

## Агрехимия. Почвоведение

УДК 631.8.

DOI:10.31857/S2500-2627-2020-2-36-38

### ВЛИЯНИЕ ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ НА МИКОРИЗАЦИЮ КОРНЕЙ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

З.М. Курамшина<sup>1</sup>, Р.М. Хайруллин<sup>2</sup>, доктора биологических наук,  
Л.Р. Насретдинова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета,  
453103, Стерлитамак, пр. Ленина, 49  
E-mail: kuramshina\_zilya@mail.ru

<sup>2</sup>Институт биохимии и генетики Уфимского федерального исследовательского центра РАН,  
454054, Уфа, пр. Октября, 71  
E-mail: krm62a@mail.ru

*Исследовано влияние органо-минерального удобрения Гуми-Оми-Фосфор и минерального удобрения суперфосфата на биомассу корней и формирование арбускулярной микоризы. Показано, что применение удобрений увеличивало массу корней всех исследованных растений (Pisum sativum L., Avena sativa L., Triticum aestivum L.). Установлено, что при внесении в почву суперфосфата интенсивность колонизации корневой системы микоризой уменьшалась, а под действием Гуми-Оми-Фосфора увеличивалась по сравнению с контрольными растениями на удобренной почве. Сделан вывод о том, что снижение интенсивности микоризации под влиянием суперфосфата, вероятно, происходит из-за наличия в почве легкодоступного фосфора в большем количестве. Вместе с тем препарат Гуми-Оми-Фосфор мог индуцировать рост гиф микоризных грибов в почве и стимулировать обоих партнеров к формированию арбускулярного микоризного симбиоза.*

### EFFECT OF PHOSPHORIC FERTILIZERS ON MICROIZATION OF PLANTS ROOTS

Kuramshina Z.M.<sup>1</sup>, Khairullin R.M.<sup>2</sup>, Nasretdinova L.R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sterlitamak branch of Bashkir state University,  
453100, Sterlitamak, pr. Lenina, 49  
E-mail: kuramshina\_zilya@mail.ru

<sup>2</sup>Institute of biochemistry and genetics of the Ufa Federal research center RAS,  
2450054, Ufa, prospect Oktyabrya, 71

*We studied the effect of the organic fertilizer "Gumi-Omi-Phosphorus" and the mineral fertilizer superphosphate on the biomass of roots and the formation of arbuscular mycorrhiza. The mass of roots increased in all studied plants when using fertilizers (Pisum sativum L., Avena sativa L., Triticum aestivum L.). The intensity of colonization decreased when superphosphate was introduced into the soil, and under the effect of Gumi-Omi-Phosphorus, the intensity increased in comparison with the control plants growing on unsuitable soil. It was concluded that the intensity of mycorrhization fell under the influence of superphosphate, probably due to the presence of readily available phosphorus in greater quantities in the soil. However, the drug «Gumi-Omi-Phosphorus» could induce the growth of hyphae of mycorrhizal fungi in the soil and stimulate both partners to form arbuscular mycorrhizal symbiosis.*

**Ключевые слова:** яровая мягкая пшеница, овес посевной, горох посевной, фосфорные удобрения, рост, везикулярно-арбускулярная микориза

**Key words:** wheat, oats, peas, phosphate fertilizers, growth, vesicular-arbuscular mycorrhiza

Арбускулярные грибы, формирующие везикулярно-арбускулярную микоризу (ВАМ), имеют широкий круг растений-хозяев, что свидетельствует об отсутствии специфичности взаимоотношений между хозяином и грибом. Арбускулярный микоризный симбиоз взаимовыгоден, так как микоризные грибы обеспечивают растения водой, минеральными веществами (в основном фосфором) и способны защищать их от фитопатогенов, а растения взамен поставляют микроорганизмам соединения, синтезируемые при фотосинтезе [1].

Использование минеральных удобрений и пестицидов – главный фактор успешного растениеводства, однако действие их на растения полностью не изучено, в том числе и на формирование микоризы. Применение агрохимикатов может привести к изменению микрофлоры почвы [2], оказать негативное действие на арбускулярные грибы [3]. Например, внесение в почву азотно-фосфорного удобрения (азофоска) уменьшает интенсивность микоризации корней овса и ячменя на 35-39% [4]. Малые дозы удобрений могут стимулиро-

вать образование микоризы, а большие – ингибировать этот процесс [5, 6].

В последнее время наблюдается рост объемов применения комплексных органо-минеральных удобрений. С одной стороны, наличие органического компонента должно нивелировать отрицательное действие таких удобрений на микоризу, с другой – присутствие минеральной части может подавить формирование ВАМ.

Целью настоящей работы было изучение влияния минерального фосфорного удобрения (суперфосфат) и фосфатного органо-минерального удобрения Гуми-Оми-Фосфор на рост растений и формирование ВАМ в корнях культурных растений.

**Методика.** Объектами исследования служили горох посевной (*Pisum sativum* L., сорт Чишминский 95), овес посевной (*Avena sativa* L., сорт Конкур), яровая мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L., сорт Омская 35). Использовали следующие виды удобрений: суперфосфат (предприятие «Пермагробизнес») – гранулирован-

ное фосфорное удобрение, содержащее 26% водорастворимого фосфора и Гуми-Оми-Фосфор (предприятие «БашИнком») – микробиологически ферментированное органическое удобрение + фосфорное удобрение + ГУМИ, содержащее 25% фосфора и микроэлементы: Mn, Ca, Mg, Fe, Cu, B, Zn, Co, Mo и др. [7].

В контрольных вариантах семена высевали в почву без внесения удобрений. В опытных вариантах перед посевом на поверхность почвы вносили удобрения нормой 46,6 г/м<sup>2</sup> суперфосфата и 40 г/м<sup>2</sup> Гуми-Оми-Фосфора. Почву (выщелоченный чернозем) слоем 10-15 см перемешивали с удобрением. Нестерилизованные семена в количестве 150 шт. высевали вручную на делянки площадью 80×80 см в 3-кратной повторности. Глубина посева пшеницы и овса составляла 4-5 см, гороха – 7-8 см. Варианты располагали рендомизированно. В фазе начала созревания растения вместе с корневой системой осторожно вынимали из почвы. Корневую систему отделяли, промывали в проточной воде, избыток поверхностной влаги удаляли фильтровальной бумагой и взвешивали. Корни затем отделяли и проводили гистохимический анализ и количественный учет ВАМ по методу Травло [8]. Для этого корни осветляли в растворе 10%-ного KOH, затем промывали 2%-ным раствором HCl и окрашивали трипановым синим [9].

При определении степени колонизации микоризы использовали стандартную технику световой микроскопии окрашенных корней. В каждом варианте было три повторения биоматериала. Показатели микоризации определяли у растений в каждом повторении, затем выводили среднее значение трех повторов. В таблицах данные представлены в виде среднего арифметического значения повторов и стандартного отклонения. Для выявления значимых различий между контрольными и опытными растениями использовали t-критерий Стьюдента. Различия между контрольными и опытными вариантами оценивали как достоверные при уровне значимости  $p < 0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** Частота микоризации корневой системы под влиянием удобрений у всех изучаемых сельскохозяйственных растений увеличилась. Гуми-Оми-Фосфор и суперфосфат способствовали повышению частоты микоризации яровой мягкой пшеницы на 44,3 и 29,5%, овса посевного – на 10,1 и 2,9% и гороха посевного – на 10,7 и 9,9%, соответственно (табл. 1). Показатели интенсивности колонизации корневой системы микоризой (М%) и колонизации корневого фрагмента микоризой (m%) под влиянием Гуми-Оми-Фосфора увеличивались, а под влиянием суперфосфата уменьшались. Так, у растений пшеницы на почве с удобрением Гуми-Оми-Фосфор интенсивность колонизации корневой системы (М%) возросла в 2,5 раза, у овса практически не изменилась, у гороха увеличилась в 1,7 раза по сравнению с контрольными растениями. Под влиянием суперфосфата величина этого показателя была меньше у растений пшеницы на 19,4%, овса – в 5 раз, гороха – в 1,8 раза, чем у контрольных. У растений пшеницы в почве с удобрением Гуми-Оми-Фосфор интенсивность колонизации микоризой корневого фрагмента повысилась в 1,6 раза, у гороха – на 61,7%, у овса достоверно не отличалась от контрольных растений. Под влиянием суперфосфата она снизилась у растений пшеницы и гороха в 1,6 раза, у овса – в 4,4 раза по сравнению с показателями у контрольных растений.

Все исследованные препараты включены в соответствующий «Государственный каталог...» и разрешены к применению [7]. Их использование в большинстве

**Табл. 1. Показатели микоризации (данные анализа 100 растений)**

Вариант	Пшеница	Овес	Горох
<b>Частота микоризации корневой системы, F%</b>			
Контроль	56,6±2,4	75,0±6,9	80,8±6,4
Гуми-Оми-Фосфор	81,7±1,6*	82,6±1,6*	89,5±1,6
Суперфосфат	73,3±6,5*	72,8±6,8	88,8±6,5
<b>Интенсивность колонизации корневой системы микоризой, М%</b>			
Контроль	7,2±2,1	13,7±3,6	10,11±1,5
Гуми-Оми-Фосфор	18,0±1,3*	14,0±1,3	18,0±1,4*
Суперфосфат	5,8±2,7	2,6±1,3*	5,6±2,1*
<b>Интенсивность колонизации корневого фрагмента микоризой, m%</b>			
Контроль	12,9±3,9	17,8±3,5	12,3±0,9
Гуми-Оми-Фосфор	21,4±1,8*	16,7±1,3	19,9±1,4*
Суперфосфат	7,7±3,8*	4,0±1,8*	7,4±3,2

\* Различия с контролем достоверны при  $P \leq 0,05$ .

случаев способствует повышению продуктивности растений, в связи с чем дополнительных исследований по влиянию этих удобрений на урожайность культур не проводили. Однако мы изучали влияние удобрений на биомассу корневой системы как органа непосредственного заражения микоризой. Анализ этих измерений показал, что внесение обоих удобрений в почву приводило к увеличению массы сырых корней: у пшеницы – на 30 и 10%, у овса – на 42 и 34,7%, у гороха – на 60 и 48% соответственно по сравнению с контрольными растениями (табл. 2). При этом возрастала и масса растений, особенно при применении Гуми-Оми-Фосфора.

Дефицит минеральных веществ в почве влияет не только на рост и развитие растений, он уменьшает образование семян и неизменно задерживает созревание зерновых культур [10-12]. Наиболее отзывчивой культурой на применение удобрений оказался горох посевной, в меньшей степени – овес посевной. Как известно, для бобовых фосфор особенно необходим для нормального роста, в частности для функционирования клубеньковых бактерий [12]. Большая часть этого минерального элемента поступает с удобрениями, так как доступность из других источников слишком мала

**Табл. 2. Масса корней растений при внесении удобрений (данные анализа 100 растений)**

Вариант	Пшеница	Овес	Горох
Контроль	7,0±0,1	6,9±0,1	14,8±0,1
Гуми-Оми-Фосфор	9,2±0,2*	9,8±0,3*	23,7±0,3*
Суперфосфат	7,7±0,2	9,3±0,2*	21,9±0,1*

\* Различия с контролем достоверны при  $P \leq 0,05$ .

[12]. Несмотря на то, что в каждом изучаемом удобрении содержится фосфор, их состав сильно различается. Непосредственно после внесения комплексного органо-минерального удобрения Гуми-Оми-Фосфор растения потребляют его минеральный компонент, по мере использования которого в почве минерализуется органический компонент (гуматы), который также начинает питать растение.

Суперфосфат относится к простым минеральным фосфорным удобрениям. Известно, что при хорошем фосфорном питании растения слабо формируют микоризу [13, 14]. Это объясняется тем, что в корневых экссудатах у растений при различном уровне фосфорного питания состав фенольных соединений, служащих сигнальными молекулами для активации прорастания ростковых трубок микоризных грибов, различается, что и определяет степень колонизации растения грибом [13]. Не исключено также, что фенольные соединения, входящие в состав гуматов удобрения Гуми-Оми-Фосфор, могли имитировать растительные сигналы и стимулировать в почве рост гиф микоризообразующих грибов. Увеличение интенсивности микоризации корневой системы растений под влиянием комплексного гуминового удобрения привело, вероятно, к более интенсивному росту растительной биомассы вследствие лучшей обеспеченности растений элементами питания за счет симбиоза с грибом. При наличии высокого уровня фосфора в почве вследствие внесения суперфосфата интенсивность формирования ВАМ была меньше, чем при использовании комплексного удобрения. В этом случае обеспеченность растений элементами минерального питания за счет микоризообразующих грибов могла быть хуже, что, возможно, и привело к меньшему накоплению биомассы.

Сравнительный анализ влияния двух видов удобрений на рост растений выявил, что при внесении в почву более концентрированного суперфосфата интенсивность микоризации корней уменьшается по сравнению с менее концентрированным удобрением Гуми-Оми-Фосфор, в то время как растения на почве с гуминовым препаратом, содержащим меньшее количество фосфора, накапливают большую массу. По нашему мнению, увеличение биомассы связано с возросшей интенсивностью формирования ВАМ растениями под влиянием гуминового удобрения, которое в свою очередь способствует большему поступлению в макроорганизм элементов минерального питания через корневую систему [13, 14].

#### Литература

1. Aminifar J., Sirousmehr A. Arbuscular Mycorrhizal fungi community, nutrient availability and soil glomalin in organic farming // *International Journal of Farming and Allied Sciences*. – 2014. – V. 3. – № 1. – P. 1-6.
2. Бетехтина А.А., Веселкин Д.В. Распространенность и интенсивность микоризообразования у травянистых растений Среднего Урала с разными типами экологических стратегий // *Экология*. – 2011. – № 3. – С. 176-183.
3. Кураמיшина З.М., Хайруллин Р.М., Андреева И.Г. Влияние протравителей семян на микоризацию корней культурных растений // *Агрехимия*. – 2014. – № 1. – С. 71-74.
4. Бетехтина А.А. Эндомикориза травянистых растений: распространенность и экологическое значение: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. 03.00.16, 03.00.05. – Екатеринбург: УГУ, 2006. – 24 с.
5. Bonfante P., Genre A. Mechanisms underlying beneficial plant-fungus interactions in mycorrhizal symbiosis // *Nat Commun*. – 2010. – V.1 (48). – P. 1-11.
6. Курпичников Н.А., Завалин А.А., Волков А.А., Чернышкова Л.Б., Юрков А.П., Якоби Л.М., Кожемяков А.П. Эффективность фосфорных удобрений на периодически известкуемой почве при обработке семян ячменя и клевера биопрепаратами // *Агрехимия*. – 2012. – №11. – С. 16-27.
7. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, и дополнения к нему. – М.: Минсельхоз России, 2017. – 938 с.
8. Trouvelot A., Kough, N., Gianinazzi-Pearson V. Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle // *Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae / Eds. V. Gianinazzi-Pearson, Gianinazzi S. Paris: INRA Press, 1986. – P. 217-221.*
9. Phillips J.M., Hayman D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection // *Transact. British Mycor. Soc.* – 1970. – V. 55. – P. 158-161
10. Arae M., Mojaddam M. The effect of different levels of phosphorus from triple super phosphate chemical fertilizers and biological phosphate fertilizer (fertile 2) on physiological growth parameters of corn (sc 704) in ahvas weather conditions // *The effect of different levels of phosphorus from triple super phosphate chemical fertilizers and biological phosphate fertilizer (fertile 2) on physiological growth parameters of corn (sc 704) in ahvas weather conditions // International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*. – 2014. – V. 4. – P. 625-632.
11. Keykha A., Ganjali H., Mobasser H. Effect of phosphate fertilizer under different levels of nitrogen and phosphorus fertilization on plant height, secondary branches and other attributes Hibiscus tea // *International Journal of Farming and Allied Sciences*. – 2014. – V.3 (1). – P. 87- 90.
12. Schachtman D.P., Reid R. J., Ayling S.M. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell // *Plant Physiol.* – 1998. – V. 116(2). – P. 447-453.
13. Jin H.R., Liu J., Liu J., Huang, X.W. Forms of nitrogen uptake, translocation, and transfer via arbuscular mycorrhizal fungi: a review // *Sci. China Life Sci.* – 2002. – V. 55 (6). – P. 474-482.
14. Garcia K., Zimmermann S.D. The role of mycorrhizal associations in plant potassium nutrition // *Front. Plant Sci.* – 2014. – V.5 – doi.org/10.3389/fpls.2014.00337.

Поступила в редакцию 19.02.19

После доработки 25.03.19

Принята к публикации 03.04.19