

5. Мольченко Л. Л. Генетические резерваты Волини / Л. Л. Мольченко, В. П. Войтюк // Лесохозяйственная информация. – М. : [б. и.], 1989. – Вып. 5. – С. 22–26.
6. Мольченко Л. Л. Лесной генетический фонд Волини / [Л. Л. Мольченко, В. С. Солтыс, В. П. Войтюк, И. П. Плотников]. – Луцк : [б. и.], 1985. – 61 с.
7. Положение о выделении и сохранении генетического фонда древесных пород в лесах СССР. – М. : [б. и.], 1982. – 23 с.
8. Лісівничо-селекційна оцінка генетичних резерватів сосни звичайної ДП «Володимир-Волинське лісомисливське господарство» / [М. Й. Шевчук, В. П. Войтюк, В. В. Андреева, О. В. Кичиліук, Т. П. Лісовська] // Природа Західного Полісся та прилеглих територій : зб. наук. пр. / за заг. ред. Ф. В. Зузука. – Луцьк : Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2012. – № 9. – С. 167–172.

Войтюк Василь, Андреева Валентина, Кичиліук Александр, Гетьманчук Анатолий. Лесоводственно-селекционная оценка насаждений сосны обыкновенной Национального природного парка «Припять–Стоход». Работа посвящена изучению селекционной ценности древостоев сосны обыкновенной на территории Национального природного парка «Припять–Стоход». Исследуемые древостои растут в условиях свежего бора и субора за I^a–II бонитетом, характеризуются хорошим здоровьем, в возрасте 75–90 лет при полноте 0,63–0,92 имеют запас древесины на 1 га 330–460 куб. м. По селекционной структуре деревьев одно насаждения принадлежит к нормальным и три – к плюсовым. Деревья характеризуются хорошей очисткой ствола от мертвых сучков, хорошим и средним зарастанием очищенных от мертвых сучков мест, с хорошо развитыми преимущественно конусообразными кронами, в основном с тонкими и средними ветвями. В большинстве деревьев отсутствуют недостатки ствола и кроны. Значительное разнообразие морфологических форм и изменчивость лесоводственно-селекционных показателей сосны обыкновенной позволяет выполнять плюсовую селекцию на местном материале.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, генетический резерват, плюсовое дерево.

Voytyuk Vasyl, Andreyeva Valentyna, Kychylyuk Oleksandr, Getmanchuk Anatoliy. Forestry selection estimation of forest planting of Scotch pine in National natural park “Pripyat–Stokhid”. The work is devoted to the study of selection values of Scotch pine forest stands in the National Park “Pripyat–Stokhid”. Investigated forest stands are growing in fresh forest and pine forests on Ia–II bonitet, characterized by good health, aged 75–90 years in the fullness of 0,63–0,92 have stock of wood per 1 ha of 330–460 cubic meters. The selection structure of trees is showed that one planting is belonging to normal and three – to plus. Trees are characterized by good cleaning trunk of dead twigs, good and average overgrowth cleared of dead knots places. Also trees have got well developed mainly conical crowns, mostly from the middle and thin branches. In most of the trees are no defects trunk and crown. A large variety of morphological forms and variability of forest-selection indexes of Scotch pine allows carrying out the positive selection at the local material. Researched forest stands advisable to classify as genetic reserves. We propose to use plus stands in quality testing as candidates to natural varieties-populations of Scotch pine.

Key words: Scotch pine, genetic reserve, plus tree.

Стаття надійшла до редколегії
12.03.2015 р.

УДК 581.17; 581.557.24

Михайло Вінічук

Арбускулярні мікоризні гриби та їх вплив на перехід радіоцезію з ґрунту в рослини

Використання арбускулярних мікоризних грибів *Glomus mosseae* при вирощуванні огірків показує відсутність їх стимуляційного впливу як на величину біомаси досліджуваних рослин, так і на рівень накопичення ними радіоцезію. Показано, що значення коефіцієнтів накопичення ¹³⁷Cs (КН) рослинами огірків не залежать від інтенсивності мікоризної інфекції бічних та додаткових коренів рослин.

Ключові слова: арбускулярні гриби, ґрунт, інокуляція, огірки, радіоцезій.

Постановка наукової проблеми та її значення. Добре відомо, що окремі ґрунтові мікроорганізми, наприклад ектомікоризні гриби, активно поглинають радіонукліди, зокрема ^{137}Cs [17; 18], і можуть накопичувати його у своїх тілах значно більше, ніж рослини, що зростають у тих же біотопах [18]. Водночас унаслідок низького вмісту грибної мікрофлори в лісових ґрунтах останні акумулюють у собі порівняно невелику частину загальної кількості радіоцезію ґрунту [4].

Аналіз досліджень цієї проблеми. На відміну від ектомікоризних грибів радіоекологічні функції ендомікоризи або арбускулярно-везикулярної мікоризи (АМ), яку вважають найбільш давньою та найпоширенішою формою симбіозу рослин із мікроорганізмами, досліджені недостатньо [1]. Певна увага цим питанням усе ж таки приділялася. Зокрема, у низці робіт досліджено і вплив арбускулярних мікоризних (АМ) грибів на рівень поглинання радіоцезію рослинами [1; 2; 5–7]. Проте результати досліджень щодо радіоекологічних функцій арбускулярних мікоризних грибів та можливості використання останніх для фітореMediaції ґрунтів, забруднених радіонуклідами, неоднозначні, а часто навіть суперечливі [19; 20]. Так, в окремих роботах [5; 6] показано, що міцелій арбускулярних мікоризних грибів може брати безпосередню участь у транслокації радіоцезію до коренів рослин. Інші дані підтверджують, що інокуляція арбускулярними мікоризними грибами мікоризних рослин сприяла підвищенню рівнів накопичення радіоцезію рослинами буркуну лікарського [14], райграсу пасовищного [8] та соняшнику [7]. Водночас результати деяких інших досліджень свідчать, що АМ гриби, навпаки, можуть знижувати рівні накопичення радіоцезію інокульованими рослинами [12; 16; 19; 20]. Очевидно, що ефективність використання АМ грибів для фітореMediaції зумовлюється низкою чинників, які здатні модифікувати кінцевий результат, зокрема видом рослини-господаря, типом ґрунту та умовами експерименту [3]. Стосовно останнього варто зазначити, що переважна більшість відомих на сьогодні результатів щодо можливостей АМ грибів стимулювати накопичення радіоцезію мікоризними рослинами були отримані в умовах вегетаційних та/або лабораторних досліджень. Однак відомо, що симбіотичні відносини, що формуються між рослиною-господарем та штамом арбускулярних мікоризних грибів в умовах теплиці чи лабораторії, не завжди залишаються такими ж у польових умовах [10]. Результатів досліджень, які б підтверджували або спростовували наявність ефекту інокуляції мікоризних рослин АМ грибами на величину переходу радіоцезію з ґрунту в рослини в польових умовах, майже немає [1; 19; 20]. Тому можливість використання АМ грибів для фітореMediaції забруднених радіонуклідами ґрунтів остаточно не встановлена і потребує подальших досліджень. У нашій роботі експериментально перевірено гіпотезу про те, що арбускулярні мікоризні гриби можуть використовуватися для фітореMediaції забруднених радіоцезієм ґрунтів однаково ефективно (чи неефективно) і в умовах теплиці, і в польових умовах.

Метою нашої роботи було дослідити, яким чином інокуляція ґрунту штамом арбускулярного мікоризного гриба *Glomus mosseae* впливає на рівень накопичення радіоцезію у плодах, листях, пагонах та стеблах у процесі вирощування такої поширеної овочевої культури, як огірки на ґрунтах різного гранулометричного складу в умовах вегетаційних та польових дослідів. Огірок – однорічна трав'яниста рослина з довгим сланким стеблом і змішаною кореневою системою, яка має добре розвинений головний корінь із численними бічними і додатковими коренями, що до того ж ефективно акумулює радіоцезій [9]. Крім того, було досліджено можливість використання алохтонного штаму АМ гриба у процесі вирощування огірків для підбору комбінації рослин, різновидів ґрунтів та АМ грибів, найбільш придатних для фітореMediaції радіоактивно забруднених ґрунтів.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Вегетаційний дослід проводили у 2008 р. на таких ґрунтах: супіщаному (вміст фракції 0,06–2 мм $76,1 \pm 0,6$ %, $\text{pH}_{0,01 \text{ M CaCl}}$ $4,2 \pm 0,03$), середньосуглинковому (вміст фракції 0,06–2 мм $42,3 \pm 3,6$ %, $\text{pH}_{0,01 \text{ M CaCl}}$ $4,9 \pm 0,08$) та глинистому (вміст фракції 0,06–2 мм $13,1 \pm 0,8$ %, $\text{pH}_{0,01 \text{ M CaCl}}$ $4,8 \pm 0,01$) з різною щільністю забруднення (табл. 1). Схема досліду передбачала три варіанти: інокульований АМ грибами ґрунт (АМ+), стерилізований ґрунт (АМ–) та контроль (необроблюваний ґрунт). Повторність дослідів п'ятикратна. Ґрунт перемішували та просівали через сито 2 мм. У варіанті АМ+ перед посівом у ґрунт вносили матеріал, що містить спори та гіфи АМ грибів у пропорції 1:100. У варіанті АМ– ґрунт стерилізували протягом 3-х годин при температурі 121 °С та тиску 2 бари. Рослини огірка звичайного (*Cucumis sativus* L., сорт Melen F1) вирощували в теплиці в пластикових посудинах об'ємом $4,2 \text{ дм}^3$, добрива не використовували. Упродовж періоду вегетації регулярно відбирали плоди огірків у міру їх дозрівання, висушували до постійної ваги, подрібнювали та проводили радіометрію. Питому активність

^{137}Cs у ґрунті та рослинах визначали за допомогою HPGe детекторів із перерахунком на час відбору зразків. Коефіцієнти накопичення ^{137}Cs (КН) розраховували як відношення його активності в рослині, Бк кг^{-1} сухої ваги (с.в.) до активності ^{137}Cs в ґрунті, Бк кг^{-1} с.в.

Польовий дослід проводили у 2009–2010 рр. на землях Народицького району Житомирської області поблизу населеного пункту Христинівки (51°14' 55" пн. ш., 29°13' 09" сх. д.) на дерново-підзолистому середньосуглинковому ґрунті (вміст фракції 0,06–2 мм \approx 60 %, рН_{H2O} 6,6 \pm 0,06). Схема досліду аналогічна наведеній вище: інокульований АМ грибами ґрунт (АМ+), ґрунт, оброблений фунгіцидом Benlate (АМ–), та контроль (необроблюваний ґрунт). Щільність радіоактивного забруднення за ^{137}Cs = 832 \pm 53 кБк м^{-2} [20]. Розмір посівної площі експериментальної ділянки 7,2 м^2 (3,0 м x 2,4 м), облікової площі 2,8 м^2 (1,4 м x 2,0 м). Повторність досліду чотирикратна. Перед посівом у ґрунт вносили матеріал, що містить спори та гіфи АМ грибів, із розрахунку 5 мл на 1 см^3 ґрунту з наступним перемішуванням його з верхнім 2–3-сантиметровим шаром ґрунту. Концентрація водного розчину фунгіциду забезпечувала кінцеву концентрацію 125 мг кг^{-1} ґрунту. Методика підготовки зразків та радіометричні вимірювання аналогічні до наведеної вище.

Інтенсивність мікоризної інфекції коренів інокульованих рослин визначали методом занурювання останніх у 20 % розчин гідроксиду калію з наступним промиванням водопровідною водою і підкисленням 1 % соляною кислотою. Після цього коріння фарбували 0,05 % розчином трипанового синього в розчині: молочна кислота – гліцерин – вода (14:1:1). Інтенсивність інфекції оцінювали візуально під біокулярним мікроскопом: 0 – немає інфекції, 1 – поодинокі інфекції, 2 – помірно інфіковані корені, 3 – сильно інфіковані корені. У дослідах використовували арбускулярний мікоризний продукт «Муко-Умпрі» (виробник – фірма МТТ Agrifood Research (Фінляндія)), який містить спори та гіфи арбускулярного мікоризного гриба *Glomus mosseae* разом із матеріалом-носієм (субстратом) – стерилізованою паром сумішшю торфу, піску та перліту.

Передпосівна інокуляція ґрунту арбускулярними мікоризними грибами у процесі вирощування огірка звичайного в умовах вегетаційного досліду свідчить про неоднозначність стимуляційного впливу на величину біомаси інокульованих рослин порівняно з рослинами, що зростали на всіх стерилізованих ґрунтових відмінах (табл. 1). Так, біомаса плодів, стебел, пагонів та листків інокульованих рослин на середньосуглинковому та глинистому ґрунтах виявилась у 1,5 та 2 рази вищою порівняно з рослинами, що зростали на тих же, але необроблюваних ґрунтах (контроль). Продуктивність рослин, що вирощувалися на супіщаному ґрунті, не залежала від наявності чи відсутності АМ грибів у ґрунті й варіювала у межах похибки. Отримані дані дають підставу стверджувати, що арбускулярні мікоризні гриби можуть сприяти підвищенню продуктивності рослин залежно від ґрунту, на якому вони зростають. Продуктивність огірків також виявилась майже однаковою у варіантах з інокульованими (АМ+) рослинами та з тими, що зростали на стерилізованому ґрунті (АМ–) на всіх досліджуваних ґрунтових відмінах. Відсутність ефекту інокуляції рослин на величину їх біомаси порівняно з тими рослинами, які зростали на стерилізованому ґрунті, імовірно пояснюється тим, що стерилізація ґрунту могла спричинити додаткове вивільнення елементів живлення з біоти ґрунту, насамперед мікобіоти під час дії високих температур та тиску. Результати дослідження інтенсивності мікоризної інфекції бічних та додаткових коренів дослідних рослин огірків спорами АМ грибів показали, що в АМ+ варіанті на глинистому та середньосуглинковому ґрунті траплялися лише поодинокі інфекції – 1,0 \pm 0,7 та 1,0 \pm 1,0 відповідно. На супіщаному ґрунті інтенсивність мікоризної інфекції коренів була оцінена як помірна – 1,8 \pm 0,45. Водночас встановлено, що в рослин, які зростали на глинистому ґрунті, інтенсивність мікоризної інфекції позитивно корелює з величиною біомаси стебел та листя ($r = 0,70$). Однак на супіщаному ґрунті залежності між помірною інтенсивністю мікоризної інфекції коренів рослин огірків (1,8 \pm 0,45) та величиною біомаси цих рослин не спостерігалось. Отже, підвищення продуктивності інокульованих рослин залежить не так від інтенсивності мікоризної інфекції, як від симбіозу як такого і пов'язаного з ним потоку продуктів фотосинтезу.

В умовах польового досліду продуктивність плодів огірка коливалася в межах від 633 до 687, а листків, пагонів та стебел – від 262 до 338 $\text{г}/\text{м}^2$ с. в. Як видно з даних таблиці 2, продуктивність рослин огірка (плодів, стебел, пагонів та листя), що зростали на варіантах з унесенням інокулянта, істотно не відрізнялася ні від показників продуктивності рослин контрольного варіанта, ні від варіанта з використанням фунгіциду. Отже, отримані дані засвідчують, що інокуляція АМ грибами

грунту *in situ* не сприяє підвищенню продуктивності огірків. Аналіз інтенсивності мікоризної інфекції коренів рослин показує, що бічні та додаткові корені огірків у АМ+ варіанті були помірно інфіковані АМ грибами (1,9 із 3). При цьому між інтенсивністю мікоризної інфекції коренів та величиною біомаси огірків зв'язку також не встановлено ($r = 0,35$).

Таблиця 1

Ефективність передпосівної інокуляції ґрунту арбускулярними мікоризними грибами (АМ) у процесі вирощування огірків, n = 5 (вегетаційний дослід)

Варіанти дослідів	Супіщаний ґрунт ¹⁾		Середньосуглинковий ґрунт		Глинистий ґрунт	
	Плоди	Листя та стебла	Плоди	Листя та стебла	Плоди	Листя та стебла
Біомаса, г / посудину, с.в.						
АМ+	–	2,82 ± 0,3	21,07 ± 2,9	19,44 ± 1,2	15,57 ± 2,8	13,26* ± 0,8
АМ–	1,83 ± 1,0 ²⁾	2,36 ± 0,6	20,88 ± 4,2	20,10 ± 1,1	15,12 ± 2,4	9,42 ± 1,3
Контроль ²⁾	2,20 ± 1,6	3,16 ± 0,7	14,39 ± 2,6	14,36 ± 6,1	6,82 ± 1,8	7,22 ± 0,2
¹³⁷ Cs, кБк кг ⁻¹ с.в.						
АМ+	1,49 ± 0,29	0,19 ± 0,04	72,02 ± 12,2	14,04 ± 0,9	0,64 ± 0,13	0,11 ± 0,01
АМ–	4,75 ± 1,4 ³⁾	0,18 ± 0,03	56,09 ± 11,9	11,33 ± 1,7	0,77 ± 0,08 ⁴⁾	0,10 ± 0,01
Контроль ²⁾	6,28 ± 3,5	0,14 ± 0,02	37,76 ± 9,1	12,49 ± 6,3	1,49 ± 0,87	0,05 ± 0,006
¹³⁷ Cs КН ⁵⁾						
АМ+	2,05 ± 0,42	0,26 ± 0,05	1,77 ± 0,7	0,35 ± 0,1	1,07 ± 0,21	0,19 ± 0,02
АМ–	6,97 ± 2,31 ³⁾	0,26 ± 0,06	1,35 ± 0,7	0,27 ± 0,1	1,45 ± 0,12 ⁴⁾	0,19 ± 0,03
Контроль ²⁾	10,78 ± 6,61	0,23 ± 0,01	0,89 ± 0,2	0,29 ± 0,1	4,26 ± 2,51	0,15 ± 0,01

Примітка: ¹⁾ щільність забруднення: супіщаний ґрунт – 8,0 ± 0,1 кБк / м⁻²; середньосуглинковий ґрунт – 456,5 ± 1,7 кБк / м⁻²; глинистий ґрунт – 5,1 ± 0,1 кБк / м⁻²; ²⁾ n = 2; ³⁾ n = 3; ⁴⁾ n = 4; ⁵⁾ КН розраховували як відношення активності ¹³⁷Cs у рослині, Бк кг⁻¹ с.в. до активності ¹³⁷Cs у ґрунті, Бк кг⁻¹ с. в., *p > 0,05.

Питома активність радіонукліда в рослинах огірків вегетаційного дослідів коливалася у широкому діапазоні залежно від щільності радіоактивного забруднення ґрунтів, що досліджувалися. У плодах огірків активність ¹³⁷Cs виявилася значно вищою, ніж у стеблах та листках на всіх варіантах та ґрунтових відмінах. Стимуляційний вплив інокуляції спорами АМ грибів на величину питомої активності радіонукліда порівняно зі стерилізованим ґрунтом та контролем спостерігався у плодах огірків, що вирощувалися на середньосуглинковому ґрунті. Вміст радіонукліда у плодах огірків на середньосуглинковому ґрунті у варіанті АМ+ виявився у 1,9 та 1,3 рази вищим, ніж у варіанті АМ– та контролі відповідно. В інших випадках вміст радіонукліда на варіанті з АМ грибами був таким самим або навіть нижчим порівняно з рослинами стерилізованого ґрунту та контролем (табл. 1). Однак підвищений вміст радіоцезію у плодах огірків на середньосуглинковому ґрунті навряд чи можна пояснити за рахунок ефекту мікоризації, оскільки, як було зазначено вище, інтенсивність мікоризної інфекції коренів дослідних рослин була найвищою на супіщаному ґрунті, на якому активність ¹³⁷Cs у варіанті АМ+ виявилася нижчою, ніж у варіанті АМ– та контролі.

Відсутність впливу інокуляції АМ грибами на величину переходу радіонукліда з ґрунту в рослини огірків спостерігалася і в умовах польового дослідів. Так, вміст радіоцезію у рослинах огірків на АМ+ варіанті виявився нижчим (у плодах) або приблизно таким же (у стеблах і листках) порівняно з рослинами контрольного варіанта (табл. 2). У варіанті з унесенням фунгіциду (АМ–) результати неоднозначні: у плодах огірків питома активність ¹³⁷Cs в обох варіантах (АМ+ та АМ–) майже однакова, а у стеблах, пагонах та листках питома активність ¹³⁷Cs у варіанті АМ– виявилася нижчою, ніж у варіанті АМ+. Встановлено, що між інтенсивністю мікоризної інфекції коренів рослин в умовах польового дослідів та величиною переходу радіоцезію з ґрунту в рослини залежності немає.

На відміну від вегетаційного дослідів, у процесі вирощування огірків у полі питома активність ¹³⁷Cs виявилася вищою у стеблах та листках огірків, ніж у їх плодах. Це пояснюється тим, що під час вирощування у польових умовах існує можливість забруднення вегетативної маси рослин огірків частинками ґрунту, що унеможлиблювалося у процесі вирощування огірків у тепличних умовах.

Коефіцієнти накопичення радіоцезію (¹³⁷Cs, КН) у вегетаційному дослідів були доволі високими і коливалися залежно від ґрунту та щільності його забруднення у межах від 0,89 до 10,8 для плодів

огірків та від 0,15 до 0,35 для листя, пагонів та стебел (табл. 1). З урахуванням того, що огіркі (плоди) містять багато води, у перерахунку на свіжу вагу наведені величини будуть майже на порядок меншими. У рослин, інфікованих АМ грибами, вищі величини КН ^{137}Cs спостерігалися для плодів огірків на середньосуглинковому ґрунті. На супіщаному та глинистому ґрунтах інокульовані рослини накопичували ті ж або навіть менші кількості радіонукліда порівняно з рослинами варіанта АМ– та контролем.

У польовому досліді значення коефіцієнтів накопичення радіоцезію були на порядок нижчими і коливалися у межах 0,047–0,075 для плодів та 0,098–0,149 для листя, пагонів та стебел (табл. 2). Як видно з даних таблиці, стимуляційний вплив інокуляції ґрунту АМ грибами на величину переходу радіоцезію з ґрунту в рослини відсутній.

Результати обох дослідів свідчать про відсутність залежностей між величинами КН ^{137}Cs рослинами огірків та показниками інтенсивності мікоризної інфекції їх кореневої системи.

Таблиця 2

Порівняльна характеристика ефективності передпосівної інокуляції ґрунту арбускулярними мікоризними грибами (АМ) у процесі вирощування огірків (у середньому за 2 роки, 2009–2010 рр.), n = 4 (польовий дослід¹⁾)

Варіанти досліді	Плоди	Листя та стебла
Біомаса, г/м ² , с. в.		
АМ+	632,6 ± 85,4	265,6 ± 100,1
АМ–	658,0 ± 136,5	337,6 ± 47,6
Контроль	687,2 ± 44,3	261,7 ± 60,9
^{137}Cs , Бк кг ⁻¹ с.в.		
АМ+	250,0 ± 92,9	624,1 ± 178,0
АМ–	228,2 ± 75,4	445,4 ± 105,1
Контроль	350,1 ± 132,0	577,4 ± 140,0
^{137}Cs КН ²⁾		
АМ+	0,055 ± 0,005	0,149 ± 0,0255
АМ–	0,047 ± 0,003	0,098 ± 0,013
Контроль	0,075 ± 0,009	0,139 ± 0,021

Примітка: ¹⁾ середньосуглинковий ґрунт, щільність забруднення за ^{137}Cs 832 ± 53 кБк / м²; ²⁾ КН ^{137}Cs розраховували як відношення активності ^{137}Cs в рослині, Бк кг⁻¹ с. в. до активності ^{137}Cs в ґрунті, Бк кг⁻¹ с. в.

Отримані експериментальні дані добре узгоджуються з результатами інших досліджень. Відсутність ефекту від унесення АМ грибів у ґрунт при вирощуванні пажитниці багатоквіткової спостерігалася у вегетаційних дослідях Rosén і співавт. [16]. Згідно з результатами інших досліджень [2] колонізація рослин АМ грибом *Glomus intraradices*, навпаки, зменшує надходження ^{137}Cs до надземних органів рослин.

Порівняння результатів вегетаційного і польового дослідів засвідчує, що рослини, інокульовані АМ грибами, накопичують радіоцезій у тих же кількостях, що і рослини контрольного варіанта в обох дослідіх. Результати польових досліджень у цьому випадку важливі, оскільки відомо, що мікоризний симбіоз, який утворюється в тепличних умовах вегетаційного досліді, не обов'язково буде таким самим у польових умовах [10]. Крім того, в умовах польових досліджень, на відміну від вегетаційних дослідів, можна очікувати наявності супутніх колонізацій. Як показано, в обох випадках інокуляція ґрунту не сприяє посиленню переходу радіонукліда з ґрунту в рослини.

Причини, що пояснюють відсутність очікуваного ефекту, можуть бути різні. Як зазначалося вище, симбіотичні асоціації між ендомікоризними грибами і коренями рослин є найбільш поширеним типом мікоризи. Використання алохтонних «чужорідних» штамів, які сформувалися поза межами конкретної екосистеми, може не дати очікуваного ефекту. Відомо [3], що автохтонні «місцеві» арбускулярні мікозні гриби, виділені з ризосфери рослин у різних частинах 30-кілометрової зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення ЧАЕС характеризувалися великими значеннями коефіцієнтів накопичення радіонуклідів. Це, зокрема, види *Glomus geosporum* та *Glomus intraradices*. Чи впливають такі автохтонні штами на перехід радіонукліда з ґрунту в інфіковані ними мікоризні рослини? Як зазначають Linderman та Davis [13], деякі комбінації рослин та АМ грибів можуть бути більш вигідні для рослини-господаря, ніж інші, що є свідченням структурних та

функціональних відмінностей не лише між видами, а навіть між морфотипами одного й того ж виду грибів. Це дає підставу стверджувати, що позитивного ефекту інокуляції можна досягнути лише в разі сумісності рослини-господаря та АМ гриба [15]. У цьому експерименті ми використовували комерційний інокулянт *Glomus mosseae*. Очевидно, що для досягнення кращих результатів важливо враховувати походження АМ грибів. Відомо, що інокуляція ґрунту автохтонними (аборигенними) штамми грибів, які краще адаптовані до місцевих умов, ніж алохтонні, позитивно впливає не лише на продуктивність рослин, а й на кількість грибних відростків у ґрунті [11].

Висновки та перспективи подальшого дослідження. У процесі дослідження ефективності передпосівної інокуляції ґрунту арбускулярними мікоризними грибами *Glomus mosseae* під час вирощування огірка звичайного в умовах вегетаційного і польового дослідів встановлено таке:

1. При інокуляції ґрунтів із низьким рівнем радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи штамом арбускулярного мікоризного гриба *Glomus mosseae* біомаса рослин огірка звичайного, вирощуваних на середньосуглинковому та глинистому ґрунтах, виявилася у 1,5 та 2 рази вищою порівняно з рослинами контрольного варіанта.

2. Рослини огірка звичайного, що зростали на інокульованому АМ грибами ґрунті, накопичували таку ж або навіть меншу кількість радіонукліда, ніж ті, що вирощувалися в контрольних варіантах в обох дослідях.

3. Інокуляція ґрунту алохтонними штамми арбускулярних мікоризних грибів не може бути рекомендована для фітореMediaції радіоактивно забруднених земель.

З огляду на те, що результати досліджень щодо можливостей використання АМ грибів для фітореMediaції суперечливі варто було б дослідити роль чинників, які очевидно визначають вплив інокуляції на накопичення радіоцезію мікоризними рослинами.

Автор висловлює подяку проф. А. Мортенссон, д-ру К. Розену та д-ру Б. Недрі за сприяння у проведенні експериментів та визначенні інтенсивності мікоризної інфекції. Фінансову підтримку проекту надав Шведський університет сільськогосподарських наук.

Джерела та література

1. Вінічук М. М. Радіоекологічні функції арбускулярних мікоризних грибів / М. М. Вінічук // Вісн. Запорізьк. нац. ун-ту. Серія : Біологічні науки. – 2014. – № 1. – С. 164–172.
2. Роль арбускулярних мікоризних грибів у накопиченні ¹³⁷Cs рослинами та перспективи їх використання у фітореMediaції ґрунтів : матеріали наук.-практ. конф. з міжнар. участю [«Радіоекологія – 2014»], Київ, 24–26 квіт. 2014 р. – Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2014. – С. 125–130.
3. Кріпка Г. В. Використання арбускулярних мікоризних грибів у фітореMediaції ґрунтів від радіонуклідів : дис. ... канд. біол. наук : 03.00.20 / Кріпка Ганна Володимирівна. – К., 2005. 21 с.
4. Bakken L.R. Accumulation of radiocaesium in fungi / L.R. Bakken, R. A. Olsen // Can. J. Microbiol. – 1990. – № 36. – P. 704–710.
5. Transport of radiocaesium by arbuscular mycorrhizal fungi to *Medicago truncatula* under *in vitro* conditions / H. de Boulois, L. Voets, B. Delvaux, I. Jakobsen, S. Declerck // Environmental Microbiology. – 2006. – № 8. – P. 1926–1934.
6. Extraradical mycelium of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus lamellosum* can take up, accumulate and translocate radiocaesium under root-organ culture conditions / S. Declerck, H. Dupré de Boulois, C. Bivort, B. Delvaux // Environmental Microbiology. – 2003. – № 5. – P. 510–516.
7. Influence of silver and titanium nanoparticles on arbuscular mycorrhiza colonization and accumulation of radiocaesium in *Helianthus annuus* / S. Dubchak, D. Ogar, J. W. Mietelski, K. Turnau // Spanish Journal of Agricultural Research. – 2010. – № 8(1). – P. 103–108.
8. Entry J. A. Accumulation of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr from contaminated soil by three grass species inoculated with mycorrhizal fungi / J. A. Entry, L. S. Astrud, M. Reeves // Environmental Pollution. – 1999. – № 104. – P. 449–457.
9. Screening of plant species for comparative uptake abilities of radioactive Co, Rb, Sr and Cs from soil / S. Gouthu, T. Arie, S. Ambe, I. Yamaguchi // J. Radioanal. Nucl. Chem. – 1997. – № 222. – P. 247–251.
10. Harley J. C. Mycological Symbiosis / J. C. Harley, S. E. Smith. – Academic Press : London, 1983. – 483 p.
11. Resource limitation is a driver of local adaptation in mycorrhizal symbioses / N. C. Johnson, G. W. T. Wilson, M. A. Bowker, J. A. Wilson, R. M. Miller // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2010. – № 107. – P. 2093–2098.
12. No significant contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to transfer of radiocaesium from soil to plants / E. J. Joner, P. Roos, J. Jansa, E. Frossard, C. Leyval, I. Jakobsen // Applied Environmental Microbiology. – 2004. – № 70. – P. 6512–6517.

13. Linderman R. G. Varied response of marigold (*Tagetes* spp.) genotypes to inoculation with different arbuscular mycorrhizal fungi / R. G. Linderman, E. A. Davis // *Scientia Horticulturae* (Canterbury, Engl.). – 2004. – № 99. – P. 67–78.
14. Rogers R.D. Vesicular Arbuscular Mycorrhiza - Influence on Plant Uptake of Cesium and Cobalt / R. D. Rogers, S. E. Williams // *Soil Biology & Biochemistry*. – 1986. – № 18. – P. 371–376.
15. Estudio comparativo del comportamiento de seis cepas de hongos micorróicos arbusculares en su interacción con el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. var. Amalia) / Y. B. Rodríguez, de la Noval, F. Fernández, P. Rodríguez // *Ecología Aplicada*. – 2004. – № 3. – P. 162–171.
16. Rosén K. Arbuscular mycorrhizal fungi mediated uptake of ^{137}Cs in leek and ryegrass / K. Rosén, Z. Weiliang, A. Mårtensson // *Science of the Total Environment*. – 2005. – № 338. – P. 283–290.
17. Vinichuk M. M. Accumulation of ^{137}Cs by fungal mycelium in forest ecosystems of Ukraine / M. M. Vinichuk, K. J. Johansson // *Journal of Environmental Radioactivity*. – 2003. – № 64(1). – P. 27–43.
18. Vinichuk M. M. ^{137}Cs in fungal sporocarps in relation to vegetation in a bog, pine swamp and forest along a transect / M.M. Vinichuk, K. Rosén, A. Dahlberg // *Chemosphere*. – 2013. – № 90. – P. 713–720.
19. Effect of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi on ^{137}Cs uptake by plants grown on different soils / M. M. Vinichuk, A. Mårtensson, T. Ericsson, K. Rosén // *Journal of Environmental Radioactivity*. – 2013a. – № 115. – P. 151–156.
20. Vinichuk M. M. Inoculation with arbuscular mycorrhizae does not improve ^{137}Cs uptake in crops grown in the Chernobyl region / M. M. Vinichuk, A. Mårtensson, K. Rosén. // *J. Environ. Radioact.* – 2013b. – № 126. – P. 14–19.

Виничук Михаил. Арбускулярные микоризные грибы и их влияние на переход радиоцезия из почвы в растения. Использование арбускулярных микоризных грибов *Glomus mosseae* при выращивании огурцов в условиях и вегетационного, и полевого опытов показывает отсутствие их стимулирующего влияния как на величину биомассы исследуемых растений, так и на уровень накопления ими радиоцезия из почвы. Как плоды, так и листья, стебли и побеги огурцов, которые выращивались на почвах различного гранулометрического состава (супесчаной, среднесуглинистой и глинистой), инфицированных спорами арбускулярных грибов, имели такую же или более низкую удельную активность радионуклида и, соответственно, такие же или более близкие значения коэффициентов накопления ^{137}Cs (КН), в сравнении с теми, что выращивались на контрольных вариантах при обоих исследованиях. Показано, что величины КН ^{137}Cs растениями огурцов не зависят от интенсивности микоризной инфекции боковых и дополнительных корней растений.

Ключевые слова: арбускулярные грибы, почва, инокуляция, огурцы, радиоцезий.

Vinichuk Mykhailo. Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on ^{137}Cs Uptake by Plants. The use of arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* when growing cucumbers in both the pot and field experiments shows the lack of a stimulating effect on the plant biomass as well as on the level of radioactive cesium uptake by plants. Fruits, leaves, stems and shoots of cucumber that grow on soil with granulometric composition (loamy sand, loamy and silty clay) infected with spores of arbuscular fungus had the similar or even lower radionuclide activity concentration and under the same or lower transfer factors of ^{137}Cs (TF) than those grown on control treatment in both experiments. It is shown that ^{137}Cs TF of cucumber plants do not depend on the intensity of mycorrhizal infection of additional and lateral roots of plants.

Key words: arbuscular mycorrhizal fungi, soil, inoculation, cucumbers, radiocesium.

Стаття надійшла до редколегії
15.04.2015 р.

УДК 581.5

Марія Гуцман, Сергій Гуцман

Систематична структура адвентивної фракції флори Волинської височини

У статті подано результати дослідження адвентивної фракції флори Волинської височини, яка налічує 446 видів неаборигенної флори, що належать до 270 родів і 79 родин. Аналіз рейтингу провідних родин адвентивної фракції флори Волинської височини свідчить про значний вплив Давнього Середземномор'я на формування сучасної спонтанної флори регіону. Одночас помічено наявність у спектрі провідних родин вихідців із Американського континенту.

Ключові слова: систематична структура, адвентивні види, Волинська височина.