование препарата, в состав которого входил штамм *A. Formosense* SP-5а показало, что высокая концентрация препарата (10 %) достоверно ингибировала, а концентрация препарата 1 % – достоверно стимулировала энергию прорастания семян

Установлено, что в опытных вариантах с инокуляцией семян пшеницы микробиологическим препаратом со штаммом *Azospirillum formosense* SP-23 энергия прорастания достоверно выше, чем в контрольных вариантах, в которых обработка препаратом не проводилась. Показано, что в вариантах с концентрацией препарата 1 % опытные варианты превышают контрольные в среднем на 23 %. Если в контрольном варианте энергия прорастания семян составила 62,5 %, то в опытных вариантах, в которых проводилась инокуляция микроорганизмами, этот показатель составил 76,7 % (см. табл. 1).

При изучении влияния препаратов, содержащих различные штаммы *Azospirillum formosense* на лабораторную всхожесть семян *Triticum durum*, были получены данные, аналогичные энергии прорастания (табл. 2). Закономерность, установленная при изучении влияния микробиологических препаратов на энергию прорастания, прослеживается и при определении всхожести. Так, препараты со штаммами SP-1 и SP-2 достоверно ингибировали прорастание семян пшеницы как при использовании концентрации 10 %, так и концентрации 1 %. Лабораторная всхожесть семян пшеницы в варианте с SP-1 в концентрации препарата 10 % достигала 67,2 %, что на 25,2 % меньше, чем в контрольном варианте. При использовании микробиологического препарата штамма SP-1 в концентрации 1 % достоверная разница между контрольными и опытными вариантами составила 9,9 %. Препарат, в составе которого штамм SP-2, также оказал ингибирующее влияние на лабораторную всхожесть семян пшеницы (табл. 2).

Таблица 2

Влияние *Azospirillum formosense* на всхожесть семян пшеницы

Варианты опыта	10 %-й препарат		1 %-й препарат	
	энергия прорастания, %	% к контролю	энергия прорастания, %	% к контролю
Контроль (H <sub>2</sub> O)	92,7 ± 1,5	100,0	93,4 ± 1,6	100,0
SP-1	67,2 ± 1,1**	72,5	83,5 ± 2,2**	89,4
SP-2	87,8 ± 1,6*	94,7	89,1 ± 2,3*	95,4
SP-4	95,1 ± 1,4 <sup>н/д</sup>	102,6	94,5 ± 2,1 <sup>н/д</sup>	101,2
SP-5а	85,7 ± 1,8*	92,4	95,9 ± 2,0 <sup>н/д</sup>	102,7
SP-23	100,0 ± 1,0**	107,8	100,0 ± 2,1**	107,1

Примечание к таблице: Указаны средние ± стандартная ошибка средней; звездочками отмечены достоверные различия по сравнению с контролем при \*P≤0,05; \*\*P≤0,01; \*\*\*P≤0,001; н/д – различия недостоверны.

При анализе экспериментальных данных, полученных при изучении влияния микробиологического препарата со штаммом *Azospirillum formosense* SP-4 установлено, что обе концентрации не оказали достоверного влияния на лабораторную всхожесть семян твердой пшеницы. Использование препарата, в состав которого входил штамм *A. Formosense* SP-5a показано, что высокая концентрация препарата (10 %) достоверно ингибировала, а концентрация препарата 1 % – достоверно стимулировала лабораторную всхожесть семян (см. табл. 2).

В опытных вариантах с инокуляцией семян пшеницы микробиологическим препаратом со штаммом *Azospirillum formosense* SP-23 лабораторная всхожесть семян достоверно выше, чем в контрольных вариантах, в которых обработка препаратом не проводилась. Показано, что в вариантах с концентрацией препарата 1 % опытные варианты превышают контрольные в среднем на 7,3 %, всхожесть достигает 100 %. Если в контрольном варианте лабораторная всхожесть семян составила 93,4 %, то в опытных вариантах, в которых проводилась инокуляция 1 % препаратом микроорганизмов, этот показатель составил 100 % (см. табл. 2).

Таким образом, анализируя полученные данные по влиянию штаммов *Azospirillum formosense* на прорастание семян *Triticum durum* Desf., можно сделать вывод о том, что стимулирующее влияние как на энергию прорастания, так и на лабораторную всхожесть оказал микробиологический препарат со штаммом SP-23. При этом, в вариантах с концентрацией препарата 10 % опытные варианты превышают контрольные на 7,3–8,0 %, с концентрацией 1 % – 6,6–7,2 %, соответственно.

Влияние штаммов *Azospirillum formosense* на морфометрические показатели растений *Triticum durum* Desf.

При изучении влияния микробиологических препаратов, содержащих новые штаммы *Azospirillum formosense* на высоту 8-суточных растений были полученные данные, представленные в табл. 3.

Таблица 3.

**Влияние *Azospirillum formosense* на высоту 8-суточных растений пшеницы**

Варианты опыта	Высота надземной части растений, см ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ )			
	10 %-й препарат		1 %-й препарат	
	высота, см	% к контролю	высота, см	% к контролю
Контроль	9,1 ± 0,02	100,0	9,1 ± 0,02	100,0
SP-1	9,5 ± 0,01 <sup>н/д</sup>	104,4	9,8 ± 0,01*	107,7
SP-2	10,3 ± 0,02*	113,2	10,6±0,02*	116,5
SP-4	9,4 ± 0,01 <sup>н/д</sup>	103,3	9,5±0,01 <sup>н/д</sup>	104,4
SP-5a	7,6 ± 0,02*	83,5	8,2±0,02*	90,1
SP-23	10,9 ± 0,02**	119,8	12,5±0,02**	137,4

Примечание к таблице: Указаны средние ± стандартная ошибка средней; звездочками отмечены достоверные различия по сравнению с контролем при \*P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,001.

Использование препарата, в состав которого входил штамм *A. Formosense* SP-5a установлено, что высокая концентрация препарата (10 %) достоверно ингибировала рост растений пшеницы так же, как и концентрация препарата 1 %.

Установлено, что в опытных вариантах с инокуляцией семян пшеницы микробиологическим препаратом со штаммом *Azospirillum formosense* SP-23 на высоту пшеницы достоверно выше, чем в контрольных вариантах, в которых обработка препаратом не проводилась. Показано, что в вариантах с концентрацией препарата 1 % опытные варианты превышают контрольные в среднем на 37,4 %. Если в контрольном варианте высота проростков составила 9,1 см, то в опытных вариантах, в которых проводилась инокуляция микроорганизмами, этот показатель составил 12,5 см.

Препараты штаммов микроорганизмов *Azospirillum formosense* SP-2 оказали стимулирующее влияние на высоту 8-суточных растений пшеницы, как при использовании концентрации 10 %, так и концентрации 1 %. Высота надземной части растений пшеницы в варианте сконцентрацией препарата 10 % достигала 10,3 см, что на 1,2 см выше, чем в контрольном варианте (см. табл. 3). При использовании микробиологического препарата штамма SP-2 в концентрации 1 % достоверная разница между контрольными и опытными вариантами составила 16,5 %.

Таким образом, анализируя полученные данные по влиянию штаммов *Azospirillum formosense* на высоту надземной части *Triticum durum* Desf., можно сделать вывод о том, что наибольшее стимулирующее влияние оказал микробиологический препарат со штаммом SP-23. При этом, в вариантах с концентрацией препарата 10 % опытные варианты превышают контрольные на 19,8 %, с концентрацией 1 % – 37,4 %, соответственно.

При изучении влияния микробиологических препаратов, содержащих новые штаммы *Azospirillum formosense* на длину корневой системы 8-суточных растений были полученные данные, представленные в табл. 4.

**Таблица 4.**  
**Влияние *Azospirillum formosense* на длину корневой системы 8-суточных растений пшеницы**

Варианты опыта	Длина корневой системы растений, см ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )			
	10 %-й препарат		1 %-й препарат	
	длина, см	% к контролю	длина, см	% к контролю
Контроль	10,6 ± 0,03	100,0	10,6 ± 0,03	100,0
SP-1	10,9 ± 0,04 <sup>н/д</sup>	102,8	11,2 ± 0,05*	105,7
SP-2	11,7 ± 0,05*	110,4	12,3 ± 0,08**	116,0
SP-4	9,6 ± 0,02*	90,6	9,8 ± 0,05*	92,4
SP-5a	8,9 ± 0,04**	83,9	9,4 ± 0,07**	88,7
SP-23	12,8 ± 0,08**	120,8	13,9 ± 0,04**	131,1

Примечание к таблице: Указаны средние ± стандартная ошибка средней; звездочками отмечены достоверные различия по сравнению с контролем при \*P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,001.

Показано, что применение микробиологического препарата со штаммом *Azospirillum formosense* SP-1 в разных концентрациях не оказало достоверного влияния на длину корневой системы растений твердой пшеницы. Использование препарата, в состав которого входили штаммы *A. Formosense* SP-5а и SP-4 показало, что и высокая концентрация препарата (10 %) и концентрация препарата 1 % достоверно ингибировали рост корневой системы (см. табл. 4).

В опытных вариантах с инокуляцией семян пшеницы микробиологическим препаратом со штаммом *Azospirillum formosense* SP-23 показано, что длина корневой системы пшеницы достоверно выше, чем в контрольных вариантах. Так, в вариантах с концентрацией препарата 1 % опытные варианты превышают контрольные в среднем на 31,1 %. Если в контрольном варианте длина корней составила 10,6 см, то в опытных вариантах, в которых проводилась инокуляция микроорганизмами, этот показатель составил 13,9 см.

Таким образом, анализируя полученные данные по влиянию штаммов *Azospirillum formosense* на длину корневой системы *Triticum durum* Desf., можно сделать вывод о том, что наибольшее стимулирующее влияние оказал микробиологический препарат со штаммом SP-23. При этом, в вариантах с концентрацией препарата 10 % опытные варианты превышают контрольные на 20,8 %, с концентрацией 1 % – 31,1 %, соответственно.

При анализе экспериментальных данных влияния микробиологического препарата со штаммами *Azospirillum formosense* SP-5а и SP-23 установлено, что обе концентрации не оказали достоверного влияния на массу сырого вещества надземной части растений твердой пшеницы. При использовании препаратов, в состав которого входили штаммы *A. Formosense* SP-5а и SP-23 показано, что и высокая концентрация препарата (10 %) достоверно ингибировала, и концентрация препарата 1 % – массу сырого вещества надземной части увеличилась (табл. 5.).

Таблица 5.

Влияние *Azospirillum formosense* на массу сырого вещества надземной части 8-суточных растений пшеницы

Варианты опыта	Масса сырого вещества, г ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ )			
	10 %-й препарат		1 %-й препарат	
	масса, г	% к контролю	масса, г	% к контролю
Контроль	0,282 ± 0,01	100,0	0,282 ± 0,01	100,0
SP-1	0,289 ± 0,02 <sup>н/д</sup>	102,5	0,214 ± 0,03*	75,9
SP-2	0,211 ± 0,04**	74,8	0,307 ± 0,01*	108,9
SP-4	0,242 ± 0,02*	85,8	0,264 ± 0,06*	93,6
SP-5а	0,206 ± 0,03**	73,0	0,273 ± 0,02 <sup>н/д</sup>	96,8
SP-23	0,209 ± 0,04**	74,1	0,262 ± 0,05*	92,9

Примечание к таблице: Указаны средние ± стандартная ошибка средней; звездочками отмечены достоверные различия по сравнению с контролем при \*P≤0,05; \*\*P≤0,01; \*\*\*P≤0,001.

Препараты штаммов микроорганизмов *Azospirillum formosense* SP-2 оказали стимулирующее влияние на массу сырого вещества надземной части 8-суточных растений пшеницы, как при использовании концентрации 10 % SP-1 показал наилучший результат, а при концентрации 1 % – штамм SP-2. Масса сырого вещества надземной части пшеницы в варианте с концентрацией препарата 1 % достигала 0,307 г, что на 8,9 г выше, чем в контрольном варианте. При использовании микробиологического препарата, в составе которого штамм SP-1 в концентрации 10 %, достоверная разница между контрольными и опытными вариантами составила 2,5 %. (см. табл. 5).

Таким образом, анализируя полученные нами данные по влиянию штаммов *Azospirillum formosense* на массу сырого вещества надземной части *Triticum durum* Desf., можно сделать вывод о том, что наибольшее стимулирующее влияние оказал микробиологический препарат со штаммом SP-2. При этом, в вариантах с концентрацией препарата 10 % опытные варианты не превышают контроль, а с концентрацией 1 % опытные варианты достоверно превышают контрольные в среднем на 8,9 %, соответственно.

При анализе экспериментальных данных влияния микробиологического препарата со штаммом *Azospirillum formosense* SP-1 установлено, что концентрация не оказала достоверного влияния на массу сырого вещества корневой системы растений пшеницы твердой. При изучении препарата, в состав которого входил штамм *A. formosense* SP-1 показано, что и высокая концентрация препарата (10 %) достоверно ингибировала, и концентрация препарата 1 % – массу сырого вещества корневой системы (табл. 6).

**Таблица 6**

**Влияние *Azospirillum formosense* на массу сырого вещества корневой системы 8-суточных растений пшеницы**

Варианты опыта	Масса сырого вещества, г ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ )			
	10 %-й препарат		1 %-й препарат	
	масса, г	% к контролю	масса, г	% к контролю
Контроль	0,266 ± 0,03	100,0	0,266 ± 0,03	100,0
SP-1	0,213 ± 0,05**	80,1	0,234 ± 0,01*	87,9
SP-2	0,251 ± 0,03*	94,4	0,251 ± 0,04*	94,4
SP-4	0,268 ± 0,04 <sup>н/д</sup>	100,8	0,286 ± 0,03*	107,5
SP-5а	0,257 ± 0,03 <sup>н/д</sup>	96,6	0,214 ± 0,04**	80,5
SP-23	0,382 ± 0,04**	143,6	0,396 ± 0,05**	148,9

Примечание к таблице: Указаны средние ± стандартная ошибка средних; звездочками отмечены достоверные различия по сравнению с контролем при \*P≤0,05; \*\*P≤0,01; \*\*\*P≤0,001.

В опытных вариантах с инокуляцией семян пшеницы микробиологическим препаратом со штаммом *Azospirillum formosense* SP-23 на массу сырого вещества корневой системы пшеницы достоверно выше, чем в контрольных вариантах.



Показано, что в вариантах с концентрацией препарата 1 % опытные варианты превышают контрольные в среднем на 48,9 %. Если в контрольном варианте масса сырого вещества корневой системы составила 0,266 г, то в опытных вариантах, в которых проводилась инокуляция микроорганизмами, этот показатель составил 0,396 г (см. табл. 6).

Анализируя полученные нами данные по влиянию штаммов *Azospirillum formosense* на массу сырого вещества корневой системы *Triticum durum* Desf., можно сделать вывод о том, что наибольшее стимулирующее влияние оказал микробиологический препарат со штаммом SP-23. При этом, в вариантах с концентрацией препарата 10 % опытные варианты достоверно превышают контрольные на 43,6 %, с концентрацией 1 % – на 48,9 %, соответственно.

Таким образом, анализируя полученные данные по влиянию штаммов *Azospirillum formosense* на массу сырого вещества надземной части *Triticum durum* Desf., можно сделать вывод о том, что наибольшее стимулирующее влияние оказал микробиологический препарат со штаммом SP-23. При этом, в вариантах с концентрацией препарата 10 % опытные варианты превышают контроль на 15,6 %, а с концентрацией 1 % на – 24,5 %, соответственно.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено положительное влияние новых штаммов *Azospirillum formosense* на рост и развитие *Triticum durum* Desf. на ранних этапах онтогенеза.
2. Инокуляция семян *Triticum durum* Desf. штаммом SP-23 *Azospirillum formosense* оказывает положительное действие на их прорастание. Энергия прорастания и лабораторная всхожесть достоверно увеличиваются в среднем на 8,0–14,2 % у опытных вариантов по сравнению с контрольным.
3. Под влиянием штаммов SP-2 и SP-23 *Azospirillum formosense* показатели линейного роста *Triticum durum* Desf. у опытных вариантов превышают контрольные на 10,4 – 37,4 %.

*Работа выполнена на базе ЦКП «Экспериментальная физиология и биофизика» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»*

### Список литературы

1. Jain D. K. Root hair deformation, bacterial attachment and plant growth in wheat–*Azospirillum* association / D. K. Jain, D. G. Patriquin // Appl. Environ. Microbiol. – 1984. – V. 48. – P. 1208–1213.
2. Моргун В. В. Ростостимулирующие ризобактерии и их практическое применение / В. В. Моргун, С. Я. Коць, Е. В. Кириченко // Физиология и биохимия культурных растений, 2009. – Т.41, № 3. – С. 187–207.
3. Пасыпанов Г. С. Биологический азот: проблемы экологии и растительного белка / Пасыпанов Г. С. – М.: Изд-во МСХА, 1993. – 268 с.
4. Михайловская Н. А. Влияние минерального питания на эффективность бактеризации овсяницы луговой *Azospirillumbrasilense* В-4485 / Михайловская Н. А., Юрко Л. А. // Земляробства і аховараслін. – 2005. – № 6. – С. 15–16.

5. Петак А. И. Взаимоотношения бактерий рода *Klebsiella* с растением / Петак А. И., Контунович Г. Л., Козировская Н. А., Турияница А. И., Кардюм А. К // Биополимеры и клетка – 1995 – Т.4, № 6 – С. 75–80.
6. Фатина П. Н. Применение микробиологических препаратов в сельском хозяйстве / П. Н. Фатина // Вестник АГТУ – 2007. – Т.39, №4. – С. 39–45.
7. ГОСТ 12038. Семена сельскохозяйственных культур, Методы определения всхожести. – Введ. 1986-07-01. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2011. – 64 с.
8. Третьяков Н. Н. Практикум по физиологии растений / Н. Н.Третьяков. – М.: Колос, 1990. – 283 с.
9. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – 4-е изд., пер. и доп. – М.: Высшая школа, 1990. – 354 с.

## **INFLUENCE OF *AZOSPIRILLUM FORMOSENSE* STRAINS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF *TRITICUM DURUM* DESF. AT THE EARLY STAGES OF ONTOGENESIS**

***Belousov V. V., Chmeleva S. I., Sidiyakin A. I., Dzheldubaeva E. R., Tumanyants K. N., Popova A. M.***

***V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation  
E-mail: chmeleva-s@mail.ru***

Due to the relevance of the search for biological products for agricultural biotechnology and plant physiology, which have an increased ability to associate with cultivated plants, intensive nitrogen fixation, as well as growth stimulation of strains of mycoorganisms of the genus *Azospirillum*, this work was to identify the effect of new strains of *Azospirillum formosense* on the growth and development of *Triticum durum* Desf. in the early stages of ontogeny

Seeds and plants of winter wheat variety Odari (*Triticum durum* Desf. CV /Odari/) served as the material for research. In accordance with the scheme of the experiment, the seeds were inoculated with *Azospirillum formosense* strains of microorganisms obtained from the rhizoplane of wild-growing cereals of the flora of the Republic of Crimea by employees of the NPO Biotekhsoyuz. The determination of morphometric parameters was carried out on the 4th and 8th days according to the methods generally accepted in plant physiology. As morphometric indicators, the following were studied: plant height, length of the root system, mass of raw substances

A positive effect of new strains of *Azospirillum formosense* on the growth and development of *Triticum durum* Desf. in the early stages of ontogeny.

Seed inoculation of *Triticum durum* Desf. strain SP-23 *Azospirillum formosense* has a positive effect on their germination. Germination energy and laboratory germination significantly increase on average by 8.0–14.2 % in the experimental variants compared to the control.

Under the influence of *Azospirillum formosense* strains SP-2 and SP-23, linear growth rates of *Triticum durum* Desf. in experimental variants they exceed the control ones by 10.4–37.4 %.

**Keywords:** *Azospirillum formosense*, seed germination energy, germination, morphometric parameters, ontogeny, *Triticum durum* Desf.

References

1. Jain D. K., Patriquin D. G. Root hair deformation, bacterial attachment and plant growth in wheat–Azospirillum association *Appl. Environ. Microbiol.*, **48**, 1208 (1984).
2. Morgun V. V., Kots S. Ya., Kirichenko E. V. Growth-promoting rhizobacteria and their practical application, *Physiology and biochemistry of cultivated plants*, **41** (3), 187 (2009).
3. Posypanov G. S. Biological nitrogen: problems of ecology and vegetable protein, *M.: Izd-vo MKhA*, 268 p. (1993).
4. Mikhailovskaya N. A., Yurko L. A. Influence of mineral nutrition on the efficiency of bacterization of meadow fescue *Azospirillumbrasilense* B–4485, *Farming i ahovaraslin*, **6**, **15** (2005).
5. Petak A. I., Kontunovich G. L., Kozirovskaya N. A., Turyanitsa A. I., Kardyum A. K. Relationships of bacteria of the genus *Klebsiella* with a plant, *Biopolymers and cell*, **4** (6), 75 (1995).
6. Fatina P. N. The use of microbiological preparations in agriculture, *Vestnik ASTU*, **39** (4), 39 (2007).
7. GOST 12038. Seeds of agricultural crops, Methods for determining germination. Input. 1986-07-01. *M.: Gosstandart of Russia: Publishing house of standards*, 64 p. (2011).
8. Tretyakov N. N. Workshop on plant physiology, *M.: Ear*, 283 p. (1990).
9. Lakin G. F. Biometrics, 4th ed., trans. and additional, *M : Higher school*, 354 p. 1990.