

УДК 606:63

**СПОНТАННЫЕ ЭНДОМИКОРИЗНЫЕ СТРУКТУРЫ
В КОРНЯХ ЯЧМЕНЯ, ЛЬНА-ДОЛГУНЦА И
ГОРОХА: КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ УЧЕТ, ВЫДЕЛЕНИЕ
И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ
МИКОРИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ЛАБОРАТОРНОЙ
МОДЕЛИ**

**Алещенкова З.М., Суховицкая Л.А., Сафронова Г.В.,
Мельникова Н.В., Короленок Н.В.**

ГНУ “Институт микробиологии НАН Беларуси”,
ул. Акад. В.Ф. Купревича, 2, г. Минск, 220141, Беларусь
E-mail: aleschenkova@mbio.bas-net.by

Дана сравнительная оценка микотрофности зерновой, технической и бобовой культур, установлено положительное влияние искусственной микоризации выделенными арбускулярно-микоризными грибами на развитие растений ячменя и гороха в условиях лабораторной модели.

Ключевые слова: арбускулярные микоризные грибы, субстратно-корневая и корневая форма инокулюма, везикулы, арбускулы, мицелий, споры.

Проблема обеспечения сельскохозяйственных культур фосфором весьма актуальна и может решаться разными путями. Один из них – применение почвенных микроорганизмов для интенсификации процесса фосфатмобилизации.

Обширные микробиологические исследования выявили повсеместное распространение почвенных микроорганизмов (бактерий, грибов, актиномицетов), способных растворять ортофосфаты кальция. В разных типах почв микроорганизмы, трансформирующие эти соединения, могут составлять 5-95 % общей численности микрофлоры, причем, корреляции между их количеством в почве и ее механическим составом, кислотностью, содержанием гумуса, азота и фосфора не обнаружено [1].

Новый этап изучения микробиологической фосфатмобилизации наступил с установлением важной роли эндомикоризных грибов в снабжении растений фосфором [2]. Экто- и эндомикориза (симбиоз высших растений с микоризными грибами) обычны как для

природных экосистем, так и для агроценозов, а инокуляция растений эффективными штаммами арбускулярно-микоризных грибов (АМГ) повышает урожайность многих сельскохозяйственных культур и поступление в них фосфора из почвы и фосфорных удобрений. Так, в некоторых случаях инокуляция эндомикоризными грибами позволяет сэкономить 25-50 % фосфорных удобрений [3], т. е. роль эндомикоризы в снабжении растений фосфором оказалась настолько значимой, что ее по праву сравнивают с ролью клубеньковых бактерий-азотфиксаторов в снабжении бобовых растений азотом.

Миколого-ботанические исследования обнаружили присутствие структур АМГ в корнях различных сельскохозяйственных растений, выделены местные расы грибов и экспериментально подтверждена принципиальная возможность улучшения фосфорного питания растений при их использовании [4-6].

Накоплен экспериментальный материал, свидетельствующий о высокой эффективности инокуляции сельскохозяйственных растений смешанными культурами эндомикоризных грибов и ассоциативных бактерий. Так, при совместной инокуляции ячменя, пшеницы и кукурузы [7-10] ассоциативными азотфиксаторами рода *Azospirillum* и микоризообразующими грибами рода *Glomus* урожайность и накопление азота и фосфора в растениях повышались в большей степени, чем при использовании чистых культур микроорганизмов. У микоризованных растений кукурузы [11] и перца [12] биомасса и содержание в них фосфора были существенно выше при дополнительной инокуляции фосфатмобилизирующими бактериями. В перечисленных исследованиях инокуляция ассоциативными бактериями (диазотрофными и фосфатмобилизирующими) способствовала более активному развитию микоризных структур в корнях. Установлено также, что эндомикоризные грибы способствовали лучшей приживаемости азоспирилл [13] и фосфатмобилизирующих бактерий [14] в ризоплане трав. Зольниковой Н.В. [15] показана перспективность использования *Flavobacterium sp.* Л30 и азоспирилл для повышения интенсивности образования микоризных структур в корнях кукурузы и суданской травы при совместной инокуляции. В то же время Белимов А.А. с соавт. [16] не выявили положительного влияния *Flavobacterium sp.* Л30 на развитие микоризы в корнях растений ячменя. Авторы связывают это с видовыми особенностями инокулируемого

8

растения (ячмень), свойствами использованного для инокуляции штамма *G. intraradices* 7, а также с возможной специфичностью ассоциативных бактерий по отношению к виду эндомикоризного гриба. Ими же показано, что микоризация существенно влияла на выживаемость интродуцированных ассоциативных бактерий в ризоплане растений.

Возникновение симбиотических отношений между грибом и бобовыми растениями – весьма распространенное в природе явление. Установлено, что большинство из них имеет микоризу везикулярно-арбускулярного типа. Martensson A. и Rydberg I. [17], анализируя отзывчивость на микоризацию 16 коммерческих сортов гороха, показали, что при инокуляции *Glomus sp.* масса растений увеличивалась в среднем на $12,3 \pm 4,9$ %, а накопление в них фосфора – на $27,0 \pm 4,45$ %. Якоби Л.М. и др. [18] установлено, что 99 формообразцов гороха посевного из коллекции ВИР обладают способностью к образованию высокоэффективной арбускулярной микоризы. Инокуляция растений гороха грибом *Glomus sp.* (штамм № 8 из коллекции ВНИИ с.-х. микробиологии) приводила к достоверному повышению всех изученных агробиологических показателей, за исключением содержания в семенах азота (оно снижалось) и калия (не изменялось).

В настоящее время интенсивно изучаются различные аспекты формирования эндомикоризы, ведется генетический анализ симбиотической системы, а также разрабатываются способы активации симбиоза растений с АМГ [19, 20]. Наименее изучены особенности взаимодействия грибов-микоризообразователей с растениями, недостаточно разработаны технологии получения препаратов, содержащих арбускулярно-микоризные грибы. Немногочисленные примеры, имеющиеся в научной литературе, касаются получения сбалансированных комплексов биологически активных соединений на основе АМГ [21], применения в сельском хозяйстве отдельных штаммов эндомикоризных грибов либо препаративных форм на их основе [2].

Учитывая актуальность применения АМГ для повышения продуктивности культурных растений, в лаборатории взаимоотношений микроорганизмов почвы и высших растений ГНУ “Институт микробиологии НАН Беларуси” впервые в республике начаты исследования в указанном направлении.

Цель данной работы – дать количественную оценку

интенсивности распространения, частоты встречаемости и уровня развития спонтанной микоризной инфекции в корнях традиционно возделываемых в Беларуси зерновых, бобовых и технических культур (ячменя, гороха и льна-долгунца), установить влияние искусственной микоризации выделенными АМГ на развитие растений в условиях лабораторной модели.

Материалы и методы. Объектами исследования служили:

– ячмень сорта Гонар, горох сортов Агат и Миллениум, лен-долгунец сорта Е-8 – источники выделения спонтанных эндомикоризных грибов;

– спонтанные арбускулярно-микоризные грибы, ассоциированные с корневой системой ячменя, гороха и льна-долгунца;

– зерновое сорго, земляника садовая и плектрантус – растительные объекты для получения накопительных культур АМГ, ассоциированных с корнями изучаемых растений;

– дерново-подзолистая, легкосуглинистая, развивающаяся на легком пылеватом суглинке, подстилаемом с глубины 50-60 см разнозернистыми песками почва следующей агрохимической характеристики: $pH_{КС1}$ – 6,4-6,6, гидролитическая кислотность – 1,8-2,1, сумма поглощенных оснований – 8,7-9,2 мг/экв./100 г почвы, гумус по Тюрину – 2,53-2,61 %, P_2O_5 – 250-280 и K_2O – 260-280 мг/кг почвы. Для получения накопительных культур АМГ и изучения способов инокуляции ими ячменя и гороха почву смешивали с низинным торфом, обедненным подвижным фосфором, в соотношении 2:1.

Интенсивность распространения АМГ, частоту встречаемости и уровень развития микоризной инфекции в корнях изучаемых растений устанавливали по модифицированному методу Травло. Накопительные культуры спонтанных АМГ, ассоциированных с корнями, получали в соответствии с Методическими рекомендациями [22].

Препараты мацерированных и окрашенных корней просматривали с помощью микроскопа МБИ-15 в проходящем свете при увеличении $\times (100)$. Фотографировали объекты цифровой камерой Olympus FE-130.

Линейные увеличения на фотографиях рассчитывали по формуле:

$$\Gamma = 1,2 \cdot \beta_{об} \cdot \beta_{нас} \cdot \beta_{ф/ок}, \text{ где:}$$

1,2 – увеличение тубусной линзы при работе с объективами,

рассчитанное на длину тубуса 160 мм; $\beta_{об}$ – увеличение применяемого объектива; $\beta_{нас}$ – увеличение оптовара насадки; $\beta_{ф/ок}$ – увеличение применяемого фотоокуляра [23].

Интенсивность микоризации корней ячменя и гороха выделенными АМГ, а также влияние способов инокуляции (корневая и субстратно-корневая форма инокулюма АМГ) на этот процесс, изучали в микровегетационном опыте с использованием двойной горшечной культуры эндомикоризного гриба и растения-хозяина. Подготовленный почвенно-торфяной субстрат расфасовывали в сосуды по 1,5 кг и стерилизовали при 1 атм. в течение 20 мин. трижды. После стерилизации сосуды выдерживали в течение месяца. Перед закладкой опыта субстрат увлажняли стерильной водой (60 % от полной влагоемкости). Для питания растений вносили модифицированную смесь Прянишникова. Для полива использовали стерильную воду и один раз в неделю – рекомендованную для этих целей питательную смесь [22]. Семена стерилизовали 70 % этиловым спиртом в течение 10 минут, затем на 30 минут заливали 30 % раствором перекиси водорода и промывали стерильной водопроводной водой. Простерилизованные семена пророщивали в термостате в течение суток. Проросшие семена микоризовали субстратно-корневой и корневой формой инокулюма АМГ.

Схема опыта:

1. Контроль (без микоризации).
2. Микоризация субстратно-корневой формой инокулюма АМГ.
3. Микоризация корневой формой инокулюма АМГ.

Повторность опыта – трехкратная.

Растения выращивали в течение 3-х месяцев в условиях светокультуры. Определение интенсивности микоризации корневой системы растений проводили через 1,5 и 3 месяца вегетации растений.

Математическая обработка данных – общепринятая для биологических исследований [24, 25].

Результаты и их обсуждение. С целью количественной оценки спонтанных АМГ в природных экосистемах, основанной на выявлении степени насыщенности корневой системы их различными структурами, анализировали растения ячменя в фазе выхода в трубку, растения гороха и льна-долгунца – в фазе созревания. Показателем интенсивности развития микоризной инфекции,

характеризующей распространение АМГ в корнях, служила любая их структура – мицелий, арбускулы, везикулы либо их сочетание, а количественные соотношения этих структур давали информацию об эффективности функционирования эндомикоризного симбиоза.

При микроскопировании корней учитывали три показателя: интенсивность развития микоризной инфекции в корнях в форме гиф, арбускул и везикул.

Оценка спонтанной микоризации выявила, что микоризные структуры (везикулы, гифы, арбускулы) обнаруживаются у всех исследованных растительных культур (табл. 1, рис. 1). Вместе с тем, почти при одинаковой интенсивности микоризной инфекции в форме гиф (49,0 и 48,3 %) частота встречаемости арбускул и везикул значительно выше в корнях ячменя (в среднем в 1,7 и 2,7 раза соответственно), чем у льна, что свидетельствует о большей отзывчивости этой культуры на спонтанную микоризацию, а интенсивность развития АМГ, обусловленная обилием везикул, указывает на высокую способность гриба, инфицирующего анализируемую зерновую культуру, к выживанию и распространению в почве. У двух исследованных сортов гороха также выявлена 100-процентная встречаемость микоризной инфекции. Интенсивность развития гиф в корнях гороха сорта Миллениум составляла в среднем 38,8 %, обилие арбускул – 23,0 %, везикул – 72,7 %. В корнях гороха сорта Агат при такой же частоте встречаемости микоризной инфекции (100 %) и тех же уровнях насыщенности корней АМГ, процентное содержание гиф, арбускул и везикул было ниже. Оно составляло в среднем 31,5 % (гифы), 14 % (арбускулы) и 50 % (везикулы).

Таблица 1. Количественное соотношение спонтанных структур АМГ в корнях растений ячменя, льна и гороха в природных экосистемах, %

Растения	Интенсивность развития микоризной инфекции в форме гиф	Обилие арбускул	Обилие везикул
Ячмень	49,0	42,3	27,6
Лен	48,3	24,3	10,3
Горох сорта Миллениум	38,8	23,0	72,7
Горох сорта Агат	31,5	14,0	50,0

В микроvegetационном опыте проведена искусственная микоризация ячменя и гороха сорта Миллениум с использованием субстратно-корневой и корневой форм инокулюмов спонтанных АМГ в условиях двойной горшечной культуры. Как показало микроскопирование корней через 1,5 и 3 месяца вегетации, структурное состояние микосимбионтов при искусственной микоризации зависит от формы инокулюма и сроков проведения анализа, о чем свидетельствуют данные, представленные на рис. 2, 3 и в табл. 2.

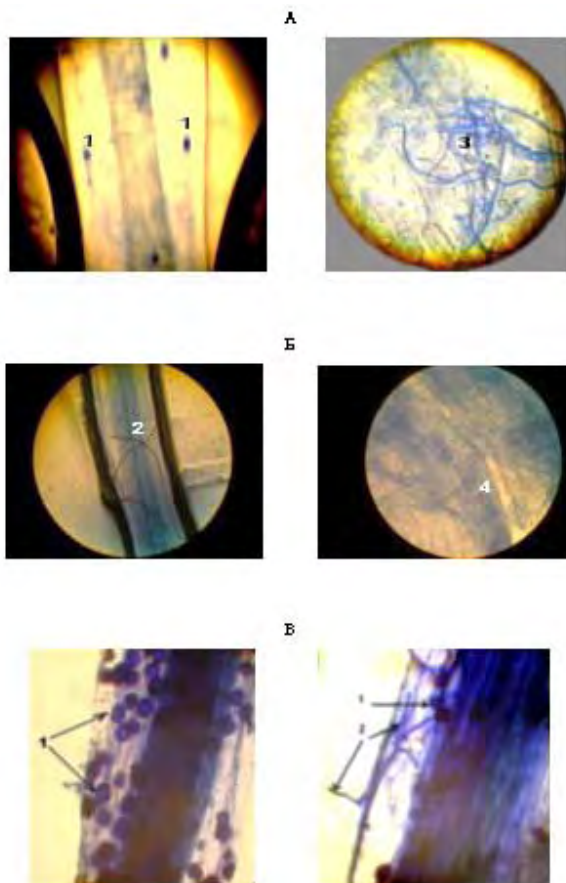


Рис. 1. Микоризные структуры в корнях ячменя (А), льна-долгунца (Б), гороха (В):
 1 – везикулы, 2 – внутренний мицелий, 3 – внешний мицелий,
 4 – арбускулы (увеличение $\times 206$)

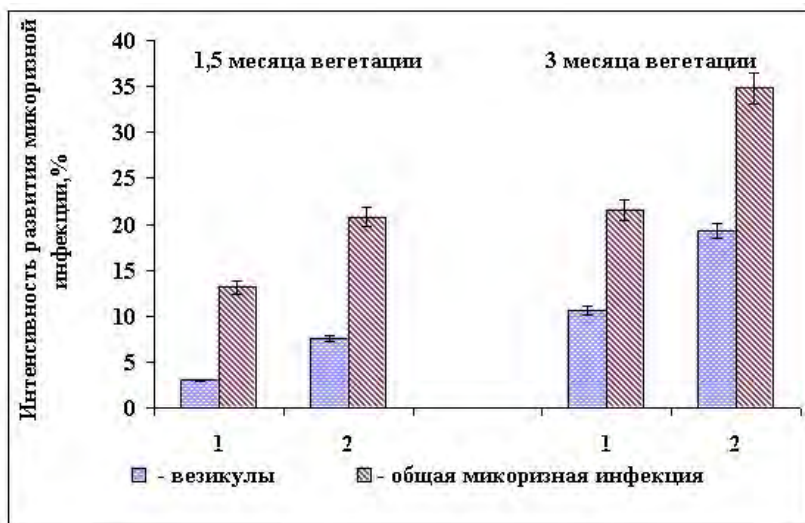


Рис. 2. Интенсивность развития микоризной инфекции и обилие везикул в корнях ячменя при искусственной микоризации: 1 – почвенно-корневая форма инокулюма АМГ; 2 – корневая форма инокулюма АМГ

Как видно из данных, приведенных на рис. 2 и на рис. 3А, интенсивность развития микоризной инфекции в корнях ячменя в первый срок определения (через 1,5 месяца) при использовании субстратно-корневой формы инокулюма АМГ составила 13,1 %, корневой – 20,8 %, частота встречаемости везикул 3,0 и 7,6 %, соответственно. По мере развития растений эти показатели значительно увеличиваются: интенсивность развития микоризной инфекции повысилась в 1,6 раза при обоих способах микоризации, частота встречаемости везикул – в 3,5 раза при использовании субстратно-корневого и в 2,5 раза – корневого инокулюмов.

Сравнительный анализ развития АМГ в корнях ячменя в зависимости от способов микоризации выявил преимущество корневого инокулюма. В оба срока количественного учета степень насыщенности корневой системы ячменя различными структурами АМГ и интенсивность развития инфекции при использовании корневого инокулюма АМГ превышали вариант с применением субстратно-корневой формы инокулюма АМГ на 8-13 %, частота встречаемости везикул – на 5-9 %.

У гороха в стадии стеблевания (1,5 месяца вегетации растений) микоризная инфекция встречается только в форме гиф (рис. 3В1-3В2, рис. 4). Выявлено, что частота встречаемости микоризной инфекции в этот период на 5,2 % выше в варианте с корневой формой инокулюма АМГ. Аналогичная тенденция отмечалась и на более поздней стадии развития растений (3 мес.) (рис. 3В3-3В4). Частота встречаемости микоризной инфекции в корнях в форме гиф достигала 41,8 %, в форме арбускул – 18,8 %, в форме везикул – 35,5 %.

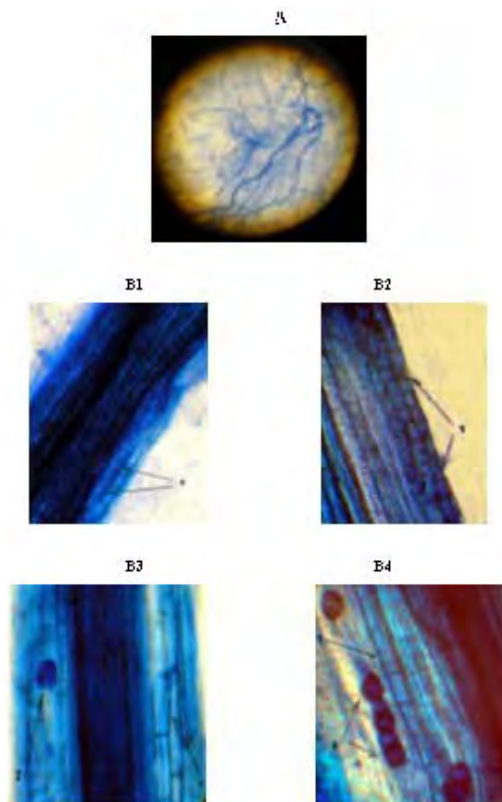


Рис. 3. Микоризация корней ячменя (А) и гороха (В1-В4) АМГ:

В1 – почвенно-корневая форма инокулюма АМГ (1,5 мес);
 В2 – корневая форма инокулюма АМГ (1,5 мес);
 В3 – почвенно-корневая форма инокулюма АМГ (3 мес);
 В4 – корневая форма инокулюма АМГ (3 мес).

1 – гифы;

2 – везикулы (световая микроскопия увеличение 15 × 20)

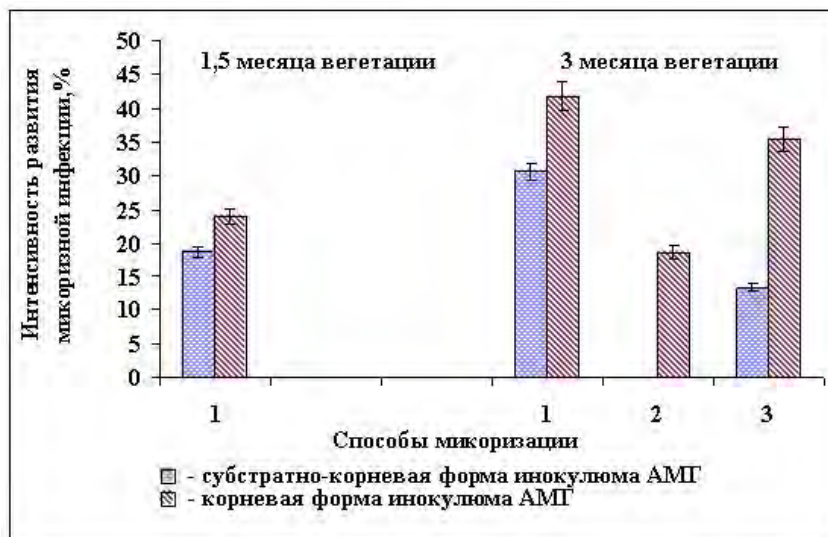


Рис. 4. Влияние инокуляции эндоефитами на микоризацию корневой системы гороха:
1 – гифы; 2 – арбускулы; 3 – везикулы

Микроскопирование корней гороха, микоризованного почвенно-корневым инокулюмом, не позволило выявить арбускул в этой стадии развития растений. Однако, в сравнении со стадией стеблевания, в корнях возростала частота встречаемости микоризной инфекции в форме гиф и имела место инфекция в форме везикул: 41,8 и 13,3 % соответственно.

Искусственная микоризация существенно влияла на развитие растений ячменя и гороха. В сравнении с контролем вес сухой зеленой массы зерновой культуры увеличился на 74 %, высота надземной части – почти на 20 % (табл. 2). При менее существенной разнице по этим показателям (14,0 и 7,5 % соответственно) эффективность корневой формы инокулюма АМГ на ячмене также выше.

Данные, приведенные в табл. 2, свидетельствуют также об отзывчивости на искусственную инокуляцию АМГ растений гороха. Так, без микоризации высота гороха в фазе стеблевания достигала 8,6 см, при почвенно-корневой форме инокулюма АМГ – 9,4, корневой – 11,4 см. Через три месяца вегетации этот показатель превышал контроль на 30 % (почвенно-корневая форма инокулюма АМГ) и на 75 % (корневая форма инокулюма АМГ). Фитомасса

растений также была выше при использовании корневой формы инокулюма АМГ (в среднем на 30 %).

Таблица 2. Влияние микоризации на накопление сухой массы и высоту надземной части зерновой и зернобобовой культур

Варианты микоризации	1,5 месяца вегетации		3 месяца вегетации	
	вес сухой зеленой массы, мг/1 растение	высота растений, мм	вес сухой зеленой массы, мг/ 1 растение	высота растений, мм
<i>ячмень</i>				
Контроль (без микоризации)	24,6 ± 1,21	33,0 ± 1,16	31,8 ± 1,60	34,7 ± 0,58
Субстратно-корневая форма инокулюма АМГ	40,8 ± 1,52	35,2 ± 0,85	50,8 ± 2,25	39,3 ± 0,67
Корневая форма инокулюма АМГ	45,0 ± 1,81	36,9 ± 0,76	60,2 ± 2,02	43,5 ± 0,65
<i>горох</i>				
Контроль (без микоризации)	8,6 ± 0,24	209,0 ± 0,09	14,2 ± 0,71	297,4 ± 0,13
Субстратно-корневая форма инокулюма АМГ	9,4 ± 0,68*	232,5 ± 0,10	18,4 ± 0,51	331,6 ± 0,11
Корневая форма инокулюма АМГ	11,4 ± 0,52	275,2 ± 0,14	24,6 ± 1,21	379,8 ± 0,12

Примечание. * – статистически недостоверное отличие от контроля, $P > 5\%$.

Таким образом, сравнительный анализ микотрофности корней ячменя и гороха и развития растений в зависимости от способов микоризации выявил преимущество корневой формы инокулюма АМГ. Вместе с тем, полученные результаты о частоте встречаемости микоризной инфекции и биометрические показатели развития растений свидетельствуют о возможности применения в практике возделывания зерновых и зернобобовых культур и субстратно-корневой формы инокулюма АМГ.

1. Муромцев Г. С. Почвенная микрофлора и фосфорное питание растений / Г. С. Муромцев, Г. Н. Маршунова, В. Ф. Павлова // Журн. Всесоюзного хим. общ-ва им. Д. И. Менделеева. — 1983. — Т. 28. — С. 22–27.

2. Проворов Н. А. Сравнительная генетика и эволюционная морфология симбиозов растений с микробами-азотфиксаторами и эндо-микоризными грибами / Н. А. Проворов, А. Ю. Борисов, И. А. Тихонович // Журн. общ. биол. — 2002. — Т. 63, № 6. — С. 451–472.

3. Pandey P. N. Response of Cowpea (*Vigna fasciculata* Linn. Walp.) to VAM fungi *Glomus faciculatum* (GF) and *Rhizobium* (Rh) inoculation under different sources and levels of phosphorus / P. N. Pandey, M. M. Verma, R. K. Jain // Proc. Nat. ACAD. Sci., India. B. — 1998. — Vol. 68, № 3-4. — P. 273–278.

4. Mahmond S. A. Occurance and infectivity of endomycorrhizas in Egyptan soils / S. A. Mahmond, Y. Z. Ischak, E. M. Ramadan, M. J. Daft // Egypt. J. Microbiol. — 1985 (1986), Sept. — Issue, 1986. — P. 47–55.

5. Nakassubo Takayuki. Distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizae in plants growing in a river floodplain / Nakassubo Takayuki, Kaniyu Masami, Nakagoshi Nobukasi, Horikoshi Takao // Bull. Jap. Soc. Microb. Ecol. — 1994. — Vol. 9, № 3. — P. 109–117.

6. Mohaankumar V. Vesicular-arbuscular mycorrhizal association in plants of Kalakad Reserve Forest, India. / V. Mohaankumar, A. Mahadevan // Angev. bot. — 1987. — Vol. 61, № 3-4. — P. 255–274.

7. Subba Rao N. S. Synergistic effect of vesicular-arbuscular mycorrhizas and *Azospirillum brasilense* on the growth of barley in pots / N. S. Subba Rao, K. V. B. R. Tilak, C. S. Singh // Soil Biol. Biochem. — 1985. — Vol. 17, № 1. — P. 119–121.

8. Baltruschat H. Der Einfluss einer gemeinsamen Application von *Azospirillum* und VA Mukorrhiza auf den Ertrag und die Nährstoffaufnahme von Sommergetreide / H. Baltruschat // Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirt. Berlin-Dahlem. — 1988. — № 245. — P. 157.

9. Al-Nahidh S. I. Response of wheat to dual inoculation with VA-mycorrhiza and *Azospirillum*, fertilized with NPK and irrigated with sewage effluent / S. I. Al-Nahidh, A. H. M. Goman // Arid soil Rech. Rehabilitation. — 1991. — Vol. 5, № 2. — P. 83–96.

10. Sreeramulu K. R. Interaction effect of VA mycorrhiza and *Azospirillum* on growth and uptake of nutrients in maize / K. R. Sreeramulu, D. D. Doss // Indian J. Microbiol. — 1998. — Vol. 28, № 3. — P. 247–250.

11. Vejsadova H. Influence of bacteria on growth and phosphorus nutrition of mycorrhizal corn / H. Vejsadova, V. Catska, H. Heselova, M. Gryndler // J. Plant Nutr. — 1993. — Vol. 16, № 9. — P. 1857–1866.

12. Sreenivasa M. N. Synergistic interaction between VA mycorrhizal

fungi and a phosphate solubilising bacterium in chilli (*Capsicum annuum*) / M. N. Sreenivasa, P. U. Krishnaraj // Zentralbl. Mikrobiol. — 1992. — Vol. 147, № 1–2. — P. 126–130.

13. Pacovsky R. S. Diazotroph establishment and maintenance in the Sorghum-*Glomus-Azospirillum* association / R. S. Pacovsky // Can. J. Microbiol. — 1989. — Vol. 35, № 11. — P. 977–981.

14. Krishnaraj P. U. Increasing root colonization by bacteria due to inoculation with VA mycorrhial fungi in chilli (*Capsicum annuum*) / P. U. Krishnaraj, M. N. Sreenivasa // Zentralbl. Mikrobiol. — 1992. — Vol. 147, № 1–2. — P. 131–133.

15. Зольникова Н. В. ВАМ-грибы в агрофитоценозах / Н. В. Зольникова // Разработка экологически безопасных методов ведения сельского хозяйства. — СПб. : ОНЗ Россельхозакадемии, 1993. — С. 125–137.

16. Белимов А. А. Взаимодействие ассоциативных бактерий и эндомикоризного гриба с ячменем при совместной инокуляции / [А. А. Белимов и др.] // Микробиол. — 1999. — Т. 68, № 1. — С. 122–126.

17. Martensson A. Variability among pea varieties for infection with arbuscular mycorrhizal fungi / A. Martensson, I. Rydberg // Swedish J. Agric. Res. — 1994. — Vol. 24. — P. 13–19.

18. Якоби Л. М. Полиморфизм форм гороха посевного по эффективности симбиоза с эндомикоризным грибом *Glomus sp.* в условиях инокуляции ризобиями / [Л. М. Якоби, А. С. Кукалев, К. В. Ушаков и др.] // Сельскохозяйств. биол. — 2000. — № 3. — С. 94–102.

19. New bridges between Past and Future: Molecular plant-microbe interactions // Volume of abstracts 11th international congress on molecular plant-microbe interactions (Russia, St.-Petersburg, July 18–26, 2003). — St.-Petersburg, 2003. — Vol. 4. — P. 330–337.

20. New bridges between Past and Future: Molecular plant-microbe interactions // Proceedings of 11th international congress on molecular plant-microbe interactions (Russia, St.-Petersburg, July 18–26, 2003). — St.-Petersburg, 2003. — Vol. 4. — P. 453–475.

21. Шабаев В. П. Влияние ризосферной бактерии *Pseudomonas fluorescens* 20 и эндомикоризного гриба *Globus mosseae* на урожай и рост редиса в зависимости от условий минерального питания / В. П. Шабаев, О. С. Сафрина, В. А. Мудрик // Агрохимия. — 1998. — № 6. — С. 34–41.

22. Лабутова Н. М. Методы исследования арбускулярных микоризных грибов / Н. М. Лабутова. — СПб. : Всесоюз. науч.-исслед. ин-т с.-х. микробиол., 2000. — 24 с.

23. Микроскоп биологический исследовательский универсальный МБИ-15 : Техническое описание и инструкция по эксплуатации ЛОМО. — 1977. — 53 с.

24. Рокицкий П. Ф. Основы вариационной статистики для биологов

/ П. Ф. Рокицкий. — Минск : БГУ, 1973. — 221 с.

25. Плохинский Н. А. Алгоритмы биометрии / Н. А. Плохинский. — Минск : БГУ, 1980. — 150 с.

**СПОНТАННІ ЕНДОМІКОРИЗНІ СТРУКТУРИ
У КОРЕНЯХ ЯЧМЕНЮ, ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЮ І
ГОРОХУ: КІЛЬКІСНИЙ ОБЛІК, ВИДІЛЕННЯ І
ОЦІНКА ВПЛИВУ ШТУЧНОЇ МІКОРИЗАЦІЇ В
УМОВАХ ЛАБОРАТОРНОЇ МОДЕЛІ**

**Алещенкова З.М., Суховіцкая Л.А., Сафронова Г.В.,
Мельнікова Н.В., Корольонок Н.В.**

ДНУ «Інститут мікробіології НАН Білорусі», м. Мінськ

Дано порівняльну оцінку мікотрофності зернової, технічної і бобової культур, встановлено позитивний вплив штучної мікоризації виділеними арбускулярно-мікоризними грибами на розвиток рослин ячменю та гороху в умовах лабораторної моделі.

Ключові слова: арбускулярні мікоризні гриби, субстратно-коренева та коренева форми інокулюму, везикули, арбускули, міцелій, спори, інтенсивність інфекції.

**SPONTANEOUS ENDOMYCORRHIZAL STRUCTURES
IN ROOTS OF BARLEY, LONG-FIBER FLAX AND
PEAS CULTIVARS: QUANTITATIVE ESTIMATION,
ISOLATION AND EVALUATION OF ARTIFICIAL
MYCORRHIZATION METHODS UNDER LABORATORY
MODEL CONDITIONS**

**Aleshchenkova Z.M., Sukhovitskaya L.A., Safronava H.V.,
Melnikova N.V., Korolyenok N.V.**

Institute of Microbiology, NAS of Belarus, Minsk

Quantitative assessment of mycotrophicity of grain (barley), technical (flax) and legume (peas) crops was carried out, data on positive impact of artificial mycorrhization of barley and peas with spontaneous AMF isolates were obtained in microvegetation experiment.

Key words: arbuscular mycorrhizal fungi, vesicles, arbuscules, hyphae, spore, intensity of infection, the substrate-root and root forms of inoculum of AMF.