

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

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

---

## **ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ПОСЕВАХ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ\***

---

**Аннотация.** Рассмотрено развитие яровой твердой пшеницы при формировании арбускулярной микоризы в сухостепной зоне Приуралья. Впервые в регионе определено накопление фосфора в основных органах твердой пшеницы в ответственные фенологические фазы и общего азота в полную спелость за счет стимулирования культуры биопрепаратом. Установлено, что улучшение пищевого режима почвы фосфором за счет химизации и биологизации посевов позволяет улучшить качество зерна, что неизменно ведет к увеличению урожайности яровой твердой пшеницы в регионах с низким содержанием  $P_2O_5$  в почвах. При этом содержание фосфора в культуре зависело от применяемых доз удобрения, предпосевной инокуляции семян арбускулярной микоризой и от сортов пшеницы.

**Ключевые слова:** яровая пшеница, твердые сорта, биопрепарат, микориза, удобрения, валовой фосфор, симбиоз, плодородие.



**Түйіндеме.** Бұл мақалада Орал өңірі құрғақ далалы аймағында арбускулярлы микоризаның қалыптасуында жаздық қатты бидайдың дамуы қарастырылған. Алғаш рет аймақта қатты бидайдың маңызды ағзаларында жауапты фенологиялық фазаларда дәнді дақылды биопрепаратпен өңдеу есебінен фосфордың және толық пісу кезеңінде жалпы азоттың жинақталуы анықталды.

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

---

*\*Работа выполнена в рамках проекта "Продуктивность 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.*



**Abstract.** This article is about development of spring durum wheat by the formation of arbuscular micorrhiza in dry steppe zone of the neighborhood of the Ural. For the first time in this region was defined the phosphorus accumulation in the major organs of durum wheat in charge phenological phases and total nitrogen to the full maturity by stimulating the culture with biological preparations. The research has shown that improving the nutrient status of soil with the phosphorus due to the use of chemicals and biological function of crops can improve the quality of grain that invariably leads to increasing the productivity of spring durum wheat in the areas with low P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in the soil. The content of the phosphorus in the culture depended on the applied doses of fertilizer, pre-arbuscular micorrhizal inoculation and from wheat varieties.

**Key words:** spring wheat, durum varieties, biological product, mycorrhiza, fertilizers, total phosphorus, symbiosis, fertility.

**Введение.** В настоящее время отмечается снижение уровня плодородия почв сельскохозяйственных угодий, ухудшение экологической обстановки. Происходит интенсивная деградация и разрушение агроландшафтов и экосистем. Актуальна проблема баланса питательных веществ в почвах.

В условиях сухостепной зоны Приуралья земли, отведенные под пашню, имеют, как правило, низкую степень обеспеченности доступным фосфором для зерновых культур. Поэтому основным источником пополнения запасов данного элемента питания является внесение органических и минеральных удобрений. В качестве возможной альтернативы может быть использование биопрепаратов в связи с их дешевизной, малыми затратами при применении и высокой рентабельностью.

*Фосфор* – элемент питания растений, является важным биофильным элементом, физиологическая роль которого в питании растений огромна. Фосфор принимает участие в синтезе белков, энергетическом обмене, передаче наследственных свойств, образовании клеточных мембран, ускоряет переход растений в репродуктивную фазу. Без фосфора немислим процесс фотосинтеза и дыхания растительного организма. Вследствие этого большое значение приобретают альтернативные пути снабжения фосфором сельскохозяйственных растений, в частности, с

помощью гриба арбускулярной микоризы *G. intraradices*. Грибы арбускулярной микоризы способны существенно (в 2-3 раза) усиливать фосфатное питание растений, переводя недоступные формы фосфора в неорганические, доступные для питания растения-хозяина [1-3]. Арбускулярная микориза – это наиболее широко-распространенная и экологически значимая форма растительно-микробных взаимодействий [3]. В ее образовании участвуют грибы одной монофилетической группы – грибы отдела *Glomeromycota* [4] и 90 % наземных растений [5].

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

**Объекты исследований:** темно-каштановая почва, твердая пшеница, штамм эндомикоризного гриба, фосфорное удобрение.

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  $P_{20}$

3  $P_{40}$

4 *G.intraradices*

5 *G.intraradices* по фону  $P_{20}$

6 *G.intraradices* по фону  $P_{40}$

Повторность – четырехкратная,

размер делянки – 63 м<sup>2</sup>,

учетная площадь – 42 м<sup>2</sup>.

Сопутствующие наблюдения выполнялись в соответствии с программой по общепринятой методике:

– фенологические наблюдения за ростом и развитием растений (Рекомендации по методике проведения наблюдений и исследований в полевом опыте, 1973);

– определение фосфора в растении (метод Трюга - Мейера);

– определение азота-белка (метод Грандваль - Ляжу).

**Результаты и обсуждение.** В ходе исследований установлено, что содержание фосфора в культуре зависит от применяемых доз удобрения, предпосевной инокуляции семян арбускулярной микоризой и от сортов пшеницы. По динамике накопления фосфора в органы растения в ответственные фазы развития культуры можно судить об обеспеченности данным элементом питания, проводить анализ о реутилизации  $P_2O_5$ , выявлять потребность в применении подкормки удобрениями. Анализ накопления и перераспределения фосфора показал (табл. 1), что в фазу колошения культуры идет максимальное его накопление в наземной части растения и в последующие фазы до завершения созревания в зерновке. В фазу колошения  $P_2O_5$  составило на контроле у сорта Светлана в стеблях 0,343 %, в колосе – 0,620 %, у сорта Каргала 9 – соответственно 0,346 и 0,609 %.

Таблица 1

Содержание  $P_2O_5$  в фазу колошения культуры, %

Вариант	Сорт Светлана		Сорт Каргала 9	
	стебель	колос	стебель	колос
Контроль	0,343	0,620	0,346	0,609
$P_{20}$ кг/га д.в.	0,349	0,652	0,359	0,646
$P_{40}$ кг/га д.в.	0,328	0,646	0,317	0,643
<i>G. intraradices</i>	0,352	0,633	0,353	0,628
<i>G. intraradices</i> + $P_{20}$ кг/га д.в.	0,371	0,671	0,368	0,642
<i>G. Intraradices</i> + $P_{40}$ кг/га д.в.	0,347	0,640	0,355	0,631

Использование арбускулярной микоризы *G. intraradices* позволило увеличить содержание фосфора (в относительных процентах) в стеблях на сортах Светлана и Каргала 9 соответственно 2,6 и 2,1 %, в колосе соответственно на 2,0 и 3,1 %, т.е. арбускулярная микориза оказывает положительное влияние на пищевой режим почвы, увеличивая запасы доступного фосфора в ней для питания сельскохозяйственных растений.

Применение фосфорного удобрения в дозах 20 и 40 кг/га д.в. дополнительно повышало содержание фосфора в колосе:

- на сорте Светлана соответственно на 0,032 и 0,013 %,
- на сорте Каргала 9 соответственно на 0,037 и 0,034 %.

В стеблях в данную фазу развития наблюдалось незначительное накопление данного элемента питания или уменьшение в сравнении с контролем, что обусловлено оттоком  $P_2O_5$  в колос.

Использование арбускулярной микоризы совместно с минеральным удобрением позволило увеличить в соломе  $P_2O_5$  на вариантах с  $P_{20-40}$  соответственно:

- на сорте Светлана – на 0,028 и 0,004 %,
- на сорте Каргала 9 – на 0,022 % и 0,009 %.

В колосе:

- на сорте Светлана при  $P_{20}$  – на 0,051 %, при  $P_{40}$  – на 0,020 %,
- на сорте Каргала 9 – на 0,033 и 0,022 %.

Как показывают данные табл. 2, в фазу восковой спелости происходит процесс перераспределения фосфора и его накопления в зерновке колоса.

Минеральное удобрение увеличивало содержание фосфора в зерне сорта Светлана в зависимости от вносимой дозы на 0,036 ( $P_{20}$ ) и 0,030 ( $P_{40}$ ) %, сорта Каргала 9 – на 0,036 и 0,024 %.

Таблица 2

**Содержание  $P_2O_5$  в фазу восковой спелости, %**

Вариант	Сорт Светлана			Сорт Каргала 9		
	стебель	полова	зерно	стебель	полова	зерно
Контроль	0,220	0,352	0,588	0,192	0,304	0,606
$P_{20}$ кг/га д.в.	0,240	0,362	0,624	0,214	0,339	0,642
$P_{40}$ кг/га д.в.	0,228	0,333	0,618	0,208	0,326	0,630
<i>G. intraradices</i>	0,236	0,360	0,612	0,203	0,312	0,618
<i>G. intraradices</i> + $P_{20}$ кг/га д.в.	0,238	0,370	0,641	0,214	0,338	0,650
<i>G. intraradices</i> + $P_{40}$ кг/га д.в.	0,228	0,335	0,620	0,202	0,321	0,634

В вариантах с арбускулярной микоризой *G. intraradices* накопление фосфора в зерне от контроля составляло на изучаемых сортах 0,012 и 0,024 %, инокулянта по фону фосфорного удобрения дополнительно повышало на 0,029 и 0,008 % (сорт Светлана с P<sub>20</sub> и P<sub>40</sub>) и на 0,032 и 0,016 % (сорт Каргала 9 с P<sub>20</sub> и P<sub>40</sub>).

Таблица 3

Содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в фазу полной спелости, %

Вариант	Сорт Светлана			Сорт Каргала 9		
	стебель	полова	зерно	стебель	полова	зерно
Контроль	0,214	0,250	0,796	0,182	0,242	0,765
P <sub>20</sub> кг/га д.в.	0,230	0,262	0,780	0,200	0,261	0,845
P <sub>40</sub> кг/га д.в.	0,217	0,239	0,766	0,206	0,236	0,810
<i>G. intraradices</i>	0,212	0,262	0,816	0,208	0,239	0,830
<i>G. intraradices</i> + + P <sub>20</sub> кг/га д.в.	0,224	0,259	0,836	0,207	0,254	0,870
<i>G. intraradices</i> + + P <sub>40</sub> кг/га д.в.	0,202	0,252	0,790	0,205	0,222	0,830

К концу вегетации культуры (табл. 3) наибольшее содержание фосфора в зерне отмечено в вариантах с применением арбускулярной микоризы *G. intraradices* по фону с внесением фосфора с дозой 20 кг/га д.в. Увеличение от стандарта составило на изучаемых сортах:

- сорт Светлана – 0,040 %,
- сорт Каргала 9 – 0,105 %,

или при относительном проценте соответственно на 5,0 и 13,7 %. Применение только арбускулярной микоризы также повышало содержание фосфора в зерне на 0,020 и 0,065 % соответственно.

Использование инокулянта по фону минерального удобрения с дозой 40 кг/га д.в. на сорте Светлана понижало содержание данного элемента в зерне, на сорте Каргала 9 оставалось наравне только с одним инокулянтом.

Содержание фосфора в соломе на вариантах находилось в интервале:

- на сорте Светлана – 0,212-0,230 %,
- на сорте Каргала 9 – 0,182-0,208 %,

в полове соответственно 0,239-0,262 % и 0,222-0,261 %, с наибольшим содержанием при внедрении в сельскохозяйственное производство химического и биологического ресурсов.

Обеспечение растения доступным  $P_2O_5$  выявило между урожайностью культуры и содержанием фосфора в зерне большую корреляционную зависимость на сорте Каргала 9 ( $r=0,69$ ). На сорте Светлана данная зависимость проявлялась слабо ( $r=0,12$ ).

Потребность в фосфорных удобрениях возрастает в условиях достаточной обеспеченности азотом, и на хорошо гумусированных почвах недостаток фосфора – нередко основной фактор, лимитирующий рост урожайности сельскохозяйственных культур [3].

В проведенном опыте улучшение фосфорного питания яровой твердой пшеницы оказало влияние на накопление азота в зерне и в других органах культуры (табл. 4). Использование арбускулярной микоризы способствовало увеличению содержания азота в зерне на сортах Светлана и Каргала 9 соответственно на 0,04 и 0,05 % относительно контроля. Внесение 20 кг/га д.в. фосфорного удобрения способствовало повышению содержания данного показателя культуры соответственно на 0,08 и 0,11 % .

Таблица 4

**Содержание общего азота в фазу полной спелости, %**

Вариант	Сорт Светлана			Сорт Каргала 9		
	стебель	полова	зерно	стебель	полова	зерно
Контроль	0,58	0,66	2,80	0,58	0,65	2,73
$P_{20}$ кг/га д.в.	0,69	0,76	2,88	0,68	0,75	2,84
$P_{40}$ кг/га д.в.	0,65	0,70	2,82	0,62	0,67	2,75
<i>G. intraradices</i>	0,61	0,72	2,84	0,63	0,69	2,78
<i>G. intraradices</i> + + $P_{20}$ кг/га д.в.	0,65	0,77	2,90	0,68	0,74	2,86
<i>G. Intraradices</i> + + $P_{40}$ кг/га д.в.	0,66	0,74	2,78	0,68	0,72	2,77

Применение инокулянта по фону минерального удобрения с дозой 20 кг/га д.в. создавало лучшие условия для повышения качества зерна, обеспечив прибавку на 0,10 и 0,13 % (сорт Светлана и сорт Каргала 9). Внесение двойной нормы минерального удобрения не обеспечивало дополнительной прибавки.

Содержание азота в полове и соломе также находилось в зависимости от использования арбускулярной микоризы и фосфорного удобрения, с наибольшим содержанием при внесении 20 кг/га д.в.

### **Выводы**

Таким образом, улучшение пищевого режима почвы доступным фосфором за счет химизации и биологизации посевов позволяет улучшить качество зерна, что сопряжено с увеличением урожайности яровой твердой пшеницы в регионах с низким содержанием  $P_2O_5$  в почвах.

### **Список литературы**

- 1 Karandashov V. Bucher M. Symbiotic phosphate transport-arbuscular mycorrhizas // Trends in Plant Science, 2005. – P. 22-29.
- 2 Юрков А.П. Шишова М.Ф. Семенов Д.Г. Особенности развития люцерны хмелевидной с эндомикоризным грибом. – Саарбрюккен, Германия: " LAP", 2010. – 215 с.
- 3 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.
- 4 Schüßler A., Schwarzott D., Walker C. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogenetic devolution // Mycol. Res. – 2001. – V. 105, № 12. – P. 1413-1421.
- 5 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.