УДК: 630.14.68:238

БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ҐРУНТУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР

О. М. Горєлов, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник відділу дендрології
E-mail: alexgorelov@rambler.ru
Н. Е. Елланська, кандидат біологічних наук,
старший науковий співробітник відділу алелопатії
E-mail: ellanskaya@bk.ru
О. П. Юношева, молодший науковий співробітник відділу алелопатії
E-mail: vandae@ukr.net
О. О. Горєлов, кандидат біологічних наук,
науковий співробітник відділу дендрології
E-mail: dopamin@bk.ru
Національний ботанічний сад Ім. М .М. Гришко НАН України
В. М. Вірьовка, кандидат сільськогосподарських наук,
директор Панфильської дослідної станції
ННЦ „Інститут землеробства НААН України”
E-mail: volodimiv@yandex.ru

Анотація. *Створення та експлуатація енергетичних культур не повинні призводити до виснаження ґрунтів. Дослідження цієї проблеми потребує вивчення ґрунтової мікробіоти як важливого компоненту ґрунту під цими рослинами. Об’єктами досліджень були культури Miscanthus x giganteus, Alnus glutinosa (L.) Gaertn., Salix viminalis L., гібридні верби селекції Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України Salix viminalis x S. caprea та Salix viminalis x S. acutifolia. Інтенсивність мікробіологічних процесів залежала від сезону, метеорологічних умов і екзометаболітів рослин. Аналіз ґрунтової мікробіоти показав, що досліджені культури збагачують ґрунт агрономічно цінними мікроорганізмами та сприяють накопиченню у ньому органічної речовини. Найбільш помітно ці ознаки проявилися у культурах гібридних верб.*

Ключові слова: *мікроміцети, бактерії, целюлозолітична активність, енергетичні культури, гібриди верб*

Актуальність. Використання відновлювальних джерел енергії є альтернативою енергетиці на викопних ресурсах. Аналіз сучасного стану та

перспектив показує, що значна частка у сировинній базі відновлювальної енергетики припадає на рослинну біомасу. За даними Біоенергетичної асоціації України вже сьогодні для виробництва енергії в Україні використовується близько 2 млн т умовного палива, де понад 60 % припадає на деревну біомасу [2]. Тому, різнобічні дослідження рослин, перспективних як джерело такої сировини, є актуальними. Зокрема, вже сьогодні широкого поширення під час створення енергетичних плантацій набули сорти *Miscanthus x giganteus* та види, сорти і гібриди родів швидкорослих деревних рослин [7]. Важливим малодослідженим аспектом у вирощуванні цих рослин залишається вивчення ґрунтів, зокрема їх алелопатичних та мікробіологічних особливостей.

Дослідження взаємовідносин рослин з іншими організмами в природних та штучних фітоценозах має велике теоретичне і практичне значення. Рослини нерозривно пов’язані з усіма ланками єдиної та цілісної системи біоценозу і, в першу чергу, з мікроорганізмами. Останні виконують провідну роль у кругообігу речовин у біогеоценозах завдяки своїй високій фізіологічній активності та різноманітності біохімічних функцій [9, 11]. Тому гетеротрофна частина будь-якого природного та штучного угруповання рослин дуже важлива для їх алелопатичної взаємодії.

Мета досліджень – встановлення характеристик мікробних угруповань прикореневого ґрунту та його біологічної активності під енергетичними рослинами.

Матеріали і методи досліджень. В експериментах аналізували осушувані органогенні ґрунти Панфильської дослідної станції ННЦ «Інститут землеробства НААН» у заплаві р. Супій, яка розташована у лівобережному Лісостепу на сході Київської області. Ґрунт дослідних ділянок карбонатний (37-49 %), pH 7,3-7,8, глибина залягання торфу 3-4 м, розкладеність торфу в орному шарі 65-70 %. Зразки ґрунту для досліджень відбирали із прикореневої зони рослин за фазами розвитку: початку формування асиміляційної системи та лінійного росту пагонів (квітень), під час завершення формування пагонової системи (липень) і наприкінці вегетації (жовтень). Об’єктами досліджень були

енергетичні культури Панфильської дослідної станції: *Miscanthus x giganteus, Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., клону енергетичного сорту польської селекції *Salix viminalis* L. та гібридних верб селекції д.б.н. О.М. Горєлова (Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України) *Salix viminalis x S. caprea* та *Salix viminalis x S. acutifolia.* Контролем слугував ґрунт, який не зазнавав алелопатичного впливу цих рослин.

Алелопатичну активність грунту визначали методом прямого біотестування [4]. Виділення мікроорганізмів із свіжо відібраних зразків ґрунту здійснювали методом посіву ґрунтових суспензій у відповідних розведеннях на селективні агаризовані живильні середовища за загальноприйнятими у ґрунтовій мікробіології методиками [10, 6]. Спрямованість мікробіологічних процесів визначали за [1, 8]**.** Целюлолітичну активність визначали за методом О.І. Пушкінської [5]. Статистичну обробку даних зроблено з використанням пакету програм *Microsoft Excel.*

Результати досліджень та їх обговорення. Отримані дані свідчать, що навесні показники алелопатичної активності ґрунту досліджених культур відрізнялись від контрольних значень несуттєво (рис. 1). Влітку ця тенденція зберігалась, за виключенням ґрунту під *M. x giganteus* та *S. viminalis,* де спостерігався стимулюючий ефект щодо тест-культури. За відсутності необхідної кількості опадів влітку до осені у ґрунті під рослинами накопичились алелопатичні речовини, що і призвело до пригнічення росту коренів крес-салату. Найширшою амплітудою коливань показників – від стимулювання до інгібування – відрізнявся ґрунт під *S. viminalis x S. acutifolia* та *S. viminalis.* У цілому усі досліджені культури не проявили суттєвої алелопатичної активності.

Біологічні властивості ґрунтів значною мірою залежать від різноманіття ґрунтових мікроміцетів. У результаті проведених досліджень встановлено, що динаміка сезонних коливань чисельності мікроміцетів у ґрунті відрізнялась в

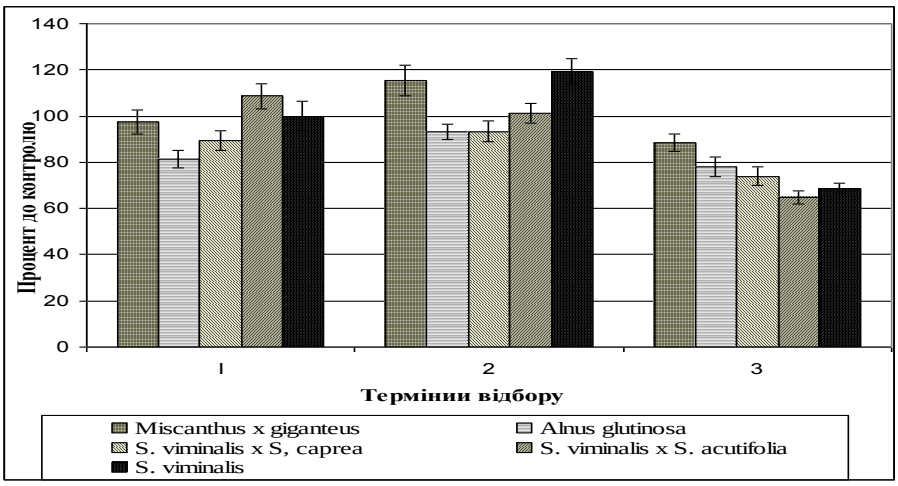

Рис. 1. Алелопатична активність ґрунту під енергетичними культурами; терміни відбору зразків: 1 – квітень; 2 – липень; 3 – жовтень.

залежності від культури і перевищувала значення контрольного варіанту (рис. 2). Види *S. viminalis* та *M. x giganteus* характеризувались подібною картиною динаміки чисельності мікроміцетів за термінами відбору: максимальна – навесні, мінімальна – влітку, та знову зростання восени. Обернена залежність була притаманна гібридам *S. viminalis x S. caprea* та *S. viminalis x S. acutifolia*. Своєю активністю особливо відзначилась коренева зона *A. glutinosa* у всі терміни відбору.

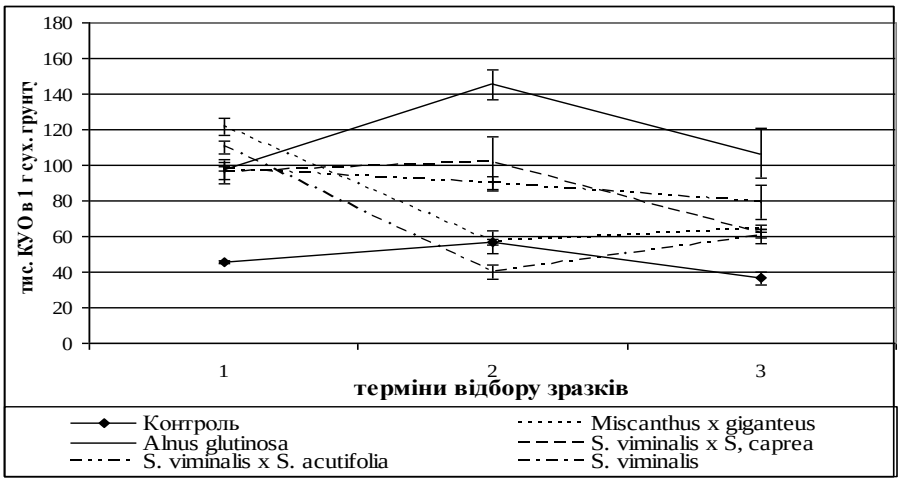

Рис. 2. Чисельність мікроміцетів у ґрунті під енергетичними культурами.

Примітка: позначення як на рис. 1.

Кількість актиноміцетів у дослідних зразках ґрунту була меншою за контроль (за виключенням кореневої зони *A. glutinosa* – навесні та *M. x giganteus* і *S. viminalis x S. acutifolia* – восени) (рис. 3). Динаміка даного показника відповідала загальній тенденції – поступове зниження чисельності актиноміцетів влітку і таке ж поступове її зростання восени майже до того ж рівня, який реєстрували навесні. Кореневі виділення *S. viminalis x S. caprea* пригнічували розвиток актиноміцетів в осінній період. Отримані нами результати, в основному, підтверджують висновки ряду авторів щодо зростання кількості актиноміцетів восени, коли ґрунт збагачується органічними речовинами, розмноження бактерій уповільнюється, а абсолютна та відносна чисельність актиноміцетів зростає [1].

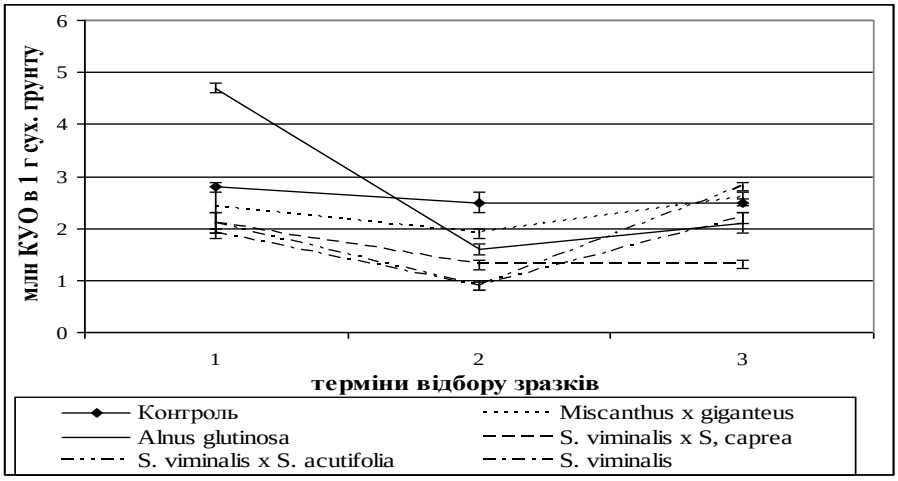

Рис. 3. Чисельність актиноміцетів у ґрунті під енергетичними культурами.

Примітка: позначення як на рис. 1.

Кількість амоніфікаторів у ґрунті під дослідженими рослинами на початку та в кінці вегетаційного періоду залишилась приблизно на одному рівні (рис. 4). Суттєві відмінності спостерігались у динаміці даного показника. Так, влітку у ґрунті під гібридними вербами їх кількість була більшою, ніж у інших культур, що свідчить про значне збагачення ґрунту органічною речовиною рослинного походження. Найбільшою чисельністю мікроорганізмів, які

споживають органічні форми азоту, відрізнялась коренева зона *A. glutinosa*, найменшою – *M. x giganteus*.

На відміну від попередньої групи, динаміка чисельності мікроорганізмів – іммобілізаторів мінерального азоту у ґрунті дослідних зразків відрізнялась

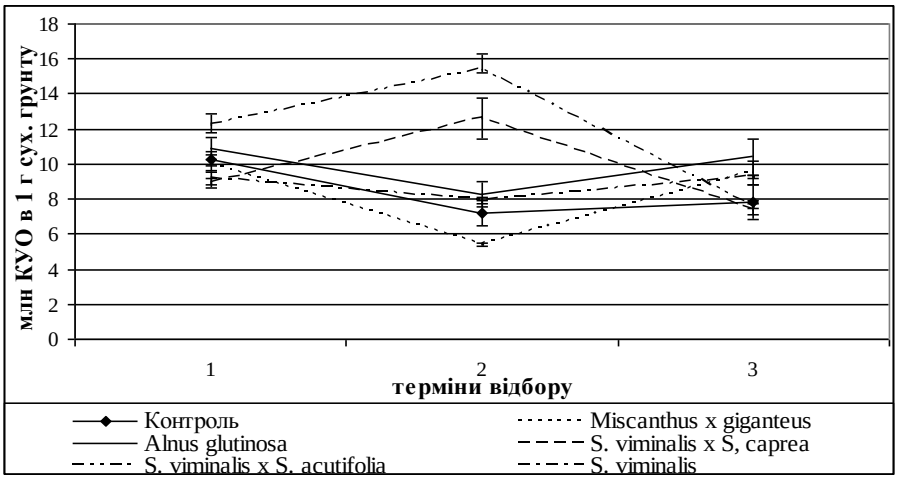

Рис. 4. Чисельність амоніфікаторів у ґрунті під енергетичними культурами.

Примітка: позначення як на рис. 1.

поступовим зростанням їх кількості влітку. Це може свідчити про прискорення процесів мінералізації свіжої органічної речовини. Восени спостерігалось незначне зниження їх чисельності (рис. 5). Найширшу амплітуду зміни цього показника було відмічено у кореневій зоні *A. glutinosa*.

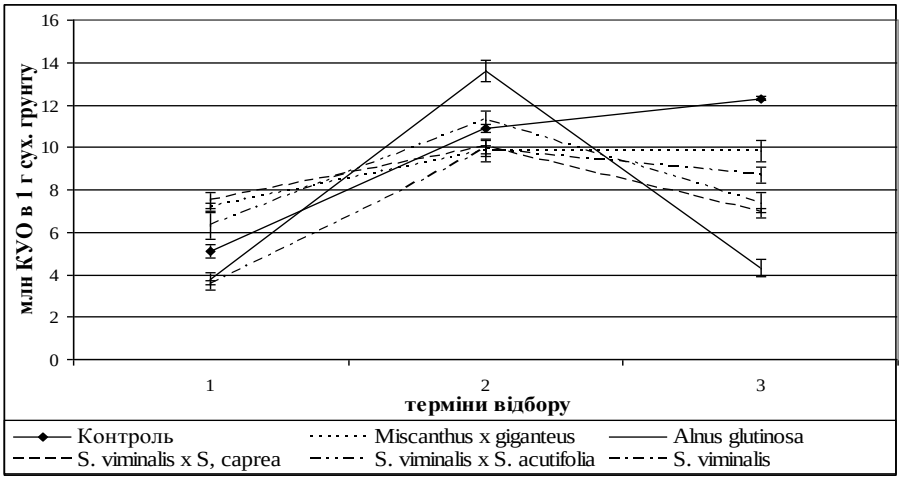

Рис. 5. Чисельність мікроорганізмів-іммобілізаторів мінерального азоту у ґрунті під енергетичними культурами.

Примітка: позначення як на рис. 1.

Відомо, що загальна чисельність амоніфікаторів та мікроорганізмів, які засвоюють мінеральний азот, свідчить про інтенсивність мікробіологічних процесів трансформації органічних та мінеральних сполук азоту, і чим більшою є їх кількість, тим інтенсивніше відбуваються ці процеси та вищою є активність ґрунту [8]. Співвідношення чисельності мікроорганізмів, які споживають мінеральні форми азоту, та амоніфікаторів свідчить про інтенсивність процесів мінералізації рослинних решток і є коефіцієнтом мінералізації-іммобілізації. На початку досліду у всіх варіантах значення коефіцієнту були невисокими (0,4 – 0,8), особливо у ґрунті під *A. glutinosa* (рис. 6). Влітку, при підвищенні чисельності мікроорганізмів-іммобілізаторів мінерального азоту, посилились і процеси мінералізації органічної речовини, про що свідчить зростання значень коефіцієнта від 0,7 до 1,8 (особливо у прикореневому ґрунті *M. x giganteus* – 1,8 та *A. glutinosa* – 1,6). Слід відмітити стабільність коефіцієнта мінералізації протягом термінів відбору у кореневій зоні гібридних верб, де не спостерігалось їх різких коливань, як у інших варіантах. Загалом, значення коефіцієнта мінералізації свідчать про відсутність напруженості мінералізаційних процесів у досліджених ґрунтах.

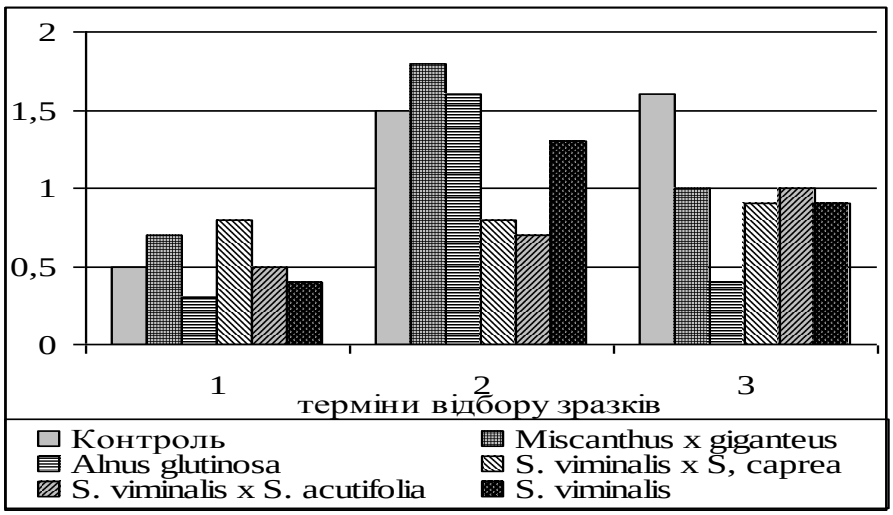

Рис. 6. Коефіцієнт мінералізації-іммобілізації у ґрунті під енергетичними культурами.

Примітка: позначення як на рис. 1.

Динаміка показників трансформації органічних сполук ґрунту мала протилежну закономірність щодо показників коефіцієнта мінералізації (рис. 7). Найбільших значень вони досягали у ґрунті під *A. glutinosa* (навесні та восени) і *S. viminalis x S. acutifolia* (навесні та влітку).

Оскільки целюлоза є одним із основних компонентів рослинних залишків, інтенсивність розкладу клітковини мікроорганізмами є важливим показником біологічної активності ґрунту. Інтенсивність мінералізації клітковини залежить від чисельності й активності целюлозолітичних мікроорганізмів [3].

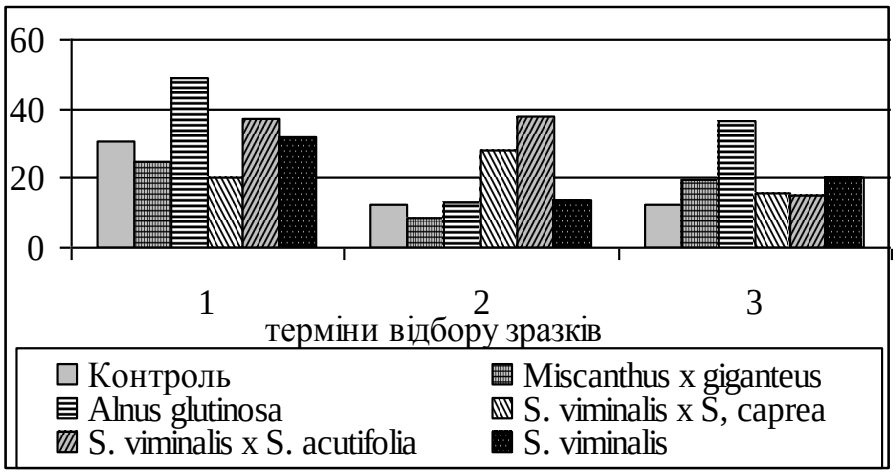

Рис. 7. Показник трансформації органічної речовини у ґрунті під енергетичними культурами.

Примітка: позначення як на рис. 1.

На початку вегетації рослин у ґрунті під дослідними культурами кількість целюлозолітичних мікроорганізмів була вищою за контроль, особливо у кореневій зоні *M. x giganteus* (рис. 8).

Влітку відмічено зростання їх чисельності, але не у всіх варіантах. Виключення складав ґрунт кореневої зони *M. x giganteus* та *S. viminalis,* де їх кількість незмінно зменшувалась протягом вегетаційного сезону. Наприкінці вегетаційного періоду даний показник суттєво перевищував контрольні значення у всіх досліджених рослин. У ґрунті під *A. glutinosa* і *S. viminalis x S. acutifolia* ця група мікроорганізмів досягала своїх максимальних значень саме в осінній період.

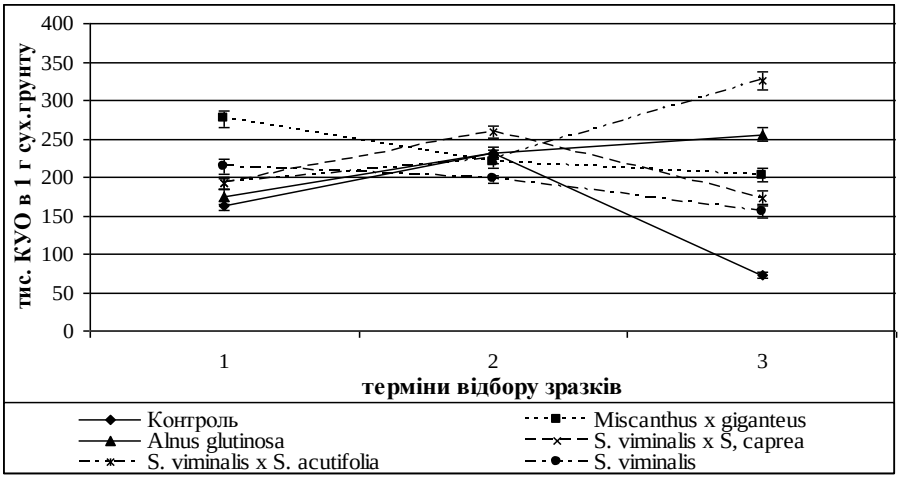

Рис. 8. Чисельність целюлозолітичних мікроорганізмів у ґрунті під енергетичними культурами.

Примітка: позначення як на рис. 1.

У дослідах целюлозолітичну активність оцінювали за ступенем розкладу фільтрувального паперу на середовищі Гетчинсона. ЇЇ показники корелювали з чисельністю целюлозолітичних мікроорганізмів, окрім ґрунту під *A. glutinosa*, де розклад клітковини не перевищував 27,5 % (рис. 9). Мікроорганізми під усіма іншими дослідженими енергетичними культурами відзначалися досить високою активністю – розклад клітковини складав від 32,5 % (*M. x giganteus*) до 72,5 % (*S. viminalis x S. acutifolia*). Значення чисельності та активності розкладу целюлози переважали у ґрунті культур гібридних верб порівняно з іншими дослідними рослинами.

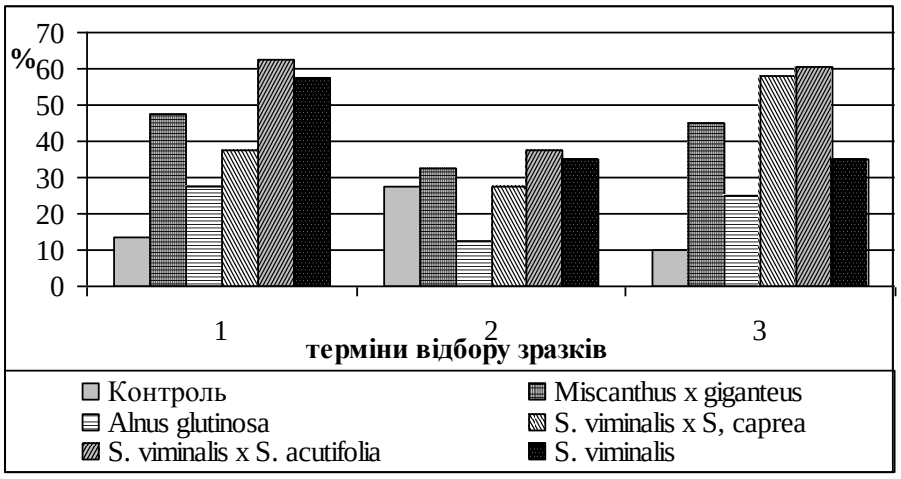

Рис. 9. Розклад клітковини у ґрунті під енергетичними культурами.

Примітка: позначення як на рис.1.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Мікробіологічний аналіз ґрунту під різними енергетичними культурами свідчить про те, що кореневі виділення рослин створюють сприятливі умови для життєдіяльності мікроорганізмів. Усі досліджені культури не проявили суттєвої алелопатичної активності, а тривалий посушливий період (3 місяці) призвів до накопичення у ґрунті під рослинами алелопатичних речовин, що і викликало інгібування приросту тест-культури.

Інтенсивність мікробіологічних процесів залежала від сезону, метеорологічних умов і екзометаболітів рослин.

За характеристиками подібності ґрунтових мікробіот досліджених рослин встановлено три групи: гібридні верби *S. viminalis x S. caprea* і *S. viminalis x S. acutifolia; M. x giganteus* і *S. viminalis; A. glutinosa*. Нами виявлено позитивний вплив на мікробний ценоз ґрунту гібридів *S. viminalis x S. caprea* і *S. viminalis x S. acutifolia*, які збагачують його амоніфікаторами та целюлозолітичними мікроорганізмами, що сприяє накопиченню у ґрунті органічних речовин. На жаль, цього не можна сказати про *M. x giganteus* і *S. viminalis*, де відмічені протилежні тенденції. Мікробіота *A. glutinosa* відрізняється від інших варіантів за усіма показниками. Ймовірно, це пов’язано із біологічними особливостями культури. Вважаємо, що подальші дослідження дозволять встановити більш загальні закономірності процесів у ґрунтах під енергетичними культурами.

Список літератури

1. Андреюк Е. И. Инструментальные методы в почвенной микробиологии / Е. И. Андреюк, Е. В. Валагурова, Н. Н. Мальцева. – К. : Наук. думка, 1982. – 220 с.
2. Галетуха Г. Г. Біоенергетика в Україні: стан розвитку, бар’єри та шляхи їх подолання /Г. Г. Галетуха, Т. А. Желєзна // Біоенергетика, № 1, 2014. – С. 16–19.
3. Головко Э.А. Аллелопатическое почвоутомление и фитотоксические свойства почвенных микроскопических грибов / Э. А. Головко, И. А. Элланская, Е. Ю. Кострома // Аллелопатия в естественных и исскуственных фитоценозах. – К. : Наук. думка, 1982. – С. 86–95.
4. Гродзинский А. М. Прямые методы биотестирования почвы и метаболитов микроорганизмов / Гродзинский А. М., Кострома Е. Ю.,

Шроль Т. С. та ін. // Аллелопатия и продуктивность растений. – 1990. – С. 121–124.

5.Звягинцев Д. Г. Новые подходы к изучению сукцессий микроорганизмов в почве / Д. Г. Звягинцев, Г. А Кочкина, П. А. Кожевин // Почвенные организмы как компонент биогеоценоза. – М. : Наука, 1984. – С. 81–103.

6. Елланська Н. Е. Мікробні угруповання прикореневого ґрунту представників роду *Vitex* L. / Н. Е. Елланська, Н. Я. Левчик, О. П. Юношева // Gruntoznavstvo. Soil science. Ґрунтознавство. Kyiv – Dnipropetrovsk Vol. 14. no. 1-2 (22). – 2013. – С. 61–69.

7. Енергетична верба: технологія вирощування та використання / під ред. д.с-г.н. В. М. Сінченка. – Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД, 2015. – 340 с.

8. Муха В. Д. Естественно-антропогенная эволюция почв / В. Д. Муха. – М.: Колос, 2004. – 271 с.

9. Симочко Л. Ю. Спрямованість мікробіологічних процесі у ґрунті агробіоценозів при застосуванні різних агрозаходів / Л. Ю. Симочко, В. В. Симочко, І. Й. Бігарій // Наук. вісник Ужгородського ун-ту. Серія Біологія. – Ужгород, 2010. – № 28. – 162 с.

10. Теппер Е. З. Практикум по микробиологии / Е. З. Теппер, В. К. Шильникова, Г. И. Переверзєва. – М.: Дрофа, 2005. – 256 с.

11. Van der Heiden Marcel G.A. The unseen majority. Soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems /Van der Heiden Marcel G.A., Bargett Richard D., van Straalen Nico M. // Ecol. Lett., 2008. – Vol. 11, №3. – P. 296–310.

References

1. Andreyuk, E. I., Valagurova, E. V., Maltseva, N. N. (1982). Instrumentalnye metody v pochvennoy mikrobiologii [Instrumental methods in soil microbiology] Kyiv, Ukraine: Naukova dumka, 220.

2. Galetukha, G.G., Zhelyezna, T.A. (2014). Bioenergetyka v Ukraini: stan rozvytku, barjery ta shlyakhy ih podolannya [Bioenergy in Ukraine: state development obstacles and ways of overcoming them]. Bioenergetyka. No. 1, Ukraine, 16–19.

3. Golovko, Je.A., Ellanskaya, I.A., Kostroma, E.Ju. (1982). Allelopaticheskoe pochvoutomlenie i fitotoxicheskie svoistva pochvennyh mikroskopicheskih gribov [Allelopathic soil fatique and phytotoxic properties of soil microscopic fungi] Allelopatija v estestvennyh i isskustvennyh fitocenozah. – K. : Nauk. dumka,. – S. 86–95.

4. Grodzinskiy, A.M., Kostroma, Ye.Yu., Shrol, T.S., Khokhlova, I.G. (1990). Prjamye metody biotestirovaniya pochvy i metabolitov mikroorganizmov [Direct methods of soil bioassay and microorganism metabolites]. Allelopatiya i produktivnost rasteniy: Sb. nauch. tr. Kyiv, Ukraine: Naukova dumka, 121–124.

5. Zvyagintsev, D.G. Kochkina, G.A, Kozhevin, P.A. (1984). Novye podhody k izucheniyu sukcessiy mikroorganizmov v pochve [New approaches to the research

of microorganisms succession in soil] Pochvennye organizmy kak komponent biogeotsenoza. – M : Nauka, 1984. – S. 81–103.

6. Ellanska, N.E., Levchyk, N.Ja., Yunosheva, O.P. (2013). Mikrobni ugrupovannya prykorenevogo gruntu predstavnykiv rodu *Vitex* L. [Rhyzosphere microbial community of genus *Vitex* L. representatives]. Gruntoznavstvo. Soil Science. Kyiv – Dnipropetrovsk. Vol. 14. No. 1–2 (22), Ukraine, 61–69.

7. Energetychna verba: tehnologiya vyroshchuvannya ta vykorystannya /pid red. d.s-g.n. V.M. Sinchenka (2015). [Energy willow, growing technology and use / ed. Doc. of agricultural sciences]. Vinnytsya: TOV «Nilan-LTD», Ukraine, 340.

8. Mukha, V.D. (2004). Estestvenno-antropogennaya evolyutsiya pochv [Naturally-anthropogenic evolution of soil]. Moskva, Russian: Kolos, 271.

9. Symochko, L.Ju., Symochko, V.V., Bigariy, I.J. (2010). Spryamovanist mikrobiologichnykh procesiv u grunti agrobiocenoziv pry zastosuvanni riznykh agrozahodiv [Directivity of microbiological processes in soil agrobiocenoses under different agro-techniques] Nauk. visnyk Uzhgorodskogo un-tu. Seriya Biologia. 28. Uzhgorod, Ukraine, 162.

10. Tepper, E.Z. Shilnikova, V.K., Pereverzeva, G.I. Praktikum po mikrobiologii [Microbiology practicum]. M.: Drofa, 2004. – 256.

11. Van der Heiden Marcel, G.A., Bargett Richard, D., van Straalen Nico, M. (2008). The unseen majority. Soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. Ecol. Lett. 11 (3), English, 296–310.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КУЛЬТУР

А. М. Горелов, Н. Э. Элланская, Е. П. Юношева, А. А. Горелов, В. М. Веревка

Аннотация. *Создание и эксплуатация энергетических культур не должны приводить к истощению почв. Исследование этой проблемы требует изучения почвенной микробиоты как важного компонента почвы. Объектами исследований служили культуры: Miscanthus x giganteus, Alnus glutinosa (L.) Gaertn., Salix viminalis L., гибридные ивы селекции Национального ботанического сада им. Н.Н. Гришко НАН Украины: Salix viminalis x S. caprea та Salix viminalis x S. acutifolia. Интенсивность микробиологических процессов зависила от сезона, метеорологических условий и экзометаболитов растений. Анализ почвенной микробиоты показал, что исследованные культуры обогащают почву агрономически ценными микроорганизмами и способствуют накоплению органического вещества. Наиболее заметно эти признаки проявились в культурах гибридных ив.*

Ключевые слова: *микромицеты, бактерии, целлюлозолитическая активность, энергетические культуры, гибриды ив*

BIOLOGICAL ACTIVITY OF ENERGY CROPS SOIL

O.M. Gorelov, N. E. Ellanska, O.P. Yunosheva, O.O. Gorelov, V.M. Viriovka

Abstract. *The energy crops creation and maintenance should not lead to the soil depletion. The investigation of this problem requires a study of soil microbiota as an important component of soil. As the objects of research were cultures of Miscanthus x giganteus, Alnus glutinosa (L.) Gaertn., Salix viminalis L., hybrid willows of M.M. Gryshko National Botanical Gardens NAS breeding Salix viminalis x S. caprea and Salix viminalis x S. acutifolia. The intensity of microbiological processes depends on the season, environmental conditions, the plant metabolites physiological and biochemical characteristics. Analysis of the soil microbiota showed that the studied cultures enrich soil with agronomic valuable microorganisms and contribute to the accumulation of organic matter. It was more actually for hybrid willows culture.*

Keywords: *micromycetes, bacteria, cellulolytic activity, energy plants, willow hybrids*