

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭНДОМИКОРИЗНОГО ГРИБА *GLOMUS INTRARADICES* В УСЛОВИЯХ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ПРИУРАЛЬЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

© 2022. Рашит Шафхатович Джапаров<sup>1✉</sup>, Акылбек Муратович Нургалиев<sup>2</sup>,  
Жанар Маратовна Гумарова<sup>3</sup>,

<sup>1, 2, 3</sup> Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана»,  
Уральск, Западно-Казахстанская область, Республика Казахстан

<sup>1</sup>dzhaparovr84@mail.ru

**Аннотация.** В условиях сухой степи Приуралья в двухфакторном полевом опыте проведены исследования по изучению влияния инокуляции семян яровой пшеницы штаммом эндомикоризного гриба *Glomus intraradices*. Фактор А – сорта яровой твердой пшеницы (районированный Светлана и перспективный Каргала 9). Фактор В – применение фосфорного удобрения в дозе 20 и 40 кг д.в./га (P<sub>20</sub> и P<sub>40</sub>) отдельно и по фону эндомикоризного гриба *Glomus intraradices* (AM). Использование AM позволило повысить урожайность зерна обоих сортов пшеницы относительно контроля на 10-12%, по фону P<sub>20</sub> – на 29-30% и по фону P<sub>40</sub> – на 25-34%. При совместном использовании AM + P<sub>40</sub> по обоим сортам пшеницы наблюдалось повышение показателей, характеризующих обилие везикул в корне (В) на 0,7...0,9% и обилие везикул в микоризованной части корня (b) на 3,8...6,2%.

**Ключевые слова:** арбускулярная микориза, фосфорное удобрение, яровая твердая пшеница, урожайность зерна, показатели микоризации, симбиотическая эффективность, сухостепная зона.

**Благодарности:** грантовое финансирование научных исследований МОН РК № госрегистрации 01112РК00510 «Продуктивность яровой твердой пшеницы при использовании эндомикоризного гриба *Glomus Intraradices* на темно-каштановой почве в условиях сухостепной зоны Приуралья».

**Введение.** Одной из наиболее востребованных зерновых культур в сухостепной зоне Приуралья Республики Казахстан является яровая твердая пшеница. Твердые сорта этой культуры отличаются от мягких более высоким содержанием белка в зерне и лучшими его характеристиками, за счёт чего используются главным образом для изготовления высококачественных макарон. Яровая твердая пшеница более устойчива к осыпанию,

чем мягкая, слабее поражается ржавчиной и головней, полнее использует влагу, менее подвержена полеганию [1]. Тем не менее, твердая пшеница требует более высокой агротехники, чем мягкие сорта пшеницы, вследствие большей своей потребности в питательных элементах. Особое внимание на тёмно-каштановой почве в сухостепной зоне Приуралья отводится подвижному фосфору, дефицит которого наблюдается в этих условиях. Увеличение его содержания в почве позволит улучшить баланс питательных веществ и усилить питание яровой пшеницы [2, 3]. Снижение плодородия почв в сухостепной зоне Приуралья привело к отказу от возделывания твердой пшеницы вследствие её «прихотливости», что послужило условием для поиска новых путей её выращивания. Одним из путей решения данной проблемы является использование для инокуляции семян эндомикоризного гриба *G. intraradices*, который поможет повысить устойчивость растений к стрессовым факторам в агрофитоценозе и повысить эффективность использования агротехнических приёмов и удобрений.

Арбускулярная микориза (АМ) – это наиболее широко распространённая и экологически значимая форма растительно-микробных взаимодействий [4]. В её образовании участвуют грибы одной монофилетической группы – грибы отдела *Glomeromycota* [5] и 90% наземных растений [6]. Известно, что грибы арбускулярной микоризы способны существенно (в 2-3 раза) усиливать фосфатное питание растений, переводя недоступные формы фосфора в неорганические доступные для питания растения-хозяина [4, 7, 8].

АМ – наиболее значимая форма растительно-микробного взаимодействия, формирование этого типа симбиоза в значительной степени способно усиливать рост растений, на

почвах бедных питательными веществами и в условиях биотического и абиотического стресса. Применение грибов арбускулярной микоризы в сельском хозяйстве представляется весьма перспективным способом повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

В опыте Северо-Западного НИИ молочного и лугопастбищного хозяйства [9], проведенного в 2005-2007 гг., на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве использование в смешанных посевах АМ совместно с биопрепаратами по фону минерального удобрения  $N_{30}P_{30}K_{45}$  позволило увеличить сбор зерна ячменя на 20-36% и содержание сырого белка до 20%.

Исследования, проведенные в 2010-2011 гг. во ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса [10] на дерново-подзолистой почве, показали эффективность использования АМ на пшенице. За счёт применения АМ урожайность зерна повышалась на 19-52% от контроля (39,8 ц/га).

В 2011 г. в Западно-Казахстанской области [10] на тёмно-каштановой тяжело-суглинистой почве полевой опыт по использованию АМ на яровой твердой пшенице показал, что при урожайности на контроле в 7,9 ц/га, использование АМ повышало сбор зерна на 7,6%, а по фону с аммофосом препарат увеличивал урожайность на 42-48% или на 6,4-6,7% относительно фона.

Изучение особенностей развития яровой твердой пшеницы при формировании арбускулярной микоризы является перспективным направлением повышения продуктивности этой культуры.

Целью проведенных исследований являлось изучение влияния эндомикоризного гриба *Glomus intraradices* и доз фосфорного

удобрения на продуктивность яровой твердой пшеницы.

Задачи исследования:

1. Выявить особенности развития и формирования урожайности сортов твердой яровой пшеницы при инокуляции семян эндомикоризным грибом *Glomus Intraradices*.

2. Оценить интенсивность развития арбускулярной микоризы на корневой системе яровой твердой пшеницы при использовании фосфорного удобрения.

**Методика.** Для исследований использовались агрохимические, микробиологические и микроскопические методы.

Исследования по определению эффективности инокуляции семян яровой твердой пшеницы штаммом эндомикоризного гриба *Glomus Intraradices* в условиях сухостепной зоны Приуралья Республики Казахстан проводилась в 2012-2014 гг. в двухфакторном полевом опыте (2 × 6) по следующей схеме. Фактор А – сорта яровой твердой пшеницы: А<sub>0</sub> Светлана [11], А<sub>1</sub> Каргала 9 [12]. Фактор В – дозы фосфорного удобрения и АМ: В<sub>0</sub> без удобрений; В<sub>1</sub> простой суперфосфат 20 кг д.в./га (P<sub>20</sub>); В<sub>2</sub> простой суперфосфат 40 кг д.в./га (P<sub>40</sub>); В<sub>3</sub> инокуляция семян штаммом эндомикоризного гриба *Glomus Intraradices* перед посевом (АМ); В<sub>4</sub> АМ + P<sub>20</sub>; В<sub>5</sub> АМ + P<sub>40</sub>.

Технология возделывания пшеницы включала основную обработку почвы (ПН-4-35) на глубину 25-27 см. Весной, при достижении почвой физической спелости проводили боронование (3-БЗТУ-1,0). По мере отрастания сорняков и прогревания почвы до оптимальной температуры выполнялась культивация (АУП-18) с внесением минеральных удобрений на глубину 6-8 см согласно схеме опыта. После чего проводился посев (АУП-18).

При посеве использовался (согласно схеме опыта) высокоэффективный штамм гри-

ба арбускулярной микоризы *Glomus intraradices* – шт RCAM00320 из коллекции ГНУ ВНИИСХМ Россельхозакадемии. Препарат представлен порошковидным глинопесчаным субстратом с влажностью 50-60% со спорами АМ-грибов и кусочками мелко измельченных корней с везикулами, арбускулами и внутрикоровым мицелием АМ-гриба. Препарат имеет вид сыпучей массы, без запаха. Инокуляцию микробным препаратом производили механизированно (HEGE 11) в день посева, из расчёта 1 кг на 100 кг семян.

Повторность вариантов четырехкратная, общий размер делянки 63 м<sup>2</sup>, учётная площадь 42 м<sup>2</sup>.

Почва опытного участка темно-каштановая тяжелосуглинистая на лёссовидных суглинках с содержанием гумуса 3,0% [13]. Обеспеченность доступными формами в слое 0-40 см: нитратным азотом – 33,1 мг/кг [13], подвижным фосфором – 14,4 мг/кг, подвижным калием – 336 мг/кг [14].

Закладка полевого опыта и дисперсионный анализ урожайных данных производился по Б.А. Доспехову [15]. Мацерация и окрашивание корней яровой твердой пшеницы проводились раствором трипанового голубого для последующего анализа микоризной инфекции согласно методу Phillips & Nauman [16]. Интенсивность микоризообразования с использованием метода световой микроскопии [17], усовершенствованного с помощью компьютерной программы «Mycorrhiza 1.0», позволяет в интерактивном режиме оценить эффективность микоризации при использовании расчетного числа полей зрения для достижения заданного уровня точности.

**Результаты.** Наибольшая урожайность зерна яровой твердой пшеницы в опыте была достигнута в 2013 г. (табл. 1), в среднем составив на сорте Светлана – 11,9 ц/га, на сорте Каргала 9 – 11,0 ц/га, в 2012 г. соответственно 3,8 и 4,0 ц/га и в 2014 г. соответственно 5,3 и

5,2 ц/га. Урожайность зерна твердой пшеницы по годам зависела от количества осадков в период вегетации культуры, что является одним из главных лимитирующих факторов в данном регионе [18].

Таблица 1

Урожайность яровой твердой пшеницы, ц/га

Фактор А (сорт)	Фактор В (биологизация и химизация посева)						Среднее по фактору А
	Контроль	P <sub>20</sub>	P <sub>40</sub>	АМ	АМ + P <sub>20</sub>	АМ + P <sub>40</sub>	
2012 г.							
Светлана	3,1	4,0	4,0	3,4	4,2	4,2	3,8
Каргала 9	3,2	4,2	4,2	3,6	4,5	4,4	4,0
Среднее по фактору В	3,2	4,1	4,1	3,5	4,4	4,3	
2013 г.							
Светлана	10,5	12,3	12,2	11,1	13,1	12,3	11,9
Каргала 9	9,6	11,1	11,1	10,4	11,6	12,3	11,0
Среднее по фактору В	10,0	11,7	11,6	10,8	12,4	12,3	
2014 г.							
Светлана	4,2	5,6	5,4	5,0	5,9	5,6	5,3
Каргала 9	4,1	5,3	5,6	4,9	5,4	5,8	5,2
Среднее по фактору В	4,2	5,4	5,5	5,0	5,6	5,7	
Среднее за 2012-2014 гг.							
Светлана	5,9	7,3	7,2	6,5	7,7	7,4	7,0
Каргала 9	5,6	6,9	7,0	6,3	7,2	7,5	6,8
Среднее по фактору В	5,8	7,1	7,1	6,4	7,4	7,4	
НСР <sub>05</sub> , ц/га на основании главных эффектов по фактору							
А				В			
2012 г. = 0,1; 2013 г. = 0,7; 2014 г. = 0,1; 2012-2014 гг. = 0,3				2012 г. = 0,1; 2013 г. = 0,5; 2014 г. = 0,1; 2012-2014 гг. = 0,2			
НСР <sub>05</sub> , ц/га на основании частных различий по фактору							
А				В			
2012 г. = 0,3; 2013 г. = 1,7; 2014 г. = 0,1 2012-2014 гг. = 0,7				2012 г. = 0,2; 2013 г. = 0,7; 2014 г. = 0,1 2012-2014 гг. = 0,3			

В среднем за исследование от внесения фосфорного удобрения в дозах P<sub>20</sub> и P<sub>40</sub> урожайность увеличивалась на обоих сортах на 1,3-1,4 ц/га. Инокуляция семян пшеницы эндомикоризным грибом *Glomus intraradices* позволила оптимизировать фосфорное питание культуры, повысив, тем самым, продуктивность обоих сортов относительно кон-

троля на 0,6 ц/га. А применение АМ на фоне фосфорного удобрения дополнительно повышало урожайность на сорте Светлана на 0,9-1,2 ц/га, на сорте Каргала 9 на 0,9-1,2 ц/га. Внесение фосфорного удобрения в дозе 40 кг д.в. не повышало урожайности зерна (относительно P<sub>20</sub>) на сорте Светлана, даже имелась тенденция к понижению. На сорте Каргала 9,

напротив, урожайность зерна увеличилась на 0,3 ц/га, показав в целом большую отзывчивость от вносимых доз тука.

В 2014 г. отмечалось наибольшее различие в урожайности между сортами яровой твердой пшеницы на всех без исключения вариантах. Наибольшая разница была на варианте АМ + P<sub>20</sub>, где сорт Светлана превзошел сорт Каргала 9 на 0,5 ц/га, но в варианте АМ + P<sub>40</sub> перспективный сорт превысил урожайность на 0,2 ц/га. В наиболее урожайный 2013 г. отмечалась тенденция в превалировании сорта Светлана, достигая повышения в сборе зерна на 1,2-1,5 ц/га, но разница не была достоверной (НСР<sub>0,5</sub> = 1,7 ц/га).

Результаты оценки развития арбускулярной микоризы в фазе восковой спелости пшеницы сорта Каргала 9 и сорта Светлана представлены в таблице 2. Так, результаты показали, что обилие везикул в корнях пшеницы (В, %) было низким или нулевым по

вариантам, что свидетельствует о ранней фазе развития арбускулярной микоризы.

Значения показателей интенсивности микоризации в корне (М) в вариантах с инокуляцией яровой твердой пшеницы АМ-грибом были выше значений этих показателей в вариантах без инокуляции. Показатель интенсивности инфекции в микоризованной части корня (m) напротив практически не отличался от вариантов без инокуляции. Встречаемость микоризной инфекции (F) у сорта Светлана в вариантах с микоризацией варьировала в диапазоне 11,6-32,8%, у сорта Каргала 9 – 5,1-28,1%. Внесение фосфорного удобрения не оказывало большого влияния на увеличение показателей (F) в вариантах с АМ, на сорте Каргала 9 отмечалось снижение данного показателя. Наибольшим развитием арбускул в корнях растений в среднем по опыту характеризовался вариант АМ+P<sub>20</sub>, на сорте Светлана с показателем в 2,3%, на сорте Каргала 9 – 1,0%.

Таблица 2

Показатели микоризации корней\* яровой твердой пшеницы, % (среднее за 3 года)

Вариант	F	M	m	A	a	B	b
Сорт Светлана							
Контроль	12,9	5,4	33,3	0,4	3,1	0,1	0,3
P <sub>20</sub>	14,2	3,3	14,2	0,3	3,2	0,1	0,9
P <sub>40</sub>	11,6	4,4	32,6	0,3	3,7	0,1	1,0
АМ	29,6	7,5	23,9	0,4	10,0	0,2	1,4
АМ + P <sub>20</sub>	32,8	10,7	30,1	2,3	11,9	0,1	0,9
АМ + P <sub>40</sub>	28,1	9,1	32,2	0,4	5,4	0,3	3,8
Сорт Каргала 9							
Контроль	5,1	0,8	12,1	0,0	0,0	0,0	0,0
P <sub>20</sub>	6,6	1,9	26,9	0,0	4,8	0,0	0,0
P <sub>40</sub>	7,7	1,3	17,4	0,1	15,0	0,0	0,0
АМ	28,1	7,4	25,6	0,5	8,5	0,1	1,3
АМ + P <sub>20</sub>	20,1	5,3	26,4	1,0	15,7	0,3	6,2
6АМ + P <sub>40</sub>	25,0	8,1	33,2	0,4	6,4	0,7	11,2

\* – показатели микоризации, %: F – встречаемость микоризной инфекции в корне, M – интенсивность микоризной инфекции в корне, m – интенсивность микоризной инфекции в микоризованной части корня, A – обилие арбускул в корне, a – обилие арбускул в микоризованной части корня, B – обилие везикул в корне, b – обилие везикул в микоризованной части корня.

Анализ контрольных образцов корней растений без инокуляции высокоэффективным

грибом *G. intraradices* шт. RCAM00320 выявил наличие местных грибов АМ, но мест-

ные грибы не образовывали основных важных симбиотических структур – арбускул и везикул. Лучшее развитие везикул отмечалось на перспективном сорте Каргала 9 в варианте АМ+ P<sub>40</sub> с показателями В и в соответственно 0,7 и 6,2 %, что характеризовало его как наиболее эффективный для образования микоризы, на сорте Светлана соответственно 0,9 и 3,8%.

Таким образом, использование АМ показывает лучшее развитие арбускул и везикул по сравнению с вариантами, где не использовался микосимбионт. Применение фосфорного удобрения с АМ, если не оказывало сильного влияния на показатель встречаемости микоризы в корне, но увеличивал обилие арбускул и везикул.

На сорте Каргала 9 выявлена сильная прямая корреляционная взаимосвязь между урожайностью и показателями микоризации корней: m ( $r = 0,75$ ), В ( $r = 0,64$ ) в ( $r = 0,66$ ). На сорте Светлана данная взаимосвязь носила среднюю величину зависимости.

**Выводы.** Иннокуляция семян грибом арбускулярной микоризы *G. intraradices* позволяет обеспечить культуру доступным фосфором в

период вегетации и может служить альтернативой внесению фосфорных удобрений.

В среднем за годы исследований урожайность яровой твердой пшеницы при использовании АМ повышалась на 9,6...11,8%. АМ на фоне P<sub>20</sub> повышал урожайность относительно контроля на сорте Светлана на 1,8 ц/га (30,8%), на сорте Каргала 9 – на 1,5 ц/га (27,0%). При сравнении полученных значений с вариантом P<sub>20</sub> прибавка составляла соответственно 0,4 и 0,3 ц/га. Применение АМ по фону P<sub>40</sub> было более эффективным на перспективном сорте Каргала 9, повышая урожайность культуры относительно P<sub>20</sub> на 0,3 ц/га.

При использовании АМ встречаемость микоризной инфекции на обоих сортах была высокой. Лучшее развитие везикул отмечалось на перспективном сорте Каргала 9 в варианте АМ + P<sub>40</sub>. На этом сорте наблюдалось повышение показателей, характеризующих обилие везикул в корне (В) на 0,7% и обилие везикул в микоризованной части корня (в) на 6,2%, что характеризовало его как наиболее эффективный для образования микоризы.

#### Список источников

1. Глушаков Д.А., Юсов В.С., Плотников Л.Я., Мешкова Л.В. Устойчивость твердой пшеницы к бурой ржавчине // Материалы международной научно-практической конференции по селекции и семеноводству сельскохозяйственных культур посвященный 50-летию селекционного центра ФГБНУ "Омский АНЦ". 04 августа 2020 г. Омск (Актуальные направления аграрной науки). Омск: Изд-во «ИП Макшеева Е.А.». 2020 г. С. 42-47.
2. Вольнкина О.В. Фосфорное удобрение усиливает действие азота на урожай и качество пшеницы // Проблемы агрохимии и экологии. 2019. №1. С. 21-25.
3. Прошкина В.А., Козеичева Е.С. Эффективность применения фосфорных удобрений под пшеницу в зависимости от агрохимических свойств почв // Агрохимия. 2015. №3. С. 34-42.
4. Юрков А., Шишова М., Семенов Д. Особенности развития люцерны хмелевидной с эндомикоризным грибом // Saarbrücken, LAP Lambert Academic Publishing. 2010. 214 с.
5. Schüßler A. Schwarzott D. Walker C. Anewfungalphylum, the Glomeromycota: phylogeny and devolution // Mycol. Res. 2001. V. 105, N 12. P. 1413-1421.
6. Renker C. Heinrichs J. Kaldorf M. Combining nested PCR and restriction digest of the internal transcribed spacer region to characterize arbuscular mycorrhizal fungi on roots from the field // Mycorrhiza. 2003. V. 13. P. 191-198.
7. Karandashov V. Bucher M. Symbiotic phosphate transport in arbuscular mycorrhizas // Trends in Plant Science. V. 2005. P. 22-29.

8. Юрков А.П. Полиморфизм популяции Павловской люцерны хмелевидной по показателям продуктивности, микоризации и эффективности симбиоза с *GLOMUS INTRARADICES* // Сельскохозяйственная биология. 2011. №3. С. 65-71.
9. Безгодова И.Л., Коновалова Н.Ю., Прядильщикова Е.Н., Коновалова С.С. Влияние минерального питания и биопрепаратов при возделывании ячменя и гороха на зерновые цели // АгроЗооТехника. 2018. №1(1). DOI: 10.15838/alt/2018.1.1.3.
10. Юрков А.П., Степанова Г.В., Якоби Л.М., Кожемяков А.П., Сергалиев Н.Х., Аменова Р.К., Джапаров Р.Ш., Володин М.А., Тлепов А.С., Баймуханов Е.Н. Продуктивность яровой и озимой пшеницы при использовании гриба арбускулярной микоризы *Glomus intraradices* в условиях дефицита влаги // Кормопроизводство. 2012. №11. С. 18-20.
11. Суханбердина Л.Х., Суханбердина Ф.Х., Суханбердина Д.Х., Турбаев А.Ж. Сорта сельскохозяйственных культур, допущенных к использованию в Западно-Казахстанской области // Уральск: ЗКФ АО «НЦНТИ». 2011. 107 с.
12. Цыганков В.И., Цыганкова М.Ю., Цыганков И.Г., Уразалиев Р.А., Аширбаева С.А. Районированные и новые конкурентоспособные сорта твердой пшеницы отечественной селекции для степных и сухостепных зон Казахстана // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. №6. С. 37-41.
13. Фролова А.А., Анцелович М.Е. Агрехимические методы исследования почв. М.: Наука, 1965, 436 с.
14. ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. Введ. 01.07.1993. М.: Издательство стандартов, 1992. 8 с.
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
16. Phillips J.M. Hayman D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscularmycorrhizal fungi for rapid assessment of infection // Transact. BritishMycor. Soc. 1970. Vol. 55. P. 158-161.
17. Trouvelot A. Kough J.L. Gianinazzi-Pearson V. Mesure du taux de mycorhization VA d'un systeme racinaire. Recherche de methodes ayant une signification fonctionnelle // In: Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae. Eds. Gianinazzi-Pearson V., Gianinazzi S. Paris: INRA-Press, 1986. P. 217-221.
18. Система ведения сельского хозяйства Западно-Казахстанской области. Уральск, 2004. 276 с.

**INCREASING THE PRODUCTIVITY OF SPRING DURUM WHEAT WHEN USING THE  
ENDOMYCORRHIZAL FUNGUS *GLOMUS INTRARADICES* IN THE CONDITIONS OF  
THE DRY-STEPPE ZONE OF THE PRIURAL AREAS OF THE REPUBLIC OF  
KAZAKHSTAN**

© 2022. Rashit Sh. Dzhabarov<sup>1✉</sup>, Akylbek M. Nurgaliev<sup>2</sup>,  
Zhanar M Gumarova<sup>3</sup>,

<sup>1, 2, 3</sup>West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan, Uralsk,  
West Kazakhstan region, Republic of Kazakhstan

<sup>1</sup>dzhabarovr84@mail.ru

**Abstract.** In the conditions of the dry steppe of the Urals, in a two-factor field experiment, studies were carried out to study the effect of inoculation of spring wheat seeds with a strain of the endomycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. Factor A – varieties of spring durum wheat (zoned Svetlana and promising Kargala 9). Factor B – the use of phosphate fertilizer at a dose of 20 and 40 kg a.i./ha (P<sub>20</sub> and P<sub>40</sub>) separately and against the background of the endomycorrhizal fungus *Glomus intraradices* (AM). The use of AM made it possible to increase the grain yield of both wheat varieties relative to the control by 10-12%, according to the P<sub>20</sub> background by 29-30% and according to the P<sub>40</sub> background by 25-34%. With the combined use of AM + P40 for both varieties of wheat, an increase in indicators characterizing the abundance of vesicles in the root (B) by 0.7 ... 0.9% and the abundance of vesicles in the mycorrhized part of the root (b) by 3.8 ... 6.2% was observed.

**Key words:** arbuscular mycorrhiza, phosphorus fertilizer, spring durum wheat, grain yield, mycorrhiza indicators, symbiotic efficiency, dry steppe zone.

#### References

1. Glushakov D.A., Jusov V.S., Plotnikov L.Ja., Meshkova L.V. Uстойчивost' tverdoj pshenicy k buroj rzhavchine (Resistance of durum wheat to leaf rust), *Materijaly mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii po selekcii i semenovodstvu sel'skohozjajstvennyh kul'tur posvjashhennyj 50-letiju selekcionnogo centra FGBNU "Omskij ANC". 04 avgusta 2020 g. Omsk (Aktual'nye napravlenija agrarnoj nauki), Omsk: Izd-vo «IP Maksheeva E.A.», 2020 g, pp. 42-47.*
2. Volynkina O.V. Fosfornoe udobrenie usilivaet dejstvie azota na urozhaj i kachestvo pshenicy (Phosphorus fertilizer enhances the effect of nitrogen on the yield and quality of wheat), *Problemy agrohimii i jekologii. 2019, No. 1, pp. 21-25.*
3. Proshkina V.A., Kozeicheva E.S. Jeffektivnost' primeneniya fosfornyh udobrenij pod pshenicu v zavisimosti ot agrohimicheskikh svojstv pochv (The effectiveness of the use of phosphate fertilizers for wheat, depending on the agrochemical properties of soils), *Agrohimiya, 2015, No. 3, pp. 34-42.*
4. Jurkov A., Shishova M., Semenov D. Osobennosti razvitiya ljucerny hmelevidnoj s jendomikoriznym gribom (Peculiarities of development of hop alfalfa with endomycorrhizal fungi), Saarbrücken, LAP Lambert Academic Publishing, 2010, 214 p.
5. Schüßler A. Scwarzott D. Walker C. Anewfungalphylum, the Glomeromycota: phylogeny devolution, *Mycol. Res. 2001, V. 105, No. 12, pp. 1413-1421.*
6. Renker C. Heinrichs J. Kaldorf M. Combining nested PCR and restriction digest of the internal transcribed spacer region to characterize arbuscular mycorrhizal fungi on roots from the field, *Mycorrhiza, 2003, V.13, P. 191-198.*
7. Karandashov V. Bucher M. Symbiotic phosphate transportinarbuscular mycorrhizas, *Trends in Plant Science, V. 2005, P. 22-29.*
8. Jurkov A.P. Polimorfizm populjacji Pavlovskoj ljucerny hmelevidnoj po pokazateljam produktivnosti, mikorizacii i jeffektivnosti simbioza s *Glomus intraradices* (Polymorphism of the population of Pavlovskaya alfalfa hop-like in terms of productivity, mycorrhization and the effectiveness of symbiosis with *GLOMUS INTRARADICES*), *Sel'skohozjajstvennaja biologija, 2011, No. 3, pp. 65-71.*
9. Bezgodova I.L., Konovalova N.Ju., Prjadil'shnikova E.N., Konovalova S.S. Vlijanie mineral'nogo pitaniya i biopreparatov pri vozdelevanii jachmenja i goroha na zernovye celi (The influence of mineral nutrition and biological products in the cultivation of barley and peas on grain purposes), *AgroZooTehnika, 2018, No. 1(1), DOI: 10.15838/alt/2018.1.1.3.*
10. Jurkov A.P., Stepanova G.V., Jakobi L.M., Kozhemjakov A.P., Sergaliev N.H., Amenova R.K., Dzhaparov R.Sh., Volodin M.A., Tlepov A.S., Bajmukanov E.N. Produktivnost' jarovoj i ozimoj pshenicy pri ispol'zovanii griba arbuskuljarnoj mikorizy *Glomus intraradices* v uslovijah deficita vlagi (Productivity of spring and winter wheat using arbuscular mycorrhiza fungus *Glomus intraradices* under conditions of moisture deficiency), *Kormoproizvodstvo, 2012, No. 11, pp. 18-20.*
11. Suhanberdina L.H., Suhanberdina F.H., Suhanberdina D.H., Turbaev A.Zh. Sorta sel'skohozjajstvennyh kul'tur, dopushhennyh k ispol'zovaniju v Zapadno-Kazahstanskoj oblasti (Varieties of agricultural crops approved for use in the West Kazakhstan region), *Ural'sk: ZKF AO «NCNTI», 2011, 107 p.*
12. Cygankov V.I., Cygankova M.Ju., Cygankov I.G., Urazaliev R.A., Ashirbaeva S.A. Rajonirovannye i novye konkurentosposobnye sorta tverdoj pshenicy otechestvennoj selekcii dlja stepnyh i suhostepnyh zon Kazahstana (Zoned and new competitive durum wheat varieties of domestic breeding for the steppe and dry steppe zones of Kazakhstan), *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2013, No. 6, pp. 37-41.*
13. Frolova A.A., Ancelovich M.E. Agrohimicheskie metody issledovanija pochv (Agrochemical methods of soil research), M.: Nauka, 1965, 436 p.
14. GOST 26205-91. Pochvy. Opredelenie podvizhnyh soedinenij fosfora i kalija po metodu Machigina v modifikacii CINAO (Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by the Machigin method in the modification of TsINAO), *Vved. 01.07.1993, M.: Izdatel'stvo standartov, 1992, 8 p.*
15. Dospheov B.A. Metodika polevogo opyta (Field experiment methodology), M.: Agropromizdat, 1985, 351 p.
16. Phillips J.M. Hayman D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscularmycorrhizal fungi for rapid assessment of infection, *Transact. BritishMycor. Soc. 1970, Vol. 55. P. 158-161.*
17. Trouvelot A. Kough J.L. Gianinazzi-Pearson V. Mesure du taux de mycorrhization VA d'un systeme racinaire. Recherche de methodes ayant une signification fonctionnelle, In: *Physiological and Genetic Aspects of Mycorrhizae*. Eds. Gianinazzi-Pearson V., Gianinazzi S. Paris: INRA-Press, 1986, P. 217-221.
18. Sistema vedenija sel'skogo hozjajstva Zapadno-Kazahstanskoj oblasti (The agricultural system of the West Kazakhstan region), *Ural'sk, 2004, 276 p.*



*Сведения об авторах*

**Р.Ш. Джапаров**<sup>1✉</sup> – канд. с.-х. наук;

**А.М. Нургалиев**<sup>2</sup> – канд. с.-х. наук;

**Ж.М. Гумарова**<sup>3</sup> – канд. с.-х. наук;

<sup>1, 2, 3</sup> Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, ул. Жангир хана, 51, Уральск, Западно-Казахстанская область, Республика Казахстан, 090009, <sup>1</sup>dzharovr84@mail.ru

*Information about the authors*

**R.Sh. Japarov**<sup>1✉</sup> – Cand. Agr. Sci.;

**A.M. Nurgaliev**<sup>2</sup> – Cand. Agr. Sci.;

**J.M. Gumarova**<sup>3</sup> – Cand. Agr. Sci.;

<sup>1, 2, 3</sup> West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan, Zhangir Khan St., 51, Uralsk, West Kazakhstan region, Republic of Kazakhstan, 090009, <sup>1</sup>dzharovr84@mail.ru

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

*Conflict of interest:* the authors declare that they have no conflicts of interest.

*Статья поступила в редакцию 15.11.2021; одобрена после рецензирования 03.12.2021;*

*принята к публикации 04.03.2022.*

*The article was submitted 15.11.2021; approved after reviewing 03.12.2021; accepted for publication 04.03.2022.*