

**Н. Х. Сергалиев, А. С. Тлепов, М. А. Володин,
Р. Ш. Джапаров, А. Ж. Турбаев, Н. К. Мұхамбетжанов**

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет
им. Жангир хана
г. Уральск, Казахстан

ВЛИЯНИЕ АРБУСКУЛЯРНОЙ МИКОРИЗЫ НА УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ПРИУРАЛЬЯ*

Аннотация. Рассмотрены результаты изучения действия инокуляции растений твердой пшеницы эндомикоризным грибом *Glomus intraradices*. Определены основные показатели качества зерна в зависимости от использования биологического препарата и минерального удобрения в условиях сухостепной зоны Приуралья.

Ключевые слова: яровая твердая пшеница, биопрепарат, микориза, удобрения, симбиоз, плодородие, качество зерна.



Түйіндеме. Бұл мақалада қатты бидайдың *Glomus intraradices* микориза санырауқұлақтың инокуляцияның өсімдікке әсері қарастырылған. Орал өңірінің құрғақ далалы аймағының жағдайында минералды тыңайтқыштар және биологиялық препараттар қолдану есерінен бидай сапасының негізгі көрсеткіштері анықталды.

Түйінді сөздер: жаздық қатты бидай, биопрепарат, микориза, тыңайтқыштар, симбиоз, құнарлығы, тұқым сапасы.



Abstract. This article describes the results of studying the effect of inoculation of plants durum wheat by arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus intraradices*. It is

**Данная работа выполнена в рамках выполнения проекта "Производительность яровой твердой пшеницы при использовании эндомикоризного гриба *Glomus Intraradices* на темно-каштановой почве в условиях сухостепной зоны приуралья" (№ госрегистрации 0112РК00510) программы грантового финансирования Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан.*

determined the main indicators of the quality of grain, depending on the use of biological preparation and fertilizer in a dry steppe zone of Urals.

Key words: spring durum wheat, biologicis, mycorrhiza, fertilizers, symbiosis, fertility, grain quality.

Введение. Большинство темно-каштановых почв Западно-го Казахстана слабо обеспечены подвижным фосфором поэтому требуется обязательное внесение фосфорных удобрений. Альтернативным источником могут послужить биологические препараты, одним из которых является гриб арбускулярной микоризы *Glomus intraradices* (*G. Intraradices*). Арбускулярная микориза – это наиболее широко распространенная и экологически значимая форма растительно-микробных взаимодействий. В ее образовании участвуют грибы одной монофилетической группы – грибы отдела *Glomeromycota* и 90 % наземных растений. Одна из наиболее востребованных зерновых культур в Приуралье – яровая твердая пшеница. Изучение особенностей развития твердой пшеницы при формировании арбускулярной микоризы является актуальным направлением в земледелии региона в целях повышения продуктивности данной культуры.

Грибы арбускулярной микоризы служат поставщиками для растений растворимых фосфатов, которые извлекаются наружным мицелием из нерастворимых минералов за счет высокой адсорбирующей активности мицелия, а также благодаря его способности растворять недоступные для питания растений формы фосфора за счет выделения органических кислот и кислых фосфатаз [1-3].

Грибы арбускулярной микоризы способны усиливать фосфорное питание растений пшеницы и в отсутствие ростового отклика [4]. В условиях дефицита фосфора в почве ростовой отклик на микоризацию может быть значительным (>50 % поданным Xavieretal., 1998). Однако имеет место существенный полиморфизм по симбиотической эффективности грибов арбускулярной микоризы на различных сортах пшеницы [5]. Это свидетельствует в пользу необходимости проведения исследований на различных сортах пшеницы, районированных для сухостепной зоны Приуралья.

Методика

Исследования проводились в двухфакторном полевом опыте по схеме 2 x 6.

Фактор А – сорта яровой твердой пшеницы:

- 1 Сорт Светлана
- 2 Сорт Каргала 9

Фактор В – применение доз минерального удобрения и штамма эндомикоризного гриба

- 1 Без удобрений - контроль
- 2 P_{20} (предпосевное внесение двойного суперфосфата 20 кг/га д.в.)
- 3 P_{40} (предпосевное внесение двойного суперфосфата 40 кг/га д.в.)
- 4 *G. intraradices*
- 5 *G. intraradices* + P_{20}
- 6 *G. intraradices*по + P_{40}

Повторность – четырехкратная, размер делянки - 63 м², учетная площадь – 42 м².

Сопутствующие наблюдения выполнялись в соответствии с программой по общепринятой методике:

а) учет урожайности методом сплошного обмолота делянки с последующим пересчетом на 14 %-ную влажность и 100 %-ную чистоту;

б) определение:

- содержания белка в зерне пшеницы по ГОСТ 10846-91;
- числа падения по ГОСТ 27676-88;
- количества и качества клейковины пшенице по ГОСТ 13586.1-68;
- стекловидности зерна пшеницы по ГОСТ 10987-76;
- натурального веса зерна пшеницы по ГОСТ 10840-64.

Результаты и обсуждение. Условия 2013 г. позволили сформировать урожайность яровой твердой пшеницы (табл. 1) на сорте Светлана от 10,5 ц/га (контроль) до 13,1 ц/га (*G. intraradices* + P_{20}) и на сорте Каргала 9 от 9,6 (контроль) ц/га до 12,3 ц/га (*G. intraradices* + P_{40}).

Таблица 1

Урожайность яровой твердой пшеницы в 2013 г., ц/га

Фактор А (сорта)	Фактор В (биологизация и химизация посева)						Среднее по фактору А $HCP_{0,5} =$ 0,06 ц/га
	1. Конт- роль	2. P_{20} кг/га д.в.	3. P_{40} кг/га д.в.	4. <i>G.</i> <i>Intraradices</i>	5. <i>G.</i> <i>Intraradices</i> + + P_{20} кг/га д.в.	6. <i>G.</i> <i>Intraradices</i> + + P_{40} кг/га д.в.	
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 $HCP_{0,5} =$ 0,5 ц/га	10,0	11,7	11,6	10,8	12,4	12,3	

Для оценки частных средних

$$HCP_{0,5} A = 1,7 \text{ ц/га}$$

$$HCP_{0,5} B = 0,7 \text{ ц/га}$$

Урожайность при использовании гриба арбускулярной микоризы *G. intraradices* повышалась на сорте Каргала 9 относительно контрольного варианта на 0,8 ц/га, на сорте Светлана увеличивалась на 0,6 ц/га, но ниже достоверного уровня ($HCP_{0,5} B = 0,7$ ц/га). Эффективность от инокулянта на сорте Светлана составила 5,7 %, на сорте Каргала 9 - 8,3 %.

Выявлено положительное взаимодействие инокулянта и минерального удобрения с дозой P_{20} , способное увеличить урожайность культуры относительно контрольных вариантов на сортах Светлана и Каргала 9 соответственно на 2,6 ц/га (24,8 %) и на 2,0 ц/га (20,8 %), относительно варианта только с эндомикоризным грибом *G. Intraradices* соответственно на 2,0 и 1,2 ц/га. Так же на сорте Светлана вариант *G. Intraradices* + P_{20} показал достоверную прибавку против варианта только с фосфорным удобрением (P_{20}) на 0,8 ц/га. На сорте Каргала 9 прибавка была недостоверной (+0,5 ц/га).

На фоне арбускулярной микоризы увеличение дозы фосфорного удобрения до 40 кг/га д.в. относительно варианта с P_{20} вы-

зывало увеличение урожайности яровой твердой пшеницы на сорте Каргала 9 на 0,7 ц/га. На сорте Светлана отмечалось понижение продуктивности культуры на 0,8 ц/га.

В целом по урожайности районированный сорт Светлана достоверно превзошел в текущем году сорт Каргала 9 на 0,9 ц/га ($НСР_{0,5} = 0,06$ ц/га).

Урожай яровой пшеницы, как и других зерновых культур, определяется числом продуктивных колосьев, числом зерен в колосе и весом 1000 зерен [4]. Совокупность этих показателей позволяет определить структуру урожая, т.е. можно сказать, от какого параметра или их совокупности была получена прибавка в урожае.

Таблица 2

Биометрические данные яровой пшеницы, 2013 г.

Вариант	Надземная масса пшеницы, г/м ²	Число растений, шт./м ²	Число продуктивных колосьев, шт./м ²	Высота растения, см	Длина колоса, см	Вес 1000 зерен, г	Число зерен в колосе, шт.
Сорт Светлана							
1	296,7	170,0	187,3	66,9	5,6	30,2	18,9
2	318,3	171,0	184,7	67,4	5,7	29,2	23,2
3	340,0	178,3	190,3	64,7	6,2	28,7	22,9
4	301,7	173,0	191,3	66,9	5,8	29,9	20,4
5	328,3	186,7	201,7	69,1	5,9	30,7	21,6
6	348,3	180,3	197,3	71,7	6,1	27,6	23,9
Сорт Каргала 9							
1	311,7	182,0	188,7	67,8	6,1	24,3	22,6
2	320,0	176,7	180,0	63,7	6,2	24,9	26,0
3	341,7	186,3	202,0	68,2	6,4	24,3	24,1
4	308,3	193,7	189,3	60,9	6,3	23,9	24,4
5	338,3	198,0	205,7	62,6	6,3	24,7	24,3
6	348,3	192,3	209,0	60,7	6,3	23,3	26,1

Примечание: 1 – Контроль; 2 – P_{20} ; 3 – P_{40} ; 4 – G. Intradices; 5 – G. Intradices + P_{20} ; 6 – G. Intradices + P_{40} .

Надземная масса яровой пшеницы в фазе полной спелости (табл. 2) колебалась на сорте Светлана от 296,7 до 348,3 г/м², на сорте Каргала 9 от 308,3 г/м² до 348,3 г/м². Фосфорное удобрение способствовало увеличению надземной массы культуры. Так, по фону 20 кг д.в./га повышалось на сорте Светлана на 21,6 г/м² (7,3 %), на сорте Каргала 9 – на 8,3 г/м² (2,7 %), на фоне 40 кг д.в./га соответственно по сортам яровой пшеницы на 43,3 (14,6 %) и 30,0 (9,6 %) г/м².

Применение арбускулярной микоризы *G. intraradices* на сорте Светлана повысило вегетативную массу культуры относительно контроля на 5,0 г/м², на сорте Каргала 9 отмечалось ее понижение на 3,4 г/м². Посев инокулированной пшеницы по фону с минеральным удобрением 20 и 40 кг/га д.в. способствовал наибольшему увеличению наземной массы яровой пшеницы, соответственно на сортах Светлана на 31,6 и 51,6 г/см² и Каргала 9 на 26,6 и 36,6 г/м².

Наибольшее число растений показал вариант совместного использования арбускулярной микоризы *G. intraradices* и минерального удобрения с дозой 20 кг/га д.в. На сорте Светлана наблюдалось повышение показателя количество растений от стандарта на 16,7 шт./м², с высоким показателем продуктивных колосьев – 201,7 шт./м², на сорте Каргала 9 соответственно на 16,0 шт./м² с количеством продуктивных колосьев 205,7 шт./м², уступая только варианту *G. intraradices* + P₄₀ (209,0 шт./м²).

Использование одного фосфора позволило повысить число продуктивных колосьев только с дозой 40 кг/га д.в., увеличившись от стандарта на сорте Светлана на 3 шт./м², на сорте Каргала 9 – на 13,3 шт./м².

Повышение продуктивности культуры от арбускулярной микоризы составило на сорте Светлана 4,0 шт./м², от совместного применения с минеральным удобрением 20 и 40 кг/га д.в. соответственно 14,4 и 10 шт./м². На сорте Каргала 9 повышение данного показателя культуры от одного инокулянта не отмечалось, только по фону с минеральным удобрением соответственно на 17,0 и 20,3 шт./м².

Высота растений находилась в пределах от 66,9 до 71,7 см

на сорте Светлана и от 60,7 до 68,2 см – на сорте Каргала 9. Отмечено, что на сорте Светлана использование арбускулярной микоризы *G. intraradices* по фону с минеральным удобрением P_{20} и P_{40} повышало высоту культуры соответственно на 2,2 и 4,8 см. На сорте Каргала 9 наблюдалось понижение данного показателя практически на всех вариантах.

Длина колоса при контроле на сорте Светлана – 5,6 см и на сорте Каргала 9 – 6,1 см изменялась: от вносимого удобрения с дозами 20 и 40 кг/га д.в. – соответственно повышалась на 0,1-0,6 см (сорт Светлана) и на 0,1-0,3 см (сорт Каргала 9); от фактора биологизации культуры - с арбускулярной микоризой увеличивалась на 0,2 см на обоих сортах, совместно с минеральным удобрением (P_{20-40}) соответственно на 0,3-0,5 см (сорт Светлана) и на 0,2 см (сорт Каргала 9).

Масса 1000 зерен на сорте Светлана находилась в интервале 27,6-30,7 г, на сорте Каргала 9 – 23,3-24,9 г, показывая в среднем по вариантам разницу между сортами, с преобладанием районированного сорта в 5,2 г. На сорте Светлана масса 1000 зерен имела повышение от стандарта только с арбускулярной микоризой *G. intraradices* по фону с минеральным удобрением 20 кг/га д.в. на 0,5 г, на сорте Каргала 9 с минеральным удобрением с дозой 20 кг/га д.в. и совместно с инокулянтом, соответственно на 0,6 и 0,4 г. На остальных вариантах обоих сортов наблюдалось некоторое понижение данного показателя от контроля.

Количество зерен в колосе повышалось от использования минерального удобрения и арбускулярной микоризы *G. intraradices* как отдельно, так и с туком. На сорте Светлана при показателе на контроле 18,9 шт. зерен в колосе, в вариантах с минеральным удобрением 20 и 40 кг/га д.в. увеличивалось на 4,0 и 4,3 шт. Инокулянт повышал данный показатель на 1,5 шт., а совместно с фосфорным удобрением на 2,7 и 5,0 шт. На сорте Каргала 9 с показателем 22,6 шт. на стандарте, минеральное удобрение с дозой 20 и 40 кг/га д.в. также позволило повысить озерненность колоса соответственно на 1,5 и 3,4 шт., совместно

с арбускулярной микоризой *G. intraradices* увеличивалось на 1,7-3,5 шт., только с микоризой на 1,8 шт.

Использование на посевах арбускулярной микоризы *G. intraradices* как отдельно, так и по фону с фосфорным удобрением позволяет воздействовать на основные показатели продуктивности культуры, главным образом на количество продуктивных колосьев, повышая на сорте Светлана до 7,7 %, на сорте Каргала 9 до 10,8 % и на озерненность колоса соответственно по сортам до 26,4 и 15,5 %. Масса 1000 зерен на вариантах изменялась незначительно.

Наряду с количественными показателями важна качественная характеристика товарного зерна, как объективный показатель достоинства полученного урожая.

Стекловидность яровой твердой пшеницы изменялась от внесения соответствующих доз минерального удобрения и использования биопрепарата (табл. 3). На сорте Светлана со стекловидностью на контроле 64,9 %, от внесения фосфорного удобрения в дозах 20 и 40 кг/га д.в. увеличивалась соответственно на 2,6 и 8,3 %. На сорте Каргала 9 при показателе на контроле 68,0%, повышалось только с дозой 20 кг/га д.в. на 1,6 %, с понижением данного показателя при двукратном увеличении нормы удобрения.

Культура яровая твердая пшеница хорошо отзывалась на использование арбускулярной микоризы *G. intraradices*. Увеличение от стандарта на сортах Каргала 9 и Светлана составляло соответственно 5,2 и 5,9 %, на фоне минерального удобрения повышалось только на сорте Каргала 9 с дозой 40 кг д.в./га на 5,9 %.

Натура зерна изменялась на сорте Светлана от 713,8 г/л на варианте *G. intraradices* + P₄₀ до 718,2 г/л на контроле, на сорте Каргала 9 – от 725,2 г/л на контроле – до 750,8 г/л с использованием *G. intraradices* + P₄₀, имея в текущем году пониженную массу, что отразилось на ее классности.

На сорте Светлана натура зерна от минерального удобрения и инокулянта грибов арбускулярной микоризы несколько понижалась от контроля. На сорте Каргала 9 от вносимых доз 20 и 40 кг/га д.в. повышалось соответственно на 6,8 и 6,0 г/л,

Качество зерна яровой пшеницы, 2013 г.

Вариант	Стекло-видность, %	Натура зерна, г/л	Показатель числа падения, с	Сырая клейковина		Белок зерна (Nx5,7) %
				Количество, %	ИДК	
Сорт Светлана						
Контроль	64,9	718,2	349	39,0	94,8 (II)	16,0
P ₂₀	67,5	716,2	379	39,2	85,9 (II)	16,4
P ₄₀	73,2	716,8	334	36,4	77,1 (I)	16,1
<i>G. intraradices</i>	70,8	715,2	429	41,0	97,0 (II)	16,2
<i>G. intraradices</i>						
+ P ₂₀	67,2	715,5	354	42,0	92,3 (II)	16,5
<i>G. intraradices</i>						
+ P ₄₀	67,0	713,8	346	38,2	69,0 (I)	15,8
Сорт Каргала 9						
Контроль	68,0	725,2	347	42,4	98,4 (II)	15,6
P ₂₀	69,6	732,0	362	48,6	88,4 (II)	16,2
P ₄₀	66,8	731,2	360	45,9	93,1 (II)	15,7
<i>G. intraradices</i>	73,2	730,8	403	43,6	93,9 (II)	15,8
<i>G. intraradices</i>						
+ P ₂₀	71,8	734,0	362	46,4	95,3 (II)	16,3
<i>G. intraradices</i>						
+ P ₄₀	73,9	750,8	339	43,8	81,7 (II)	15,8

Примечание: I и II – соответственно хорошая и удовлетворительная слабая клейковина.

совместно с арбускулярной микоризой *G. intraradices* на 8,8 и 25,6 г/л соответственно. Вариант с одной микоризой повышал натурную массу зерна на 5,6 г/л.

Показатель числа падения пшеницы находился в интервале 334-429 с. (сорт Светлана) и 339-403 с. (сорт Каргала 9).

Западно-Казахстанская область входит в число крупных регионов республики по производству зерна, соответствующего требованиям международных стандартов. Именно в засушливых условиях Западного Казахстана прекрасно вызревают сильные и твердые сорта пшеницы с высоким содержанием белка (до 18 %

и более) и клейковины (до 40 % и более), которые пользуются повышенным спросом на мировом рынке. Казахстанское зерно является основной экспортной продукцией сельского хозяйства страны, оно поставляется не только на рынки ближнего зарубежья, но и имеет свою нишу на мировых зерновых рынках.

Количество сырой клейковины при контроле на сортах Светлана – 39,0% и Каргала 9 – 42,4 % увеличивалось от внесения минерального удобрения только с перспективным для области сортом на 6,2 % (P_{20}) и 3,5% (P_{40}). На районированном сорте отмечалось понижение в содержании клейковины, но ее качество при внесении двойной нормы фосфорного удобрения доходило до I группы. На остальных вариантах (1,2 и 3) обоих сортов качество клейковины было удовлетворительным слабым.

От растительно-микробного взаимодействия количество сырой клейковины также повышалось на сортах Светлана и Каргала 9 соответственно на 2,0 и 1,6 %. По фону минерального удобрения: на сорте Светлана увеличивалось при P_{20} на 3,0 %, при P_{40} отмечалось понижение на 0,8 %, но ее качество соответствовало I группе (со II группой на остальных вариантах обоих сортов); на сорте Каргала 9 увеличивалось соответственно от вносимого удобрения на 4,0 и 1,4 %.

Отмечено, что количество сырой клейковины было наибольшим с дозой минерального удобрения 20 кг/га д.в. как отдельно, так и совместно с инокулянтом.

Содержание белка и количество клейковины в зерне имело тесную взаимосвязь, составляя среднюю ($r=0,61$) и сильную прямую ($r= 0,78$) корреляцию соответственно на сортах Светлана и Каргала 9.

Инокуляция семян грибом арбускулярной микоризой *G. intraradices* позволила увеличить белковость зерна на 0,2%. Использование доз фосфорного удобрения 20 и 40 кг/га д.в. повышало на сорте Светлана на 0,4 и 0,1 % соответственно, на сорте Каргала 9 – на 0,6 и 0,1 %. От взаимодействия инокулянта и минерального удобрения также соответственно на сорте Светлана на 0,5 % только при P_{20} , на сорте Каргала 9 – на 0,7 (P_{20}) и 0,2 (P_{40}) %. В обоих случаях отмечено, что повышение дозы фосфорного удобрения до 40 кг/га д.в. менее эффективно, чем по-

ниженная норма, что, возможно, связано с нарушением оптимального соотношения почвенных элементов питания.

Заклучение. Таким образом, применение в сухостепной зоне Приуралья арбускулярной микоризы *G. Intraradices* позволило повысить урожайность яровой твердой пшеницы на 0,6-0,8 ц/га, а применение по фону фосфорного удобрения – дополнительно на 1,2-2,0 ц/га.

Использование на посевах гриба арбускулярной микоризы *G. intraradices* как отдельно, так и по фону с фосфорным удобрением позволяет воздействовать на основные показатели продуктивности культуры, главным образом на количество продуктивных колосьев. Только на сорте Каргала 9 с использованием микоризного препарата по фону P_{40} удалось сформировать пшеницу, соответствующую третьему классу, на остальных вариантах и на сорте Светлана – четвертому классу.

Список литературы

1 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.

2. Schubler. A. Scwarzott D. Walker. C. Anewfungalphylum, the Glomeromycota: phylogeny and devolution // Mycol. Res. – 2001. – V. 105, № 12. – P. 1413-1421.

3 Al-Karaki G.N. McMichael B. Zak. J. Field response of wheat to arbuscularmycorrhizal fungi and drought stress // Mycorrhiza. – 2004. – V. 14. – P. 263-269.

4. Li H. Arbuscular mycorrhizal fungi contribute to phosphorus uptake by wheat grown in a phosphorus-fixing soil even in the absence of positive growth responses // New Phytol. - 2006. - V. 172, N3. - P. 536-543.

5 Xavier L.J.C. Germida J.J. Response of spring wheat cultivars to *Glomus clarum* NT4 in a P-deficient soil containing arbuscular mycorrhizal fungi // Can. J. Soil Sci. – 1998. – V. 78. – P. 481-484.

6 Перекальский Ф.М. Яровая пшеница. – М.: Сельхозгиз, 1985. – С. – 280.