

Н. Е. Елланська, к.б.н., старший науковий співробітник

Г. І. Скрипка, к.б.н., науковий співробітник

О. П. Юношева, молодший науковий співробітник

Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України

вул. Тімірязєвська, 1, Київ, 01014, Україна, тел.: (044) 285-41-05, e-mail:

n.ellanska@gmail.com

МІКРОБНІ УГРУПОВАННЯ ТА БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ПРИКОРЕНЕВОГО ҐРУНТУ РОСЛИН *PHLOX PANICULATA* L.

Важливим малодослідженим аспектом у вирощуванні рослин *Phlox paniculata* L. залишається вивчення ґрунтів, зокрема їх алелопатичних та мікробіологічних особливостей. Вивчено мікробні угруповання прикореневого ґрунту та його біологічну активність під рослинами різних сортів *Phlox paniculata* L. Зразки ґрунту відбиралися з колекційної ділянки відділу квітниково-декоративних рослин Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України з центральних частин рослинних популяцій інтродукованих в Україні сортів *Phlox paniculata* L., у період найбільшої активності – фази бутонізації-цвітіння. Алелопатичну активність ґрунту визначали методом прямого біотестування. Мікробіологічні аналізи проводились за загальноприйнятими у ґрунтовій мікробіології методиками. Встановлено, що під дією екзометаболітів *Phlox paniculata* L. оточуючий ґрунт набуває незначних фітотоксичних властивостей. Найменшу кількість усіх функціональних та еколого-трофічних груп мікроорганізмів було виявлено у ризосферному ґрунті рослин сорту Ранианка. У ґрунті рослин сорту Novinka, який відрізнявся найбільшою чисельністю досліджених мікроорганізмів, інтенсивніше проходили й мікробіологічні процеси. Зроблено висновок, що чисельність мікроорганізмів закономірно пов'язана з сортовими особливостями *Phlox paniculata* L., накопиченням у ґрунті алелопатично активних речовин та інтенсивністю фізіологічних процесів, що відбуваються у ньому.

Ключові слова: *Phlox paniculata* L.; прикореневий ґрунт; алелопатія; мікроміцети; бактерії

Флокси (*Phlox* L.) належать до провідних квітниково-декоративних багаторічників, які характеризуються великою різноманітністю габітусу, забарвленням квіток, рясним і тривалим цвітінням, ароматом [15]. Рід *Phlox* L. налічує близько 65 видів. Найвідоміший у культурі флокс волотистий (*Phlox paniculata* L.), який є результатом складної міжвидової та міжсортової гібридизації й нараховує від 2000 до 3000 сортів [8]. У Державному реєстрі сортів рослин,

придатних для поширення в Україні, на 2017 рік наявні 12 сортів *Phlox paniculata* L. Серед них три дослідних сорти – Holubka, Novinka, Panianka.

У літературі багато уваги приділяється мікроорганізмам, які викликають захворювання рослин *Phlox paniculata* [5]. Важливим та малодослідженим аспектом у вирощуванні цих рослин залишається вивчення ґрунтів, зокрема їх алелопатичних та мікробіологічних особливостей.

Коріння рослин із ґрунтом, що його оточує, утворює динамічну багатоконпонентну екосистему, в якій функціонують корисні, шкідливі та нейтральні для рослини мікроорганізми. Корінь впливає на прилеглий ґрунт, виділяючи сполуки, що змінюють активність мікроорганізмів, які колонізують ризосферу [3]. Ризосферний ґрунт є одним із найважливіших учасників алелопатичної взаємодії рослин. Саме тут накопичується основна маса летких і водорозчинних речовин ценозу (приблизно до 68–99%), відбувається виділення й поглинання речовин, обмін метаболітами між вищими рослинами та мікроорганізмами.

У більшості екологічних досліджень ризосфери увага зосереджується на взаємодії кореневої системи рослини з бактеріями та грибами. Загальновідомо, що ці групи мікроорганізмів виконують важливі функції в екосистемах ґрунту [14].

Мета досліджень – вивчення мікробних угруповань прикореневого ґрунту та його біологічної активності під рослинами різних сортів *Phlox paniculata*.

Матеріали та методи досліджень

В умовах Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України (НБС НАНУ) на колекційній ділянці відділу квітничково-декоративних рослин вивчали прикореневий ґрунт рослин інтродукованих в Україні сортів *Phlox paniculata*. Основним типом ґрунту є темно-сірий опідзолений. Зразки ґрунту відбиралися з центральних частин рослинних популяцій, оскільки в них накопичується найбільша кількість біологічно активних сполук. Було взято до уваги і такий фактор, як підбір сортів для порівняння їх у період найбільшої активності – фази бутонізації-цвітіння. Відомо, що у цей період у рослин найінтенсивніше проходять процеси синтезу органічних сполук та їх виділення в навколишнє середовище.

Для дослідження було обрано нові та старі сорти вітчизняної й закордонної селекції з різним ступенем стійкості рослин до ураження збудником борошнистої роси (гриб *Erysiphe cichoracearum* DC. f. *phlogis* Jacz.). Оцінювання стійкості рослин до ураження проводили відповідно до Методики державного сорто-випробування за 5-ти бальною системою [9]. Рослини сорту Fiosin та Novinka отримали 4 бали (уражено більше половини всіх листків), Holubka – 2 бали (незначно уражено окремі листки), Panianka – 0 балів (не виявлено ураження).

Алелопатичну активність ґрунту визначали методом прямого біотестування [4]. Вона розраховується за приростом корінців рослинного тесту (крес-

салату) в міліметрах і виражається у % до контролю. Метод дозволяє швидко отримати оцінку алелопатичної напруги ґрунту та фітотоксичності мікроорганізмів і відрізняється високою чутливістю, порівняно нескладний та зручний для масових аналізів. За контроль було обрано ґрунт, який не зазнав алелопатичної дії цих рослин.

Дослідження було зосереджено у верхньому прикореневому шарі ґрунту (0–20 см) рослин. Виділення мікроорганізмів зі свіжо відібраних зразків ґрунту (у трикратній повторності) здійснювали методом посіву ґрунтових суспензій у відповідних розведеннях на селективні агаризовані живильні середовища за загальноприйнятими у ґрунтовій мікробіології методиками [11].

На м'ясо-пептонному агарі (МПА) вираховували чисельність бактерій, що засвоюють нітроген органічних сполук; на крохмале-аміачному агарі (КАА) – чисельність бактерій, що засвоюють мінеральні форми нітрогену, на картопляно-глюкозному агарі (КА) – мікроміцети. Кількість колоній, яку підраховували при посівах ґрунтових суспензій, було зумовлено кількістю колонієутворюючих одиниць (КУО).

Спрямованість мікробіологічних процесів визначали за [1]. Показник мікробіологічної трансформації органічної речовини ґрунту розраховували за співвідношенням сумарної кількості мікроорганізмів на МПА і КАА та показника мінералізації [10]. рН ґрунтових суспензій – 7,1 – 7,5. Ідентифікацію мікроміцетів ґрунту проводили за [13].

Статистичне опрацювання даних проводили згідно з методикою біометричних розрахунків Г. Н. Зайцева [7] та за допомогою пакету програм *Microsoft Excel*.

Результати досліджень та їх обговорення

Алелопатичні дослідження показали, що екзометаболіти *Phlox paniculata* чинять неоднаковий вплив на оточуючий ґрунт, але, в цілому, він набуває фітотоксичних властивостей (табл. 1). Особливо відзначився сорт *Holubka*, де пригнічення біотестів складало 43 %. Показники сортів *Novinka* та *Fiosin* були близькі та становили 24,4–28,6 %. Сорт *Panianka* займає проміжне значення.

Кореневі виділення вищих рослин є невід'ємним і одним із головних компонентів алелопатії. Саме вони істотно впливають на розвиток мікроорганізмів і тому у ризосфері краще всього проявляється різниця в чисельності та активності мікроорганізмів під дією рослинних угруповань та окремих видів рослин [12].

Біологічні властивості ґрунтів значною мірою залежать від біорізноманіття ґрунтових мікроміцетів, які займають важливе місце серед мікродеструкторів органічної речовини рослинного походження, і є важливим компонентом та досить чутливим інтегральним показником стану біоти наземних екосистем [3, 16]. У результаті проведених досліджень встановлено, що чисельність мікромі-

цетів у прикореневому ґрунті дослідних рослин була на рівні контролю у сорту Novinka (табл. 1). Ґрунт рослин сортів Holubka та Panianka відрізнявся низькою їх кількістю, а у сорту Fiosin – перевищував показники усіх інших варіантів.

Таблиця 1

**Біологічна активність ґрунту під рослинами різних сортів
Phlox paniculata колекції НБС НАНУ**

№	Варіанти дослідів	Алелопатична активність, % до контролю	Мікроміцети, 10 ³ КУО/1 г сухого ґрунту	Актиноміцети, 10 ⁶ КУО/ 1 г сухого ґрунту
1	Контроль	-	31,6 ± 2,10	1,0 ± 0,11
2	Holubka	57,1	25,6 ± 2,72	1,1 ± 0,05
3	Panianka	68,5	22,9 ± 2,29	0,4 ± 0,10
4	Novinka	71,4	32,2 ± 6,60	1,6 ± 0,07
5	Fiosin	75,6	42,9 ± 2,21	1,2 ± 0,10

Як відомо, ґрунтові мікроміцети можуть бути одним із факторів алелопатичної дії на рослини, джерелом фітотоксичних сполук. У всіх варіантах основу мікроміцетних комплексів формували види грибів-деструкторів рослинних решток та корневих виділень, які належать до рр. *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus* та *Mucor*. Найпоширенішими виявились представники роду *Penicillium*. Це можна пояснити їх високою спороутворювальною здатністю та гнучкою адаптацією до несприятливого температурного режиму й вологості, особливо влітку. Під усіма дослідними варіантами розширювався видовий склад ґрунтових грибів. Серед них значну частку складали умовно патогенні види з роду *Fusarium*. Види р. *Fusarium*, завдяки потужному ферментативному апарату, що дозволяє їм існувати на різноманітних субстратах, відрізняються значною мінливістю та екологічною пластичністю. Наявність або відсутність патогенних грибів у кореневій зоні стійких і уразливих сортів рослин пов'язано зі значними відмінностями складу (зокрема, амінокислотного) їхніх корневих виділень [3]. Також з'явилася велика кількість меланінвмісних колоній, що, можливо, викликано мульчуванням рослин торфом. Розширення видового спектру, яке відбувається за рахунок видів р. *Fusarium* та темнозбарвлених видів, на думку ряду авторів [6], свідчить про напруженість мікробного ценозу ґрунту. Ризосфера сорту Fiosin відрізнялася більш «здоровим» мікоценозом з відсутністю факультативних патогенів.

Значну роль у родючості ґрунту відіграють ґрунтові актиноміцети. Їм притаманна висока фізіологічна активність. Вони можуть розвиватись на різноманітних субстратах, а також продукувати антибіотичні та фітотоксичні спо-

луки [1]. Найменша кількість актиноміцетів спостерігалась у ризосфері сорту Радіанка, а найбільша – у сорту Novinka (табл. 1). Значення усіх інших дослідних варіантів були на рівні контролю.

Щодо амоніфікаторів, як і у попередніх двох груп мікроорганізмів, найменшою їх чисельністю відрізнявся ґрунт сорту Радіанка, хоча і всі інші варіанти не перевищували контрольні дані (табл. 2).

Кількість іммобілізаторів мінерального нітрогену у ризосфері сорту Радіанка також була найменшою серед усіх варіантів. У сортів Fiosin і, особливо Novinka, значення цієї групи мікроорганізмів були більші за контрольні у 1,4 та 1,6 разів відповідно (табл. 2).

Таблиця 2

Чисельність мікроорганізмів, які споживають різні форми нітрогену та направленість мікробіологічних процесів у прикореневому ґрунті рослин сортів *Phlox paniculata* колекції НБС НАНУ

№	Варіанти дослідів	Амоніфікатори, 10 ⁶ КУО/1 г сухого ґрунту	Іммобілізатори мінерального нітрогену, 10 ⁶ КУО/1 г сухого ґрунту	Коефіцієнт мінералізації	Показник трансформації органічної речовини
1	Контроль	10,1 ± 0,60	6,0 ± 0,71	0,6	26,8
2	Holubka	7,4 ± 0,31	6,3 ± 0,90	0,9	15,2
3	Радіанка	6,0 ± 0,55	4,6 ± 0,30	0,8	13,3
4	Novinka	10,0 ± 0,63	9,3 ± 0,65	0,9	21,4
5	Fiosin	7,7 ± 0,40	8,4 ± 0,74	1,1	14,6

Співвідношення чисельності мікроорганізмів-іммобілізаторів мінерального нітрогену та амоніфікаторів (коефіцієнт мінералізації-іммобілізації) характеризує інтенсивність процесів мінералізації рослинних решток [2]. Значення коефіцієнта мінералізації у дослідних зразках були близькі до 1, що свідчить про відсутність напруженості мінералізаційних процесів у ґрунті під флоксами (табл. 2). Показник трансформації органічної речовини був найменшим у ризосфері сорту Радіанка, а найбільшим – у сорту Novinka, що вказує на накопичення гумусу (табл. 2). Всі інші дослідні варіанти майже не відрізнялися між собою.

Таким чином, результати алелопатичних, мікробіологічних та мікологічних досліджень ґрунту різних рослин *Phlox paniculata* на колекційній ділянці НБС НАНУ показали, що чисельність мікроорганізмів закономірно пов'язана з сортовими особливостями. Сорти Fiosin та Novinka, які відносяться до однієї групи стійкості до борошнистої роси, проявляли однакову алелопатичну активність і мали подібний мікробіоценоз, хоча останній відрізнявся найбільшою чисельністю досліджених мікроорганізмів. Найменшу кількість усіх функціо-

нальних та еколого-трофічних груп мікроорганізмів було виявлено у ризосфері сорту Радіанка, який є стійким до ураження хворобою. Вважаємо, що подальші дослідження дозволять встановити більш загальні закономірності процесів у ґрунтах під рослинами *Phlox paniculata*.

Висновки

1. Під дією екзометаболітів *Phlox paniculata* оточуючий ґрунт набуває незначних фітотоксичних властивостей.

2. Найменшу кількість усіх функціональних та еколого-трофічних груп мікроорганізмів було виявлено у ризосфері рослин сорту Радіанка. У ґрунті рослин сорту Новінка, який відрізнявся найбільшою чисельністю досліджених мікроорганізмів, інтенсивніше проходили й мікробіологічні процеси.

3. Видовий склад мікроміцетів дослідних зразків свідчив про напруженість мікробного ценозу ґрунту, за виключенням ризосфери сорту Фіосін.

4. Чисельність мікроорганізмів закономірно пов'язана з сортовими особливостями *Phlox paniculata*, накопиченням у ґрунті алелопатично активних речовин та інтенсивністю фізіологічних процесів, що відбуваються у ньому.

Стаття надійшла до редакції 12.09.2017

Список використаної 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. Андреюк К. І. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження / К. І. Андреюк, Г. О. Іутинська, А. Ф. Антипчук та ін. – К. : Наук. думка, 2001. – 240 с.
3. Антоняк Г. Л. Екологія грибів : монографія / Г. Л. Антоняк, З. І. Калинець-Мамчур, І. О. Дудка, Н. О. Бабич, Н. Є. Панас // Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2013 – 628 с.
4. Гродзинский А. М. Прямые методы биотестирования почвы и метаболитов микроорганизмов / А. М. Гродзинский, Е. Ю. Кострома, Т. С. Шроль [и др.] // Аллелопатия и продуктивность растений. – 1990 – С. 121–124.
5. Дишук Н. Г. Болезни флокса в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси / Н. Г. Дишук, В. В. Гайшун // Цветоводство: история, теория, практика – Floriculture: history, theory, practice: материалы VII Междунар. науч. конф. (24-26 мая 2016, Минск, Беларусь) / редкол. : В. В. Титок [и др.] – Минск: Конфидо, 2016. – С. 393-394.
6. Жданова Н. Н. Экстремальная экология грибов в природе и эксперименте / Н. Н. Жданова, А. И. Василевская. – К. : Наук. думка, 1982. – 168 с.
7. Зайцев Г. Н. Методика биометрических расчетов / Г. Н. Зайцев. – М.: Наука, 1973. – 256 с.
8. Константинова Е. А. Флоксы / Е. А. Константинова. – М.: ЗАО «Фитон+», 2002.–192 с.
9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М.: Колос, 1968. – Вып. 6: Декоративные культуры. [Предисл. К. Назаренко]. – 224 с.
10. Муха В. Д. Естественнo-антропогенная эволюция почв / В. Д. Муха. – М.: Колос, 2004. – 271 с.
11. Теппер Е. З. Практикум по микробиологии / Е. З. Теппер, В. К. Шильникова, Г. И. Переверзева. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.
12. Тесаржева М. Микробная биомасса как компонент травяных биогеоценозов / М. Тесаржева. – Известия Академии наук СССР. – 1986. – № 1. – С. 65–70.
13. Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi (10 th ed.) Wallingfird. Kirk. PM. Cannon PF et all. (eds.). UK. SABI Publish, 2008. – 771 p.

14. Giri B. Microbial diversity in soils / B. Giri, P. H. Giang, R. Kumari et al. // In: Microorganisms in Soil: Roles in Genesis and Functions. Helderberg: Springer-Verlag, 2005. – P. 195-212.
15. Locklear J. H. Phlox: a natural history and gardener's guide / J. H. Locklear // Portland, Oregon: Timber Press, Inc., 2011. – 304 p.
16. Moore D. Metabolism and biochemistry of hyphal systems / D. Moore // Fungal morphogenesis. – 2001. – N 4. – P. 26–134.

Н. Э. Элланская, А. И. Скрипка, Е. П. Юношева

Национальный ботанический сад им. Н. Н. Гришко НАН Украины
ул. Тимирязевская, 1, Киев, 01014, Украина, тел.: (044) 285-41-05, e-mail:
n.ellanska@gmail.com

МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПРИКОРНЕВОЙ ПОЧВЫ РАСТЕНИЙ *PHLOX* *PANICULATA* L.

Резюме

Важным аспектом выращивания растений *Phlox paniculata* L. остается исследование почв под ними, в особенности их аллелопатические и микробиологические характеристики. Изучены микробные сообщества прикорневой почвы и ее биологическая активность под разными растениями сортов *Phlox paniculata* L. Образцы почв отбирались на коллекционном участке отдела цветочно-декоративных растений Национального ботанического сада им. Н. Н. Гришко НАН Украины со среды растительной популяции, интродуцированных в Украине сортов *Phlox paniculata* L., в период наибольшей активности – фазы бутонизации-цветения. Аллелопатическую активность почвы определяли методом прямого биотестирования. Микробиологические анализы проводились по общепринятым методам. Установлено, что под действием экзометаболитов *Phlox paniculata* L. окружающая почва приобретает незначительные фитотоксические свойства. Наименьшее количество всех функциональных и эколого-трофических групп микроорганизмов выявлено в прикорневой зоне сорта Ранианка. В почве сорта Новинка, который отличался большей численностью исследованных микроорганизмов, интенсивней проходили и микробиологические процессы. Сделан вывод, что численность микроорганизмов закономерно связана с сортовыми особенностями *Phlox paniculata* L., содержанием в почве аллелопатически активных веществ и интенсивностью физиологических процессов, происходящих в ней.

Ключевые слова: *Phlox paniculata* L.; прикорневая почва; аллелопатия; микромикеты; бактерии.

N. E. Ellanska, G. I. Skrypka, O. P. Yunosheva

M. M. Gryshko National Botanic Garden NAS Ukraine

1, Timiriazevska str., Kyiv 01014, Ukraine, e-mail: n.ellanska@gmail.com

MICROBIAL GROUPS AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF THE ROOT ENVIRONMENT IN *PHLOX PANICULATA* L.

Abstract

The study of soils, in particular their allelopathic and microbiological features, remains an important but seldom investigated aspect in the cultivation of *Phlox paniculata* L. The microbial groups of the root soil and its biological activity for different *Phlox paniculata* L. varieties have been studied. Soil samples were taken from the collection site of the flower and ornamental plant department of the M.M. Gryshko National Botanical Garden. The samples were taken from the central parts of plant populations of the *Phlox paniculata* L. varieties introduced in Ukraine during the period of their greatest activity – the budding and flowering. Allelopathic activity of the soil was determined by direct biotesting. Microbiological analysis was carried out according to methods generally accepted in soil microbiology. It has been established that under the action of exometabolites of *Phlox paniculata* L. the surrounding soil acquires insignificant phytotoxic properties. The smallest number of functional and ecological trophic groups of microorganisms was found in the rhizospheric soil of the Panianka variety. In the soil of the Novinka variety, which contained the largest number of the investigated microorganisms, microbiological processes were also the most intensive. We conclude that the number of microorganisms is naturally associated with the varietal characteristics of *Phlox paniculata* L., the accumulation in the soil of the allelopathic active substances and the intensity of the physiological processes occurring in it.

Key words: *Phlox paniculata* L.; root soil; allelopathic; micromycetes; bacteria

References

1. Andreyuk E. I., Valagurova E. V., Maltseva N. N. (1982) Instrumental methods in soil microbiology [Instrumentalnye metody v pochvennoy mikrobiologii], Kyiv, Naukova dumka, 220 p.
2. Andreyuk K. I., Yutinskaya G. O., Antipchuk A. F. and others (2001) Functioning of microbial soil cenoses under conditions of anthropogenic loading [Funktsionuvannya mikrobnikh tsenoziv gruntu in the minds of anthropogenic navantazhennia], Kyiv, Naukova dumka, 240 p.
3. Antonyak G. L., Kalinets-Mamchur Z. I., Dudka I. O., Babych N. O., Panas N. E. (2013) Mushroom Ecology: Monograph [Ekologija gribiv: monografija], Lviv, Ivan Franko LNU, 628 p.
4. Grodzinskiy A. M., Kostroma Ye. Yu., Shrol T. S., Khokhlova I. G. (1990) "Direct methods of soil bioassay and microorganism metabolites" Allelopathy and plant productivity ["Prjamyje metody biotestirovaniya pochvy i metabolitov mikroorganizmov" Allelopatiya i produktivnost rasteniy], Kyiv, Naukova dumka, pp. 121–124.
5. Dishuk N. G., Gaishun V. V. (2016) "Diseases of phlox in the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus – Flowering: history, theory, practice – Floriculture: history, theory, practice" Materials of the VII International Scientific Conf. (24-26 maya, 2016) ["Bolezni floksa v Centralnom botanicheskom sadu NAN Belarusi" Cvetonvodstvo: istorija, teorija, praktika Materialy VII Mezhdunarodnoj nauchnoj konf. (24-26 May, 2016)], Minsk, Konfido, pp. 393-394.
6. Zhdanova N. N., Vasilevskaya A. I. (1982) Extreme ecology of fungi in nature and experiment [Jekstremal'naja ekologija gribov v prirode i jeksperimente], Kyiv, Nauk. dumka, 168 p.
7. Zaitsev G. N., (1973) Method of biometric calculations [Metodika biometricheskikh raschetov], Moscow, Nauka, 256 p.

8. Konstantinova E. A. (2002) Phloxy [Floks], Moskow, ZAO «Phiton+», 192 p.
9. Methods of state variety testing of agricultural crops (1968) [Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyaystvennyih kultur], Moscow: Kolos, Issue. 6: Decorative crops, 224 p.
10. Mukha V. D. (2004) Naturally-anthropogenic evolution of soil [Estestvenno-antropogennaya evolyutsiya pochv], Moskow, Kolos, 271 p.
11. Tepper E. Z., Shilnikova V. K., Pereverzeva G. I. (2004) Microbiology practicum [Praktikum po mikrobiologii], Moskow, Drofa, 256 p.
12. Tesarzheva M. (1986) "Microbial biomass as a component of grass biogeocenosis" ["Mikrobnaja biomassa kak komponent travjanyh biogeocenzov"], Izvestija Akademii nauk SSSR, № 1, pp. 65-70.
13. Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi (10 th ed.) (2008) Wallingfird. Kirk. P.M. Cannon PF et all. UK. CABI Publish, 771 p.
14. Giri B., Kumari R. (2005) Microbial diversity in soils, Microorganisms in Soil: Roles in Genesis and Functions. Heidelberg: Springer-Verlag, pp. 195-212.
15. Locklear J. H. (2011) Phlox: a natural history and gardener's guide, Portland, Oregon: Timber Press, Inc., 304 p.
16. Moore D. (2001) Metabolism and biochemistry of hyphal systems, Fungal morphogenesis, N 4, pp. 26-134.