

STUDY OF VESICULAR-ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN THE SOIL SAMPLES OF THE NORTHERN KAZAKHSTAN

Yessenbayeva A.E., Ten O.A., Balpanov D.S.

Branch of "The National Center for Biotechnology"

21, microdistrict 7, p/o 114, Stepnogorsk, Akmolinskaya oblast, 021500, Kazakhstan

ipbnbrk@mail.ru

ABSTRACT

In the agricultural sector the VAM is a natural alternative to application of a great amount of fertilizers, primarily the phosphorous ones and can be used for the remediation of the disturbed natural ecosystems. According to the literature data the arbuscular mycorrhizae have a stimulating effect which results in a significant increase of the yield of agricultural crops. The VAM has a therapeutic effect by protecting the plants against the root pathogens. The VAM decreases a disease rate by means of the action of the following 2 mechanisms: 1) elimination of a pathogen by means of synthesis of the antibiotics or under a substrate competition; 2) induction of the immune reactions of a host plant. The VAM-fungi have a high adaptability to various environmental conditions. They develop in a wide range of the soil acidity, temperature, humidity and aeration.

The article describes the method of isolation of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi from the soil samples of the northern Kazakhstan. We obtained the enrichment cultures of the VAM fungi associated with the roots of sorghum. A VAM fungi-based fertilizer was developed on the basis of the obtained cultures and tested on one of the cereal grain cultures – barley. The efficiency of the VAM is determined by a plant response to a mycorrhization expressed in a yield increase.

This article describes the investigation and isolation of the VAM fungi from the soil samples of Kazakhstan.

Keywords: vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, VAM fungi, arbuscules, vesicles, hyphae, enrichment cultures, centrifugation, *Glomus*, inoculation material.

УДК 516.8.06:577.5.126:632.25.

ИЗУЧЕНИЕ ВЕЗИКУЛЯРНО-АРБУСКУЛЯРНЫХ МИКОРИЗНЫХ ГРИБОВ ИЗ ПРОБ ПОЧВ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

Есенбаева А.Е., Тен О.А., Балпанов Д.С.

Филиал РГП «Национальный центр биотехнологии»

здание 21, 7 микрорайон, а/я 114, г. Степногорск, Акмолинская область, 021500, Казахстан

ipbnbrk@mail.ru

АБСТРАКТ

В сельском хозяйстве ВАМ является естественной альтернативой внесению больших количеств удобрений, в первую очередь фосфорных, и может быть использована для восстановления нарушенных естественных экосистем. Согласно литературным данным, имеет место общестимулирующее влияние арбускулярных микориз, в результате которого значительно возрастает урожайность сельскохозяйственных культур. ВАМ оказывает оздоравливающий эффект, защищая от корневых патогенов. ВАМ снижает заболеваемость растений за счет действия двух механизмов: 1) устранение патогена путем синтеза антибиотиков или при конкуренции за субстрат; 2) индукция иммунных реакций растения-хозяина. ВАМ-грибы обладают высокой приспособляемостью к различным экологическим условиям. Они хорошо развиваются в широком интервале кислотности почвы, температуры, влажности и аэрации.

В статье описывается метод выделения везикулярно-арбускулярных микоризных грибов из проб почв Северного Казахстана. Получены накопительные культуры ВАМ грибов, ассоциированных с корнями растения сорго. На основе полученных культур разработано удобрение на основе ВАМ грибов, которое испытали в полевых условиях на зерновой ценной культуре – ячмень. Эффективность ВАМ определяется отзывчивостью растений на микоризацию, выраженной в прибавке урожая.

В данной статье впервые проводится изучение и выделение ВАМ грибов из проб почв Казахстана.

Ключевые слова: везикулярно-арбускулярная микориза грибов, ВАМ-грибы, арбускулы, везикулы, гифы, накопительная культура, центрифугирование, *Glomus*, инокуляционный материал.

ВВЕДЕНИЕ

Аграрный сектор сельского хозяйства Казахстана располагает огромным потенциалом и большими, нередко неосвоенными, резервами. Разнообразные климатические условия Казахстана позволяют выращивать почти все культуры умеренного теплого пояса – зерновые, плодовоовощные, масличные и технические.

Немаловажным фактором развития экологического земледелия является внедрение биологических (в том числе и микробных) удобрений. Широкое использование различных минеральных удобрений в сельском хозяйстве в течение 20 века привело к накоплению в почве посторонних химических соединений, снижению плодородия, изменению структурных свойств различных типов почвы. Ухудшение плодородия, в свою очередь, ведет к снижению урожая и требует использования повышенных доз минеральных удобрений для обеспечения продуктивности сельского хозяйства. Таким образом, проблема восстановления плодородия и восстановления почв является одной из основных в процессе развития земледелия.

В природе почв богатых фосфором практически нет. Исключения могут составлять только некоторые пойменные почвы и почвы, сформированные на фосфоритных породах. Кроме того, для фосфора не существует естественных путей возобновления почвенных запасов. Особенно важным обстоятельством, затрудняющим питание растений фосфором в почвенных условиях, является малая растворимость, малая подвижность, трудная доступность растениям фосфорных соединений почвы [1].

В связи с этим применение различных форм фосфорных удобрений служит приемом, целесообразным для большинства сельскохозяйственных культур, особенно на черноземах Северного Казахстана [2]. Актуальным является разработка биологического удобрения, обеспечивающего растения необходимыми минеральными веществами, и сохраняющего эффективность в течение длительного времени (более одного вегетационного сезона). Данным требованиям отвечает препарат на основе арбускулярной микоризы [3].

Внесение в почву везикулярно-арбускулярной микоризы (ВАМ) является естественной альтернативой использованию больших количеств минеральных удобрений, в первую очередь фосфорных [1]. ВАМ-грибы оказывают общестимулирующее влияние на растения, в результате которого значительно возрастает урожайность сельскохозяйственных культур. Арбускулярная микориза оказывает оздоравливающий эффект за счет устранения фитопатогенов путем конкуренции за субстрат. Метаболиты ВАМ-грибов индуцируют иммунные реакции у растения-хозяина в результате повышения содержания ауксинов, гиббереллинов, абсцизовой кислоты и цитокининов. Образовавшаяся ВАМ повышает интенсивность поглощения фосфора корнями инфицированного растения в 3-4 раза [4]. Наружный мицелий арбускулярной микоризы извлекает фосфаты из нерастворимых минералов за счет высокой адсорбирующей активности, а также благодаря способности растворять недоступные для питания растений формы фосфора посредством выделения органических кислот и кислых фосфатаз. Растение-хозяин также получает от гриба микроэлементы, такие как цинк, медь, кальций, магний [5]. По мнению [6], ВАМ-грибы обладают высокой приспособляемостью к различным экологическим условиям. Они хорошо развиваются в широком интервале кислотности почвы, температуры, влажности и аэрации [7]. Вследствие своей низкой специфичности микоризные грибы способны образовывать высокоэффективный симбиоз с большинством сельскохозяйственных растений. Внесение в почву подобного препарата будет способствовать стимуляции роста растений, сбалансированному снабжению основными биогенными элементами – азотом и фосфором, а также оздоровлению почвы. Эффективность ВАМ определяется отзывчивостью растений на микоризацию, выраженной в прибавке урожая.

Сложность практического применения ВАМ состоит в том, что они являются облигатными симбионтами. Именно это обстоятельство определяет форму инокулюма: его до сих пор получают в симбиозе с растениями [8-10]. В качестве субстрата используют почвенно-корневую смесь, торф, песок, керамзит, бетонит, перлит, вермикулит в чистом виде или в смеси [11]. Основой перечисленных биопрепаратов являются культуры эффективных ВАМ и растения, в корнях которых происходит размножение ВАМ-грибов. В качестве тест-объектов используют чувствительные к микоризации растения, способные формировать хорошо развитую корневую систему в течение короткого промежутка времени. Микоризованные корни этих растений, ввиду отсутствия специфичности эндофитов, могут применяться в качестве инокулюма для различных сельскохозяйственных культур.

В данной статье впервые проводится изучение и выделение ВАМ-грибов из проб почв Северного Казахстана.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для выделения микоризных грибов проводили отбор проб из степной каштановой почвы Акмолинской области из прикорневой зоны на глубине 20-25 см согласно методике [12]. Выделение спор ВАМ-грибов проводили по методу влажного просеивания методом Гардемана и флотацией в растворе сахарозы [13].

Проращивание семян растения-хозяина проводили согласно ГОСТу 12038-84 [14].

Для получения накопительных культур ВАМ-грибов использовали метод «почвенных ловушек» [13]. В качестве субстрата для выращивания растений использован простерилизованный песок и почва в соотношении 1:1. Растение сорго сорта «Казахстанская-16» выращивали в сосудах объемом 6 литров. Подкормку растений проводили каждые две недели с использованием раствора Прянишникова. Опыт проведен в 3-кратной повторности

и длился в течение 60 дней. Выявление ВАМ-грибов и оценку микоризированности корней проводили по общепринятой методике [14-15].

Культивирование корней растения-хозяина и ВАМ-грибов в моноксенных культурах и мацерацию микоризованных корней проводили согласно методике [16].

Для оценки симбиотической эффективности проводили вегетационные испытания [17].

Полевые исследования проводились в крестьянском хозяйстве ТОО «Biolife» Акмолинской области. Рельеф местности представляет собой типичную для Северного Казахстана холмистую равнину с абсолютными отметками 280-350 м над уровнем моря. Теплый период длится с середины апреля до середины сентября. Среднегодовое количество осадков – 250-300 мм. Почва опытных участков темно-каштановая. Опыт поставлен методом расщепленных делянок. Повторность опыта трехкратная. Контроль – без обработки удобрением. Площадь опытных делянок 24 м², учетных делянок 8 м². Глубина заделки семян ячменя 5-6 см. Продолжительность вегетационного периода составила 90 дней.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Выделение спор ВАМ-грибов проводили методом влажного просеивания по методу Гардемана согласно нижеследующей схеме, представленной на рисунке 1.

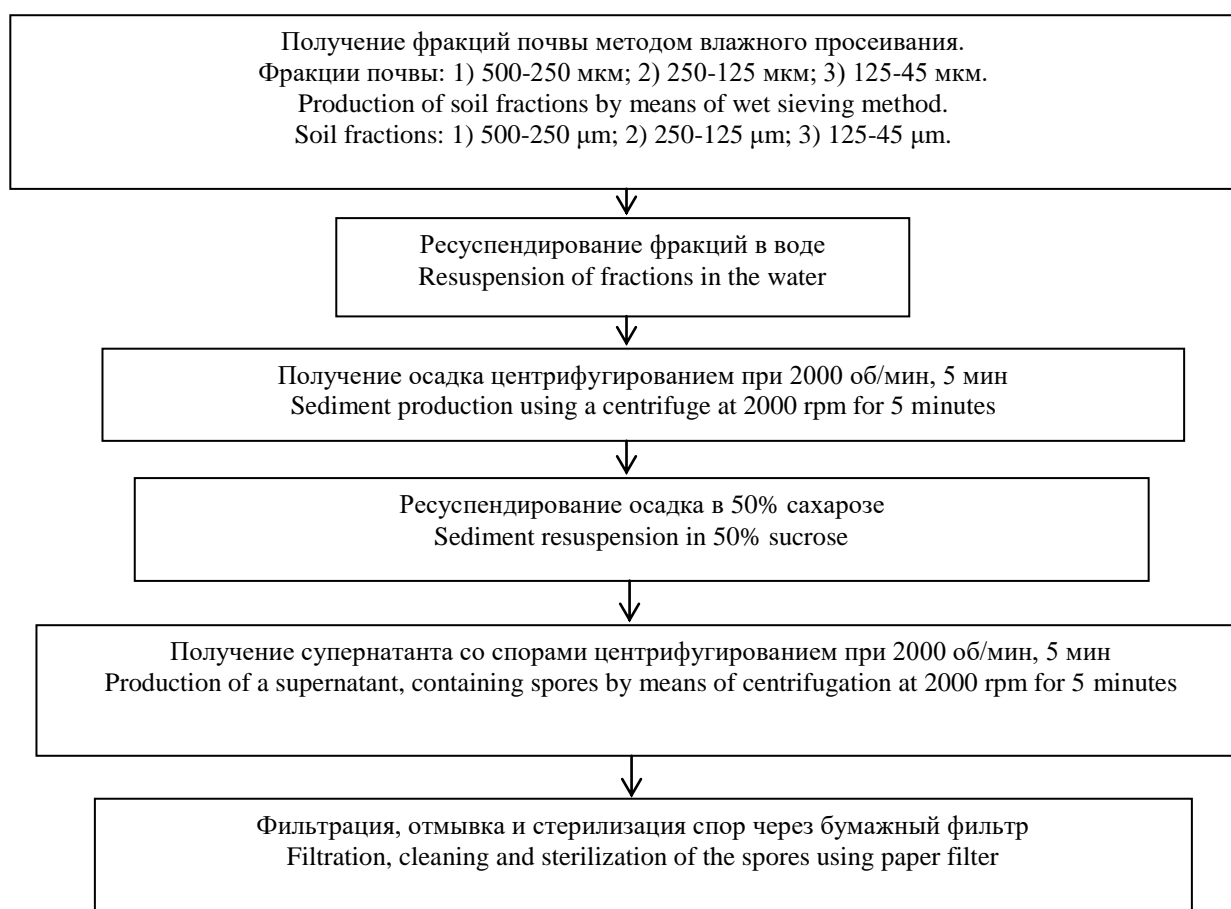


Рис. 1. Схема выделения спор ВАМ-грибов

Fig. 1. Diagram showing the separation of spores of the VAM fungi

Фильтровальную бумагу со спорами перенесли в стерильные чашки Петри. Результаты подсчета спор, проведенные под микроскопом в отраженном свете при увеличении в 100-200 раз, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты определения содержания спор в пробах почвы

Table 1. Results of determination of the spore content in the soil samples

Проба Sample	Содержание спор, тыс/кг Spore content, 1000/kg	Фракция, % Fraction, %		
		45-125 мкм 45-125 μm	125-250 мкм 125-250 μm	250-500 мкм 250-500 μm
1	2,12±0,20	69,20±2,3	30,80±3,1	0
2	2,42±0,22	69,07±3,1	30,93±4,5	0
3	2,17±0,19	64,62±4,2	35,38±1,8	0
4	2,59±0,26	64,30±6,1	35,70±4,1	0
5	2,17±0,20	61,45±4,8	38,55±5,1	0
6	2,25±0,21	68,00±3,1	32,00±4,0	0
7	2,29±0,25	71,41±5,7	28,59±3,8	0
8	2,52±0,25	68,12±2,6	31,88±4,7	0
9	2,56±0,26	68,33±3,4	31,67±1,8	0
10	2,70±0,25	69,87±2,3	30,13±6,1	0
11	2,44±0,23	69,67±2,7	30,33±4,5	0
12	2,81±0,26	66,88±4,1	33,12±7,1	0

Во всех пробах выявлено наличие спор арбускулярных микоризных грибов. Численность спор от 2120 до 2810 в 1 кг, из них более половины (61-71%) приходилось на фракцию 45-125 мкм, остальные на фракцию 125-250 мкм. Во фракциях 250-500 мкм не обнаружено спор, характерных для ВАМ-грибов. На рисунке 2 изображены споры ВАМ-грибов на фильтровальной бумаге.

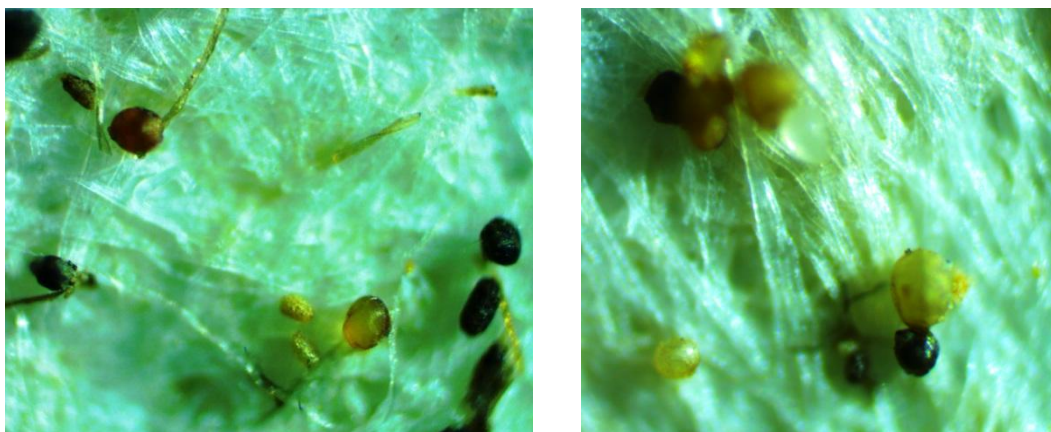


Рис. 2. Споры ВАМ-грибов из фракции 45-125 мкм при увеличении в 100 раз в отраженном свете

Fig. 2. Spores of AM fungi, 45-125 μm fraction increased by a factor of 100 by reflected light

В образцах присутствовали споры с морфологией, характерной для гломусовых грибов: гладкие, желтого цвета и желто-коричневого цвета. Форма спор неправильно округленная или сферическая, иногда грушевидная. Размеры спор были в пределах 60-160 мкм. Также присутствовали споры с темной пигментацией, очень редко встречались споры беловатой окраски. Большинство выделенных спор ВАМ-грибов на основе морфологических признаков (гладкие, желтого цвета и желто-коричневого цвета, форма спор неправильно округленная или сферическая, иногда грушевидная.) относятся к роду *Glomus* sp.

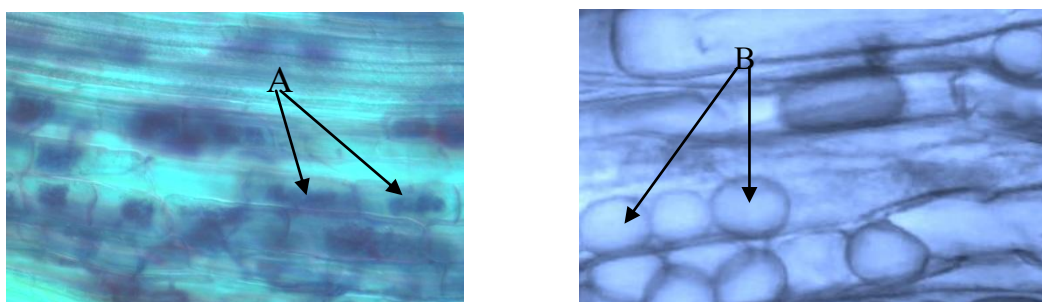
Для получения накопительных культур ВАМ-грибов использовали чувствительные к микоризации растения, в данном случае – сорго сорта «Казахстанская-16», так как сорго способно формировать хорошо развитую корневую систему в течение короткого промежутка времени [18]. Фракции со спорами №1-12 размерами 45-125 мкм смешивали с дезинфицированным субстратом (автоклавированная почва и песок 1:1), затем эту смесь укладывали в стерильные пластиковые стаканы. В эту смесь высевали пророщенные семена, свободные от микориз. В каждый стакан сажали по 4 проросших семян. Целью являлось максимизировать развитие корневой системы в горшке так, чтобы среда полностью заполнилась корневой массой. В качестве контроля использовали пророщенные семена на стерильном субстрате. Данные по развитию растения со спорами микоризных грибов представлены в таблице 2.

Таблица 2. Динамика роста и выход корневой массы сорго**Table 2.** Growth dynamics and the yield of root mass of Sorghum

Проба Sample	Высота стебля, см Stalk height, cm			Вес сухой массы корней на 60 сутки, мг Weight of the dry root mass on the 60 th day, mg
	20 суток роста 20 days of growth	40 суток роста 40 days of growth	60 суток роста 60 days of growth	
	1	12,4±1,3	20,0±1,1	
2	11,2±0,9	18,6±1,2	35,6±0,9	56,2±1,8
3	12,6±0,6	22,0±0,8	38,4±0,7	72,2±1,6
4	10,4±1,1	17,8±0,7	34,4±1,3	56,8±1,0
5	12,8±1,7	20,6±1,0	36,6±0,8	64,4±1,2
6	12,6±1,0	20,2±0,6	35,8±0,9	60,0±1,6
7	14,2±1,5	22,8±1,4	39,6±1,2	76,4±1,0
8	13,0±0,8	21,0±0,7	36,0±1,0	54,2±1,4
9	13,8±1,2	21,8±1,5	36,6±1,3	68,2±1,1
10	13,2±1,1	21,2±1,3	35,4±1,1	70,4±1,6
11	12,6±1,8	19,8±1,5	34,6±1,6	55,2±1,5
12	14,6±1,2	23,0±1,0	37,0±1,2	60,0±1,7
Контроль	12,0±0,6	16,2±0,9	28,2±0,8	46,2±1,7

Высота стебля после 2 месяцев вегетации составила 34,4-39,6 см, вес сухой массы корней варьировал в пределах 154,2-276,3 мг. В течение первых 20 суток высота стебля в контрольных вариантах находилась на уровне опытных вариантов. На 40 сутки вегетации наблюдается отставание в росте в контрольных вариантах, что может свидетельствовать об истощении питательных веществ. В конце срока выращивания высота стебля и выход корневой массы опытных вариантов был на 89% выше по сравнению с контролем во фракции №7. Для дальнейшего размножения выделенных спор ВAM-грибов корни сорго вместе с субстратом из фракции №3, 7, 10 высушивали до содержания влаги 10-12%, измельчали и смешивали с КМЦ, используемого в целях улучшения прилипания спор грибов к корням обрабатываемых растений. Далее повторяли вышеописанный метод посадки сорго для получения накопительной культуры ВAM-грибов.

Для выявления ВAM-грибов и оценки микоризированности корней проводили мацерацию и окрашивание корней. На этом этапе растительные клетки освобождались от красителя, а грибные гифы удерживали красящий пигмент. Таким образом, структура ВAM-грибов просматривалась при микроскопировании. Для оценки микоризированности корней стерильного растительного материала окрашенные корни просматривали под микроскопом. На рисунке 3 представлены корни микоризированных корней сорго.



A – зрелые арбускулы; B – везикулы

Рис. 3. Микоризированные корни, окрашенные трипановым синим при увеличении в 600 раз

A – formed arbuscules; B – vesicles

Fig. 3. Mycorrhizal roots, stained with trypan blue and increased by a factor of 600

Частоту встречаемости микоризы рассчитывали по формуле: $F=100*n/N$, где N – общее количество просмотренных полей зрения; n – число полей зрения с микоризой. При этом учитывали общее количество просмотренных полей зрения (100-200 полей зрения). По такой же формуле рассчитывали частоту встречаемости арбускул, везикул и гиф. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3. Количественное соотношение структур ВАМ-грибов в корнях сорго**Table 3.** Quantitative relationship of the VAM fungi structures in Sorghum roots

Проба Sample	Частота встречаемости, %			
	Frequency of occurrence, %			
	Гифы Hyphae	Арбускулы Arbuscules	Везикулы Vesicles	Микоризация Mycorrhization
1	33,5±2,1	27,4±4,1	23,3±1,8	33,5±1,5
2	31,0±3,2	25,0±3,2	26,0±2,7	31,0±1,8
3	45,8±1,8	39,1±1,0	41,2±3,8	45,8±0,9
4	34,0±4,3	28,5±2,3	21,4±4,7	34,0±1,7
5	33,7±1,5	33,7±1,1	31,7±3,5	33,7±2,1
6	34,2±1,8	26,2±2,7	21,6±3,7	34,2±2,6
7	43,3±2,7	37,2±3,2	30,2±2,8	48,3±1,8
8	35,6±3,4	30,8±3,0	33,4±3,0	35,6±3,0
9	35,8±1,8	28,4±2,9	18,8±2,7	35,8±2,5
10	40,4±2,8	31,5±2,4	33,6±1,3	41,4±1,2
11	33,5±1,9	27,6±2,8	24,3±2,1	33,5±2,1
12	36,1±5,1	28,4±1,7	22,4±3,4	36,1±2,6

Количественный учет арбускулярных микоризных грибов показал, что в корнях растений присутствовали все интраклеточные структуры микоризных грибов. В корнях присутствовали арбускулы на различных стадиях развития, везикулы округлой, реже овальной формы. Частота встречаемости микоризной инфекции была 31-48,3%, арбускул – 25-39,1, везикул – 18,8-33,4%.

Для получения удобрения из ВАМ-грибов по истечении 60 дней вегетационного периода сорго при получении накопительной культуры надземную часть растений срезали и удаляли, а оставшиеся корни вместе с субстратом (автоклавированная почва и песок 1:1) сушили при t 30-50°C до влажности 10-12% и измельчали до получения фракции 0,05-0,2 мм, после чего приготавливали смесь, смешивая полученный инокуляционный материал ВАМ-грибов с прилипателем в соотношении (по весу): 80-90% – инокуляционный материал ВАМ-грибов; остальное – КМЦ.

Наиболее благоприятные результаты получаются при обработке ВАМ-грибами семян зерновых культур [19]. В качестве удобрения использовали накопительную культуру с субстратом и прилипателем КМЦ. В условиях полевого мелкоделяночного опыта исследовано влияние предпосевной обработки семян ячменя ВАМ-грибами. В качестве контроля использовали семена ячменя не обработанные удобрением. Результаты исследования описаны в таблице 4.

Таблица 4. Результаты исследования влияния ВАМ-грибов на биометрические показатели ячменя**Table 4.** Results of the study on the effect of VAM fungi on the biometric characteristics of barley

Вариант опыта Experiment type	Масса сухого раст., г Dry plant mass, g	Количество колосков на 1 раст., шт. Number of spikelets per plant, pcs	Масса колосков, г Mass of spikelets, g	Масса соломины, г Mass of culm, g	Количество семян на 1 раст., шт. Grain number per plant, pcs
Контроль	3,7±1,2	12,3±1,4	1,1±0,8	0,9±0,7	32,3±2,6
Удобрение на основе ВАМ-грибов	6,1±2,9	21,6±1,5	2,0±1,1	1,9±0,6	56,1±2,3

Как видно из данных таблицы 4, при предпосевной обработке семян ячменя отмечено значительное положительное влияние на биометрические показатели растения. При использовании в качестве удобрения ВАМ-грибов масса растений возросла на 64,9%, а количество семян на одном растении – на 73,7%.

ВЫВОДЫ

Таким образом, из почв Северного Казахстана впервые выделены споры ВАМ с морфологией, характерной для грибов рода *Glomus* sp., получены накопительные культуры ВАМ-грибов, ассоциированные с корнями растения-хозяина – сорго. Количественный учет арбускулярных микоризных грибов показал, что в корнях растений присутствовали все интрадикальные структуры микоризных грибов. Метод получения накопительных культур использовали для получения удобрения на основе ВАМ-грибов, который испытали в полевых условиях на зерновой ценной культуре – ячмень, результаты которых показали, что использование ВАМ-грибов в качестве удобрения увеличило массу растения на 64,9%, а количество семян на 73,7%.

Финансирование

Работа проводилась в рамках научно-технической программы «Промышленные биотехнологии» на 2014-2016 годы по проекту «Создание биологического удобрения комплексного действия на основе арбускулярно-везикулярной микоризы для широкого спектра сельскохозяйственных культур».

ЛИТЕРАТУРА

1. Мустафаев Б.А. Влияние органических удобрений на плодородие почвы южных карбонатных черноземов и урожайность пшеницы // Вестн. с.-х. науки Казахстана. – 1995. – №3. – С. 50-54.
2. Рылушкин В.И. Плодородие почв Северного Казахстана и эффективность удобрений. – Алма-Ата: Кайнар, 1977. – 36 с.
3. Hause V., Fester T. Molecular and cell biology of arbuscular mycorrhizal symbiosis // Planta. – 2005. – №221. – P. 184-196.
4. Peipp H., Maier W., Schmidt J. Arbuscular mycorrhizal fungus-induced changes in the accumulation of secondary compounds in barley roots // Phytochemistry. – 1997. – №44. – P. 581-587.
5. Юрков А.П. Особенности развития люцерны хмелевидной с эндомикоризным грибом *Glomus intraradices*: автореф... канд. биол. наук: 03.00.12. – СПб, 2009. – 26 с.
6. Read D.J. Towards ecological relevance-progress and pitfalls in the path towards an understanding of mycorrhizal functioning in nature // In Mycorrhizal Ecology / Springer-Verlag. – Berlin, 2002. – P. 3-29.
7. Методы исследования грибов, образующих с растениями микоризу арбускулярно-везикулярного типа / под ред. Г.С. Муромцева. – СПб: ВНИИСХМ, 1992. – 44 с.
8. Базилинская М.В. Биоудобрения. – М: ВО Агропромиздат, 1989. – С. 108-128.
9. Dehne H.W. Production and use of inocula of VA mycorrhizal fungi at inorganic carrier materials // 2nd Europ. Symp. on Mycorrhizae. – Prague, 1988. – P. 26.
10. Gianinazzi S., Vosatka M. Inoculum of arbuscular mycorrhizal fungi for production systems: science meets business // Canadian Journal of Botany. – 2004. – Vol. 82. – P. 1264-1271.
11. Plenchette C., Strullu D.G. Long-term viability and infectivity of intraradical forms of *Glomus intraradices* vesicles encapsulated in alginate beads // Mycological Researches. – 2003. – Vol. 107. – P. 614-616.
12. Лобанов Н.В. Микотрофность древесных растений. – 2-е изд. – М., 1971. – 216 с.
13. Brundrett M., Melville L., Peterson L. Practical methods in mycorrhiza research // Mycologue Publications. – 1994. – P. 161.
14. Лабутова Н.М. Методы исследования арбускулярных микоризных грибов: методические рекомендации. – СПб: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2000. – 23 с.
15. 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. – Vol. 55. – P. 158-161.
16. Пат. 6576457 В1 США, МПК C12N 1/18. Fungal media and methods for continuous propagation of vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi in root organ culture / Sui-Sheng T. Hua; The United States of America, as represented by the Secretary of Agriculture. – №09/737,975; заявл. 15.12.00; опубл. 10.07.03.
17. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Волобуева В.Ф., Янишевская О.Л. Вегетационный метод исследований: учебно-методическое пособие для студентов факультета почвоведения, агрохимии и экологии. – М.: АНО Издательство МСХА, 2002. – 72 с.
18. Чайковская Л.А. Развитие арбускулярной микоризы (*Glomus fasciculatum*) в корнях сорго (*Sorghum sudanense*) // Естественные и математические науки в современном мире. – 2015. – №1. – С. 1-7.
19. Boyetchkol' S.M., Tewari J. P. Susceptibility of barley cultivars to vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi // Canadian Journal of Plant Science. – 1995. – Vol. 75. – P. 269-275.

REFERENCES

1. Mustafaev B.A. Vliyanie organicheskikh udobrenij na plodorodie pochvy yuzhnykh karbonatnykh chernozemov i urozhajnost' pshenitsy [Effect of the organic fertilizers on the fertility of the southern carbonaceous black-earth soils and wheat yield]. *Vestn. s.-kh. nauki Kazakhstana – Herald of agricultural science of Kazakhstan*, 1995, no. 3, pp. 50-54.
2. Rylushkin V.I. *Plodorodie pochv Severnogo Kazakhstana i ehffektivnost' udobrenij* [Fertility of the soils of the Northern Kazakhstan and efficiency of the fertilizers]. Alma-Ata, Kaynar Publishing house, 1977, 36 p.
3. Hause B., Fester T. Molecular and cell biology of arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Planta*, 2005, no. 221, pp. 184-196. PMID: 15871030.
4. Peipp H., Maier W., Schmidt J. Arbuscular mycorrhizal fungus-induced changes in the accumulation of secondary compounds in barley roots. *Phytochemistry*, 1997, no. 44, pp. 581-587. doi: 10.1271/bbb.66.762.
5. Jurkov A.P. Osobennosti razvitija ljucerny hmelevidnoj s jendomikoriznym gribom *Glomus intraradices*: avtoref. kand. biol. nauk [Peculiarities of the development of the medical hop (*Madicago lupulina*) with endomycorrhizal fungi *Glomus intraradices*: Abstract... Cand. Sc.]. Sankt-Peterburg, 2009, 26 s.
6. Read D.J. Towards ecological relevance-progress and pitfalls in the path towards an understanding of mycorrhizal functioning in nature. In *Mycorrhizal Ecology*. Springer-Verlag, Berlin, 2002, pp. 3-29.
7. Metody issledovaniya gribov, obrazuyushhikh s rasteniyami mikorizu arbuskulyarno-vezikulyarnogo tipa [Methods for examination of fungi forming a mycorrhiza of an arbuscular-vesicular type with plants]. Under the editorship of Muromtseva G.S. SPb, All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, 1992, 44 p.
8. Bazilinskaya M.V. Biudobreniya [Biofertilizers]. Moscow, VO Agropromizdat, 1989, pp. 108-128.
9. Dehne H.W. Production and use of inocula of VA mycorrhizal fungi at inorganic carrier materials. 2nd Europ. Symp. on Mycorrhizae, Prague, 1988, pp. 26.
10. Gianinazzi S., Vosatka M. Inoculum of arbuscular mycorrhizal fungi for production systems: science meets business. *Canadian Journal of Botany*, 2004, vol. 82, pp. 1264-1271. doi:10.1139/b04-072.
11. Plenchette C., Strullu D.G. Long-term viability and infectivity of intraradical forms of *Glomus intraradices* vesicles encapsulated in alginate beads. *Mycological Researches*, 2003, vol. 107, pp. 614-616. doi: 10.1017/S0953756203007482.
12. Lobanov N.V. *Mikotrofnost' drevesnykh rastenij* [Mycotrophy of woody plants]. 2 edition, Moscow, 1971, p. 216.
13. Brundrett M., Melville L., Peterson L. Practical methods in mycorrhiza research. Mycologue Publications, 1994, pp. 161.
14. Labutova N.M. Metody issledovaniya arbuskulyarnykh mikoriznykh gribov: metodicheskie rekomendatsii [Methods for examination of the arbuscular mycorrhizal fungi: methodological recommendations]. SPb, Publishing house of the Saint-Petersburg University, 2000, 23 p.
15. 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, vol. 55, pp. 158-161. doi: 10.1016/S0007-1536(70)80110-3.
16. Sui-Sheng T. Hua. Fungal media and methods for continuous propagation of vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi in root organ culture [Fungal media and methods for continuous propagation of vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi in root organ culture]. Patent USA 6576457 B1 SShA, MPK C12N 1/18, no. 09/737,975.
17. Jagodin B.A., Zhukov Ju.P., Volobueva V.F., Janishevskaja O.L. Vegetacionnyj metod issledovaniya. Uchebno-metodicheskoe posobie dlja studentov fakul'teta pochvovedeniya, agrohimii i jekologii [Pot-culture method of investigation. Guidance manual for the students of the faculty of soil science, agrochemistry and ecology]. M., ANO «Izdatel'stvo MSHA», 2002, 72 s.
18. Chaykovskaya L.A. Razvitie arbuskulyarnoj mikorizy (*Glomus fasciculatum*) v kornyakh sorgo (*Sorghum sudanense*) [Development of an arbuscular mycorrhiza (*Glomus fasciculatum*) in the roots of sorghum (*Sorghum sudanense*)]. *Estestvennye i matematicheskie nauki v sovremennom mire – Natural and mathematical sciences nowadays*, 2015, no. 1, pp. 1-7.
19. Boyetchkol' S.M., Tewari J.P. Susceptibility of barley cultivars to vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Canadian Journal of Plant Science*, 1995, vol. 75, pp. 269-275.

СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ТОПЫРАҚ СЫНАМАЛАРЫНАН АЛЫНҒАН ВЕЗИКУЛАЛЫ-АРБУСКУЛАЛЫ САҢЫРАУҚҰЛАҚ МИКОРИЗАЛАРЫН ЗЕРТТЕП ТАЛУ

Есенбаева А.Е., Тен О.А., Балпанов Д.С.

Ұлттық биотехнология орталығының Степногорск қ. филиалы
21 ғимарат, 7-ші шағынаудан, а/ж 114, Степногорск қ., Ақмола облысы, 021500, Қазақстан
ipbncbrk@mail.ru

ТҮЙІН

Ауыл шаруашылығында ВAM табиғи альтернативті тыңайтқыш болып табылады, бірінші кезекте фосфорлы және бұзылған табиғи экожүйелерді қалпына келтіру үшін қолданылуы мүмкін.

Қолданылған әдебиеттерге сәйкес арбускулалы микориздердің әсері нәтижесінде ауыл шаруашылық дақылдарының өнімділігі өте жоғарылайды.

ВAM тамыр потагендерінен қорғау арқылы жазылғыш ретінде әсер етеді.

ВAM екі механизм арқылы өсімдіктердің аурушандығын төмендетеді: 1. антибиотик синтездеу немесе субстратқа бәсекелесу арқылы патогенді жою; 2. Қожайын өсімдіктің имундық реакциясының индукциясы арқылы.

ВAM саңырауқұлақтары әртүрлі экологиялық жағдайларға тез бейімделу қабілетіне ие.

Олар топырақ қышқылдылығының, температураның, ылғалдылық пен аэрацияның кең интервалында жақсы дамиды.

Мақалада Солтүстік Қазақстан топырақ сынамаларынан везикулалы арбускулалы микоризді саңырауқұлақтарды бөліп алудың тәсілі жазылған.

Жүгері өсімдігінің тамырымен байланысқан ВAM саңырауқұлақтарының жинақтаушы дақылдары алынды. Алынған дақылдар негізінде арпа-астық құнды өсімділерін егіс жағдайларында сынаған ВAM саңырауқұлақтары арқылы тыңайтқыштар шығарылды.

Берілген мақалада алғаш рет ВAM саңырауқұлақтарын зерттеп тану мен Қазақстан топырағының сынамаларынан бөліп алу жүргізілді.

Негізгі сөздер: везикулалы-арбускулалы саңырауқұлақ микоризалары, ВAM саңырауқұлақтары, арбускулалар, везикулалар, жинақтаушы дақылдар, Glomus, инокуляциялық материал.