УДК 631.427.4

DOI: 10.21779/2542-0321-2019-34-4-133–137

Х.М. Гамзатова, Ш.А. Балаева

**Зависимость интенсивности развития эндомикоризных грибов
от содержания фосфора в почвах Дагестана**

¹ *Дагестанский государственный университет; Россия, Республика Дагестан, 367001, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 43а; xalim.1980@mail.ru*

В статье приведены результаты интенсивности развития микоризных грибов в корнях травянистых растений. Дана количественная оценка фосфора в различных типах почв, на которых произрастают исследуемые растения. Выявлено влияние интенсивности развития эндомикоризных грибов в зависимости от содержания фосфора в различных типах почв Дагестана. Характеристика взаимосвязей между количественным содержанием фосфора в почве и степенью микоризации корневых систем растений в разных почвенных экосистемах позволит оценить и выявить закономерности микоризного симбиоза в фосфорном питании растений и более детально раскрыть систему «почва–микориза–растение».

Ключевые слова: *почва, фосфорное питание, интенсивность развития микоризы, корневая система.*

Фосфор Р – химический элемент V группы второго периода системы Менделеева. Неметалл. В природе представлен одним изотопом ³¹P. Доступный для питания растений фосфор в почве находится в форме легкорастворимых фосфатов. Наиболее изучено фосфорное питание у микоризных растений. Поглощение почвенного фосфора корнями растений осуществляется через внешний мицелий микоризного гриба. Внешний мицелий микоризного гриба может не только поглощать фосфор, но и транспортировать его в корень растения-хозяина. Эндомикоризные грибы формируют симбиоз с 80 % высших растений. Формирование симбиоза приводит к значительным изменениям у растений: оптимизируется поступление фосфора, увеличивается интенсивность фотосинтеза, улучшается водно-солевой обмен у растений, возрастает устойчивость к фитопатогенам, улучшается адаптивность растений к стрессовым условиям. Развитие эндомикоризного симбиоза зависит от почвенных условий. Лимитирующим фактором выступает высокое содержание доступного для растений фосфора и азота. В результате эндомикоризного симбиоза может значительно увеличиваться продуктивность растений, что делает эндомикоризные грибы чрезвычайно привлекательными для использования в сельском хозяйстве. Эти факты свидетельствуют о повышении при наличии микоризованных грибов эффективности использования растениями запасов почвенного фосфора. По некоторым оценкам вклад микоризованных грибов в поглощение растениями фосфора достигает 70–80 % [1–3].

Материал и методика

Объектом исследования являются почвы Дагестана, расположенные на различных высотных отметках. В зависимости от состава почвы для извлечения фосфатов использовали различные вытяжки. В исследовании горных почв нами была использована вытяжка Чирикова, равнинных карбонатных почв – вытяжка Мачигина [5]. Фосфаты из-

влекали из указанных почв 1% раствором углекислого аммония с рН 9.0 при отношении почвы к раствору 1:20 и часовым взбалтыванием. В вытяжку переходят моно- и дифосфаты кальция, в небольшом количестве органические соединения фосфора и малорастворимого трифосфата кальция [4, 5]. Оптическую плотность растворов фосфорно-молибденового комплекса измеряли на спектрофотометре ПЭ-5400 в.м.

Интенсивность развития микоризной инфекции в корнях растений, выраженная в процентах, оценивали после их окрашивания анилиновым синим (интенсивность развития микоризной инфекции – М, %), пересчитывали на 1 см корня и вычисляли по формуле:

$$M = (95n_5 + 80n_4 + 50n_3 + 20n_2 + 5n_1) / N \%,$$

где n_5 – сумма отрезков корней, относящихся к 5 классу, n_4 – сумма отрезков корней, относящихся к 4 классу, и т. д., N – общее число просмотренных отрезков [3].

Результаты и обсуждение

В ходе проведенных исследований оценивали интенсивность развития микоризной инфекции у доминирующих видов травянистых растений в разных типах почв в сравнении с содержанием в почве подвижных форм фосфора.

В образцах верхних горизонтов исследуемых почв проведен анализ и оценена обеспеченность их подвижным фосфором. Результаты приведены в таблице 1.

Рис. 1. Исследование фосфора на ФЭКе

Рис. 2. Образцы корней растений под микроскопом $\times 60$ (оригинал)

В результате проведенных исследований микроскопического просмотра образцов корней травянистых растений были получены следующие показатели учета и количественной характеристики АМГ в корнях исследуемого растения (рис. 2).

По результатам исследований в корнях почти всех исследуемых видов растений обнаружены микоризообразующие грибы. Их интенсивность развития в процентном соотношении составила 173,1 %. Среднее накопление подвижного фосфора колебалось на уровне 47,7 мг/кг (табл. 1). Виды, произрастающие на горно-луговой альпийской и горно-луговой субальпийской почве, оказались менее подвержены микоризной инфекции [5–9] по причине более высокого содержания подвижных форм фосфора, гумуса, чем на светло-каштановых почвах, а также вследствие низкого температурного режима в альпийском и субальпийском поясе [1].

Таблица 1. Зависимость развития АМГ грибов от содержания фосфора в почвах

Типы почв	Содержание P_2O_5 , мг/кг	Интенсивность развития М, %	рН	Гумус, %
Светло-каштановая	$12,5 \pm 0,5$	60,5	8,6	2,9
Горно-лесная	$10,3 \pm 0,65$	65,8	5,8	6,3
Горно-луговая субальпийская	$18,6 \pm 1,5$	40,4	4,8	12,8
Горно-луговая альпийская	$25,3 \pm 0,65$	25,8	4,6	10,2
Ср. значение	47,7 мг/кг	173.1	5,9	8,1

Установлено, что все исследуемые почвы хорошо обеспечены гумусом, за исключением светло-каштановых почв, где гумус не превышает 3 %. Показатели кислотности исследуемых почв варьируют в широких пределах от слабокислой – 4,6 до щелочной – 8,6 (табл. 1).

По данным таблицы 1, прослеживается зависимость между количественным содержанием фосфора в почвах и интенсивностью развития эндомикоризных грибов в корнях растений, произрастающих на исследованных почвах. Отсюда следует, что в горно-лесных почвах симбиоз травянистых растений эндомикоризного типа более выражен в сравнении с горно-луговыми альпийскими и горно-луговыми субальпийскими почвами. Дальнейшие исследования взаимосвязей между подвижной формой фосфора в почве и степенью микоризации корневых систем растений в разных типах почв позволят оценить более детально закономерности микоризного симбиоза в питании растений.

Заключение

Таким образом, изучение вопросов содержания фосфора в системе «почва–АМГ–грибы» показывает тесную взаимосвязь, обусловленную различием агрохимических свойств почвы, рН среды, содержанием органического вещества и в целом типовой принадлежности почв. Данные исследованных почв Дагестана по вышеперечисленным почвенным показателям сильно варьируют. Установлено накопление этого макроэлемента в среднем на уровне 47,7 мг/кг. Интенсивность развития эндомикоризных грибов в процентном соотношении составила 173,1 %. Есть основание полагать, что кислот-

ность почвы и содержание органического вещества обуславливают вариации содержания фосфора и степень развития микоризообразующих грибов в корнях растений.

Литература

1. Битюцкий Н.П. Минеральное питание растений: учебник. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2015. – 548 с.
2. Лабутова Н.М. Методы исследования арбускулярных микоризных грибов. – СПб., 2000.
3. Лабутова Н.М., Левина П.А. Содержание подвижных форм азота и фосфора в агрогоризонте // Аграрная наука. – 2013. – № 2. – С. 11–13.
4. Аналитическая химия. Проблемы и подходы / ред. Р. Кельнер. – М.: Мир, АСТ, 2004. – 726 с.
5. Аринушкина Е.А. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 482 с.
6. Гамзатова Х.М. Характеристика микробоценоза горных почв дидойской депрессии Республики Дагестан // Аграрная наука евро-северо-востока. – 2012. – № 2. – С. 74–80.
7. Гамзатова Х.М. и др. Методика учета эндомикоризных грибов в корнях иванчая узколистного // Вестник Дагестанского государственного университета. Сер. 1: Естественные науки. – 2012. – Вып. 1. – С. 143–147.
8. Макаров М.И., Маслов М.Н. и др. Фракционирование изотопов азота в системе почва–микориза–растение в горно-тундровых экосистемах // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны: тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с зарубежным участием научной конференции, Белгород, 15–22 августа 2016. – Белгород, 2016. – С. 121–122.
9. Битюцкий Н.П. Микроэлементы высших растений. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2011. – 368 с.

Поступила в редакцию 5 июля 2019 г.

UDC 631.427.4

DOI: 10.21779/2542-0321-2019-34-4-133–137

Dependence of the rate of development of endomycorrhizal fungi on the phosphorus content in the soils of Dagestan

H.M. Gamzatova, Sh.A. Balaeva

Dagestan State University; Russia, 367001, Makhachkala, M. Gadzhiev st., 43a; xalim.1980@mail.ru

Phosphorus is an important nutrient for plants. In soils, phosphorus is mainly contained in the composition of mineral compounds, and is also associated with the organic part – humus. The low availability of phosphorus in soils leads to the development of competitive relationships for this resource between plants and mycorrhizal fungi. Mycorrhizic symbiosis plays an important role in the

phosphorus nutrition of plants, which, in conditions of low availability, provides plants access to organic forms of the element. An important factor that often determines the degree of mycorrhization and the effectiveness of the functioning of symbiosis is the availability of phosphorus in the soil. The article presents the results of the intensity of development of mycorrhizal fungi in the roots of herbaceous plants. A quantitative assessment of phosphorus in various types of soils on which the studied plants grow is given. The influence of the intensity of development of endomycorrhizal fungi on the phosphorus content in various soil types of Dagestan was revealed. The characterization of the relationship between the quantitative phosphorus content in the soil and the degree of mycorrhiza of the root systems of plants in different soil ecosystems will allow us to evaluate and identify the patterns of mycorrhizal symbiosis in the phosphorus nutrition of plants and to reveal in more detail the soil-mycorrhiza-plant system.

Keywords: *soil, phosphorus nutrition, intensity of mycorrhiza development, root system.*

Received 5 July, 2019