

С.В. ОЛШЕВСЬКА

Інститут мікробіології і вірусології
ім. Д.К. Заболотного НАН України
вул. Заболотного, 154, Київ, 03680, Україна
snezhanaolsh@rambler.ru

ШВИДКІСТЬ РОСТУ ЯК КІЛЬКІСНИЙ КРИТЕРІЙ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗИСТЕНТНОСТІ МІКРОСКОПІЧНИХ ГРИБІВ ДО ІОНІВ МІДІ

*Ключові слова: мікроскопічні гриби, ґрунт, швидкість
радіального росту, іони міді, резистентність*

Внаслідок антропогенного навантаження ґрунти багатьох районів України забруднені токсичними металами. Важкі метали накопичуються переважно навколо заводів чорної та кольорової металургії (35 %), їм поступаються теплові та інші електростанції (27 %), підприємства з добування і переробки нафти (16 %), транспортні магістралі (13 %), підприємства з виготовлення будівельних матеріалів (8 %) тощо [1, 6].

Більшість мікроміцетів є стійкими до іонів важких металів [4, 11]. Основними механізмами резистентності грибів до них є хелатоутворення за рахунок продукування позаклітинних метаболітів, зокрема органічних кислот, що здатні утворювати нерозчинні комплекси з іонами важких металів [23, 29, 37]; фізико-хімічне зв'язування останніх, у якому основну роль відіграють компоненти клітинної стінки: хітини, глюкани, манани і пігменти [23, 28, 37, 41]; акумуляція іонів важких металів, що відбувається шляхом їх активного транспорту через цитоплазматичну мембрану в обмін на катіони калію, натрію, магнію, кальцію [23, 24, 35, 38, 40].

У мінімальних концентраціях важкі метали нетоксичні. Наприклад, мідь є компонентом багатьох металовмісних ферментів і білків, активізує у ґрунті реакцію відновлення нітратів та фіксацію молекулярного азоту [1, 25]. Проте підвищені концентрації іонів міді у ґрунті негативно впливають на його родючість, життєдіяльність ґрунтових організмів, зокрема мікроскопічних грибів.

Метою роботи було дослідити вплив заданих концентрацій іонів міді на швидкість радіального росту ґрунтових мікроміцетів як показник їх резистентності стосовно цього чинника.

Матеріали і методи дослідження

Влітку 2002 р. на глибинах 0—5 і 18—20 см відібрано 50 зразків чорноземних ґрунтів. Зразки ґрунту відбирали на території заводу чорної металургії «Запоріжсталь» (м. Запоріжжя), заводу кольорових металів у м. Артемівськ

© С.В. ОЛШЕВСЬКА, 2006

(Донецька обл.), на ділянці покладів міді у хуторі Картамиш (Луганська обл.). Контролем слугували зразки ґрунту історичного заповідника «Мамай-гора» (Запорізька обл.) і ботанічного заповідника «Михайлівська цілина» (Сумська обл.). Окрім того, на глибині 2,5 м на території заповідника «Ольвія» (с. Парутіно, Миколаївська обл.) відібрано 18 зразків каштанових ґрунтів безпосередньо у місцях розташування стародавніх плавильних горнів та на відстані 25 м від них (контроль). Вік цих ґрунтів становить понад 2,5 тис. років.

Кількість міді у ґрунті визначали методом атомної абсорбції на абсорбційному і полуменево-емісійному двоканальному спектрофотометрі AA-8500 F (Японія).

Мікроскопічні гриби виділяли, застосовуючи метод ґрунтових розведень [12]. Розведення ґрунтової суспензії висівали в чашки Петрі на такі живильні середовища: сусло-агар, агаризоване картопляно-глюкозне та синтетичне середовище Чапека (ЧА).

Для ідентифікації мікроскопічних грибів користувалися визначниками вітчизняних і зарубіжних авторів [2, 7, 13, 14, 17, 22, 26, 27, 31].

Для дослідження резистентності мікроміцетів до іонів міді у розплавлене середовище Чапека та голодний агар (ГА) додавали іони міді в концентраціях 1, 2, 4, 6, 8 і 10 мМ. Для приготування розчину міді використовували $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Середовища розливали в чашки Петрі ($d = 90$ мм) по 10 мл. У центр кожної з них на поверхню відповідного агаризованого середовища вносили інокулом гриба. Культивували мікроміцети при 25 ± 2 °С. Через кожні 24 год протягом 14 діб вимірювали радіус колоній у чотирьох взаємно перпендикулярних напрямках. За отриманими даними обчислювали швидкість радіального росту мікроскопічних грибів [15]. Ріст грибів на агаризованих середовищах без вмісту іонів міді був контролем.

Середню швидкість радіального росту мікроскопічних грибів визначали за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excel_2003, достовірність отриманих даних — GraphPadInstat.

Результати досліджень та їх обговорення

Кількість міді у ґрунтах досліджуваних територій (табл. 1) перевищувала гранично допустимі концентрації на території заводу «Запоріжсталь» у 1,2 раза, заводу кольорової металургії у м. Артемівськ — 9,2 раза, у ділянці мідних покладів х. Картамиш — у 28,5 раза, на території стародавніх плавильних горнів у заповіднику «Ольвія» — у 10 разів [5]. Кількість міді у ґрунтах заповідників була нижчою за гранично допустимі концентрації.

Із забруднених важкими металами ґрунтів та заповідників нами виділено та ідентифіковано 420 штамів 119 видів з 52 родів мікроскопічних грибів. Для дослідження було відібрано 34 штами 22 видів 12 родів мікроміцетів, які різнилися за швидкістю радіального росту, пігментацією та місцем виділення (табл. 1).

Таблиця 1. Характеристика досліджених видів ґрунтових мікроміцетів

Вид	Місце виділення, територія	Кількість міді у ґрунті, мг/кг
<i>Alternaria alternata</i> 37	стародавні плавильні горни у заповіднику «Ольвія»	640,0
<i>A. alternata</i> 72	завод «Запоріжсталь»	67,8
<i>Aspergillus niger</i> 42	стародавні плавильні горни у заповіднику «Ольвія»	640,0
<i>A. niger</i> 51	завод «Запоріжсталь»	67,85
<i>A. ochraceus</i> 48	завод «Запоріжсталь»	67,8
<i>A. ochraceus</i> 278	заповідник «Михайлівська цілина»	13,1
<i>A. ustus</i> 64	завод «Запоріжсталь»	67,8
<i>A. ustus</i> 135	хутір Картамиш	1572,0
<i>Cladosporium cladosporioides</i> 77	завод «Запоріжсталь»	67,8
<i>C. cladosporioides</i> 201	завод «Запоріжсталь»	67,8
<i>C. cladosporioides</i> 716	стародавні плавильні горни у заповіднику «Ольвія»	640,0
<i>Curvularia clavata</i> 627	завод «Запоріжсталь»	67,8
<i>Fusarium oxysporum</i> 137	хутір Картамиш	1572,0
<i>F. oxysporum</i> 385	завод у м. Артемівськ	506,0
<i>F. sambucinum</i> 40	стародавні плавильні горни у заповіднику «Ольвія»	640,0
<i>F. sambucinum</i> var. <i>coeruleum</i> 123	завод «Запоріжсталь»	67,8
<i>Humicola fuscoatra</i> 36	стародавні плавильні горни у заповіднику «Ольвія»	640,0
<i>H. grisea</i> 413	завод у м. Артемівськ	506,0
<i>Oidiodendron cerealis</i> 189	хутір Картамиш	1572,0
<i>Paecilomyces lilacinus</i> 146	хутір Картамиш	1572,0
<i>P. lilacinus</i> 284	заповідник «Михайлівська цілина»	13,1
<i>P. marquandii</i> 153	хутір Картамиш	1572,0
<i>Penicillium funiculosum</i> 94	завод «Запоріжсталь»	67,8
<i>P. thomii</i> 332	заповідник «Михайлівська цілина»	13,1
<i>P. thomii</i> 707	25 м від стародавніх плавильних горнів у заповіднику «Ольвія»	53,6
<i>P. velutinum</i> 17	25 м від стародавніх плавильних горнів у заповіднику «Ольвія»	53,6
<i>P. velutinum</i> 465	завод у м. Артемівськ	506,0
<i>Stachybotrys chartarum</i> 357	заповідник «Михайлівська цілина»	13,1
<i>S. chartarum</i> 424	завод у м. Артемівськ	506,0
<i>Trichoderma harzianum</i> 23	заповідник «Мамай-гора»	24,5
<i>T. harzianum</i> 141	хутір Картамиш	1572,0
<i>T. viride</i> 614	стародавні плавильні горни у заповіднику «Ольвія»	640,0
<i>Ulocladium alternariae</i> 218	хутір Картамиш	1572,0
<i>U. botrytis</i> 719	25 м від стародавніх плавильних горнів у заповіднику «Ольвія»	53,6

За значеннями швидкості радіального росту на ЧА та ГА досліджені штами грибів можна розподілити на 3 групи.

До першої групи належали 12 штамів 11 видів 7 родів, які достовірно швидше росли на ЧА, ніж на ГА. Серед них слід відзначити штами, швидкість радіального росту яких становила 0,18—0,26 мм/год: *A. alternata* 72, *F. oxysporum* 137, *F. oxysporum* 380, *F. sambucinum* 40, *F. sambucinum* var. *coeruleum* 123. У штамів *A. ustus* 64, 135, *A. ochraceus* 48, *P. lilacinus* 146, *P. marquandii* 153, *P. thomii* 332 та *T. harzianum* 141 швидкість радіального росту була меншою і коливалась у межах 0,05—0,10 мм/год. Решта штамів, що належать до цієї групи, є повільноростучими: швидкість їх радіального росту становила менше 0,05 мм/год.

До другої групи належали лише 2 штами *Stachybotrys chartarum*, які достовірно швидше росли на ГА, ніж на ЧА: *S. chartarum* 357 і *S. chartarum* 424. Швидкість їх радіального росту на ЧА становила 0,03 мм/год, а на ГА була у 4 та 2,5 раза вищою — 0,12 і 0,08 мм/год.

До третьої групи належали 19 штамів 16 видів 10 родів мікроміцетів, які майже однаково росли на ЧА і ГА. У половини штамів грибів цієї групи швидкість радіального росту становила 0,1—0,17 мм/год. *U. botrytis* 719 і *T. viride* 614 росли з найвищою швидкістю: 0,16 і 0,17 мм/год. Швидкість радіального росту штамів *H. grisea* 413, *P. lilacinus* 284, *P. funiculosum* 94, *P. velutinum* 17, *P. velutinum* 465 дорівнювала 0,05—0,1 мм/год. З найменшою швидкістю росли *C. cadosporiodes* 716 і *P. thomii* 707 — 0,03 мм/год.

Слід зазначити, що лише один із досліджених нами штамів мікроміцетів, а саме *A. ochraceus* 278, не ріс на ГА.

Здатність грибів рости як на багатому середовищі, так і на бідному, може засвідчувати їхню толерантність до широкого градієнта, передусім, концентрації вуглецю у живильному середовищі [9, 10].

Спільною ознакою всіх досліджених мікроскопічних грибів є сповільнення швидкості їх радіального росту і, відповідно, зменшення діаметра колоній, з підвищенням концентрації іонів міді в середовищі. Наприклад, швидкість радіального росту *Humicola fuscoatra* 36 на ЧА з 10 мМ Cu^{2+} була у 5,2 раза меншою порівняно з контролем (рис. 1). Відповідно, діаметр колонії гриба при заданій концентрації іонів міді був у 7 разів меншим за контроль (рис. 2).

За даними літератури, швидкість радіального росту мікроскопічних грибів і, відповідно, формування колонії, залежать від щільності живильного середовища, концентрації у ньому поживних речовин, температури, вологості, рН, рівня антропогенного навантаження тощо [3, 8, 11, 16, 18].

За здатністю рости на ГА та ГА з 1 мМ Cu^{2+} досліджені нами штами грибів можна розподілити на дві групи. Першу становлять 15 штамів (10 видів з 8 родів), які за наявності 1 мМ Cu^{2+} у ГА взагалі не росли. До другої групи належать 18 штамів (12 видів із 10 родів); вони здатні рости на ГА з 1 мМ Cu^{2+} , але припиняли ріст з підвищенням концентрації іонів міді у середовищі до 2 мМ.

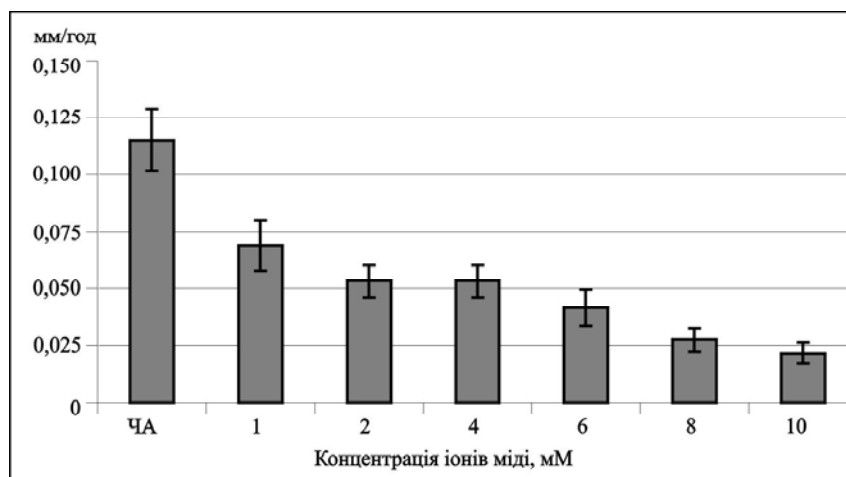


Рис. 1. Швидкість радіального росту *Humicola fuscoatra* 36 на середовищі Чапека з іонами міді
 Fig. 1. The radial growth rate of *Humicola fuscoatra* 36 on the Chapek medium with copper ions

Вміст поживних речовин зменшує токсичну дію іонів міді і сприяє росту деяких штамів грибів за наявності навіть 8 і 10 мМ Cu^{2+} . За стійкістю до різних концентрацій іонів міді ми умовно розподілили всі штами грибів на чотири групи (табл. 2): високорезистентні (ростуть на ЧА в разі вмісту 8 і 10 мМ Cu^{2+}), резистентні (ростуть на ЧА за наявності 4 і 6 мМ Cu^{2+}), чутливі (ростуть на ЧА, незважаючи на 1 і 2 мМ Cu^{2+}), надчутливі (взагалі не ростуть навіть при 1 мМ Cu^{2+} у ЧА). За таким розподілом серед досліджених нами 34 штамів 22 видів 12 родів виявлено 11 високорезистентних (8 видів з 6 родів), 13 резистентних (12 видів з 9 родів), 8 чутливих (7 видів з 6 родів) і 2 надчутливих (1 вид) до іонів міді штамів мікроскопічних грибів.

Різниця у стійкості до іонів міді між світлозabarвленими та темнопігментованими видами мікроскопічних грибів не виявлено. Так, найчутливішими до іонів міді були темнозabarвлені штами *S. chartarum*, тоді як темнопігментовані *A. alternata* 72, *A. niger* 42, *A. niger* 1, *A. utus* 4 і *H. fuscoatra* 36 виявилися високорезистентними (табл. 2).

Резистентність досліджених видів мікроскопічних грибів до іонів міді не завжди залежала від кількості іонів важких металів у ґрунтах, з яких були виділені досліджувані штами. Так, *A. ochraceus* 48, виділений із забрудненого важкими металами ґрунту на території заводу «Запоріжсталь», є чутливим до іонів міді (за нашим умовним розподілом), а *A. ochraceus* 278 з ґрунту заповідника «Михайлівська цілина» — резистентним (таблиці 1, 2). Аналогічними є дані щодо *T. harzianum*: штам 141, виділений з ґрунту ділянки Картамиш, належить до чутливих, а штам 23 з ґрунту заповідника «Мамай-гора» — до резистентних (таблиці 1, 2).

Відповідно, *P. lilacinus* 146, виділений з ґрунту у хуторі Картамиш, та *P. lilacinu* 28 з ґрунту заповідника «Михайлівська цілина» віднесені до висо-

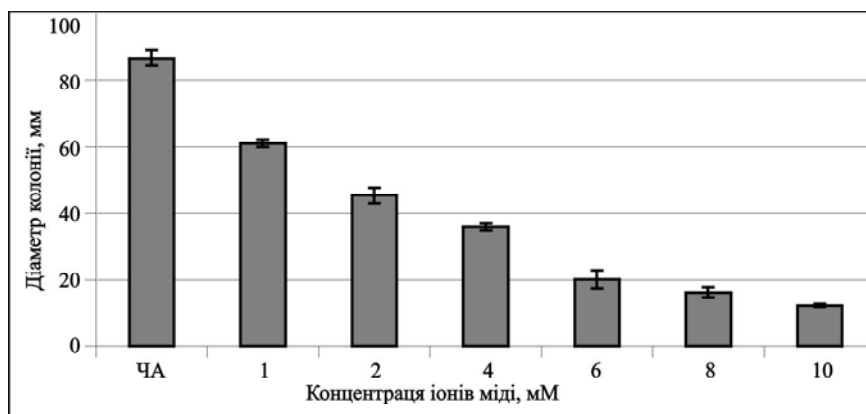


Рис. 2. Діаметр колоній *H. fuscoatra* 36 на середовищі Чапека з іонами міді
 Fig. 2. The diameter of *H. fuscoatra* 36 colony on the Chapek medium with copper ions

корезистентних. *P. velutinum* 17 і *P. velutinum* 465 з ґрунтів за 25 м від місця знаходження стародавніх плавильних горнів у заповіднику «Ольвія» і території заводу в м. Артемівську належать до групи резистентних видів, а крім них — *U. alternariae* 218 і *U. botrytis* 719, виділені із ґрунтів хутора Картамиш та за 25 м від місця знаходження стародавніх плавильних горнів у заповіднику «Ольвія», відповідно (таблиці 1, 2).

Надчутливі до іонів міді *S. chartarum* 357 і *S. chartarum* 424, виділені з ґрунтів заповідника «Михайлівська цілина» і території заводу кольорових металів у м. Артемівську, відповідно (таблиці 1, 2).

Таблиця 2. Резистентність мікроскопічних грибів до іонів міді при їх рості на середовищі Чапека

Концентрація іонів міді у середовищі, мМ	Штами
1	надчутливі: <i>Stachybotrys chartarum</i> 357, <i>S. chartarum</i> 424
1, 2	чутливі: <i>Aspergillus ochraceus</i> 48, <i>A. ustus</i> 135, <i>Cladosporium cladosporioides</i> 77, <i>C. cladosporioides</i> 201, <i>Curvularia clavata</i> 627, <i>Fusarium sambucinum</i> var. <i>caeruleum</i> 123, <i>Penicillium thomii</i> 332, <i>Trichoderma harzianum</i> 141
4, 6	резистентні: <i>Alternaria alternata</i> 37, <i>Aspergillus ochraceus</i> 278, <i>Cladosporium cladosporioides</i> 716, <i>Fusarium sambucinum</i> 40, <i>Humicola grisea</i> 413, <i>Oidiodendron cerealis</i> 189, <i>Penicillium funiculosum</i> 94, <i>P. thomii</i> 707, <i>P. velutinum</i> 17, <i>P. velutinum</i> 465, <i>Trichoderma harzianum</i> 23, <i>Ulocladium alternariae</i> 218, <i>U. botrytis</i> 719
8, 10	високорезистентні: <i>Alternaria alternata</i> 72, <i>Aspergillus niger</i> 42, <i>A. niger</i> 51, <i>A. ustus</i> 64, <i>Fusarium oxysporum</i> 137, <i>F. oxysporum</i> 385, <i>Humicola fuscoatra</i> 36, <i>Paecilomyces lilacinus</i> 146, <i>P. lilacinus</i> 284, <i>P. marquandii</i> 153, <i>Trichoderma viride</i> 614

За даними літератури [37], резистентність грибів до іонів міді визначається домінантним алелем гена CUP незалежно від місця виділення гриба. Транскрипцію цього гена можна ініціювати підвищеною концентрацією іонів міді в навколишньому середовищі. Зважаючи на це, можна припустити, що резистентність досліджених нами штамів грибів до іонів міді може зумовлюватися підвищеною експресією домінантного алеля гена CUP.

Наші результати підтверджуються даними літератури. Так, зі збільшенням концентрації іонів важких металів автори відзначали сповільнення швидкості радіального росту мікроміцетів і, відповідно, зменшення діаметра грибних колоній у *Oidiiodendron maius* за наявності у живильному середовищі різних концентрацій Zn^{2+} і Cd^{2+} [32]; у базидіомицетів *Pisolithus tinctorius*, *Suillus luteus* і *Suillus variegates* і *Paxillus involutus* — за наявності Cu^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} [21], водних гіфоміцетів — коли Cd^{2+} і Cu^{2+} були у концентраціях 150 і 400 мкМ [33], *Micromucor rammanianus* і *Paecilomyces lilacinus* — за різних концентрацій Pb^{2+} [11], *Trichoderma koningii*, *Aspergillus oryzae*, *A. flavus*, *Penicillium notatum*, *P. simplicissimum*, *Rhizopus nigricans*, *F. oxysporum*, *F. culmorum*, *Monilia fructicola*, *Scytalidium* sp. — за різних концентрацій Cu^{2+} [19, 34, 39].

Нами підтверджена залежність стійкості мікроскопічних грибів до іонів міді від складу живильного середовища. Тобто досліджувані мікроміцети витримували вищі концентрації іонів міді на багатих живильних середовищах, ніж на бідних, що підтверджується даними інших авторів.

Зокрема, при культивуванні *Trichoderma virens* на ГА з додаванням глюкози в концентраціях 0,5—10 % і 0,1 мМ міді, кадмію і цинку швидкість радіального росту гриба збільшувалась із підвищенням концентрації глюкози у середовищі [36]. У разі культивування базидіомицетів *Stereum hirsutum* і *Trametes versicolor* на багатому середовищі за наявності іонів кадмію і ртуті токсичність металів була нижчою, ніж на бідному середовищі [20]. Резистентність базидіомицетів до іонів кадмію була вищою у штамів, виділених із багатих на поживні речовини ґрунтів, порівняно з бідними [30].

Таким чином, швидкість росту мікроміцетів залежала від таксономічної належності виду та штаму гриба, складу живильного середовища і концентрації іонів міді. Результати наших досліджень засвідчують, що швидкість радіального росту мікроскопічних грибів є досить вдалим критерієм, за яким можливо оцінювати їхню резистентність до іонів важких металів у довкіллі.

Висновки

1. Резистентність мікроміцетів до іонів міді залежала від таксономічної належності виду та штаму гриба, складу живильного середовища і концентрації іонів міді.
2. У разі збільшення концентрації іонів міді у середовищі від 1 до 10 мМ середня швидкість радіального росту грибів сповільнювалась і, відповідно, зменшувався діаметр колоній мікроміцетів.
3. Серед досліджених 34 штамів 22 видів 12 родів виявлено 11 високорезис-

тентних (8 видів 6 родів), 13 резистентних (12 видів 9 родів), 8 чутливих (7 видів 6 родів) і 2 надчутливих (1 вид) до іонів міді штами мікроскопічних грибів.

Автори висловлюють глибоку подяку канд. геол.-мін. наук В.Й. Манічеву (Інститут мінералогії і рудоутворення НАН України) за надання зразків ґрунту, а також канд. біол. наук В.О. Захарченко і пров. інж. Л.В. Артишковій (Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України) за допомогу в ідентифікації мікроскопічних грибів.

1. Андреюк К.І., Іутинська Г.О., Антипчук А.Ф. та ін. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження. — К.: Обереги, 2001. — 240 с.
2. Билай В.И., Коваль Э.З. Аспергиллы. — Киев: Наук. думка, 1988. — 204 с.
3. Быстрова Е.Ю., Богомолова Е.В., Буляница А.Л. и др. Исследование формирования зональности в колониях гифомицетов // Микол. и фитопатол. — 2001. — 35, № 3. — С. 13—19.
4. Жданова Н.Н., Василевская А.И. Меланинсодержащие грибы в экстремальных условиях. — Киев: Наук. думка, 1988. — 196 с.
5. Земельні ресурси України / Під ред. В.В. Медведєва, Т.М. Лактіонової. — К.: Аграр. наука, 1998. — 148 с.
6. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. — Новосибирск: Наука, 1991. — 148 с.
7. Кириленко Т.С. Определитель почвенных сумчатых грибов. — Киев: Наук. думка, 1978. — 263 с.
8. Кочкина Г.А., Мирчинк Т.Г., Кожевин П.А., Звягинцев Д.Г. Радиальная скорость роста колоний грибов в связи с их экологией // Микробиология. — 1978. — 47, № 5—6. — С. 964—965.
9. Курченко І.М. Морфолого-культуральні та фізіологічні особливості *Fusarium oxysporum* (Schlecht.) Snyd. et Hans. sensu lato: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. — К., 1999. — 20 с.
10. Курченко И.Н., Жданова Н.Н., Элланская И.А., Соколова Е.В. Особенности линейного роста штаммов *Fusarium oxysporum* (Schlecht.) Snyd. et Hans., выделенных из почвы и пораженных зерновых культур // Микробиол. журн. — 1996. — 58, № 5. — С. 35—44.
11. Марфенина О.Е. Антропогенная экология почвенных грибов. — М.: Медицина для всех, 2005. — 196 с.
12. Методы экспериментальной микологии / Под ред. Билай В.И. — Киев: Наук. думка, 1982. — С. 432.
13. Милько А.А. Определитель мукоральных грибов. — Киев: Наук. думка, 1974. — 304 с.
14. Новое в систематике и номенклатуре грибов / Под ред. Дьякова Ю.Т., Сергеева Ю.В. — М.: Медицина для всех, 2003. — 496 с.
15. Паников Н.С. Кинетика роста микроорганизмов. — М.: Наука, 1991. — 309 с.
16. Паников Н.С., Ефремова В.Д., Асеева И.В. Кинетика роста *Mucor plumbeus* и *Mortierella ramanniana* на агаризованных средах с глюкозой // Микробиология. — 1981. — 50, № 1. — С. 5—61.
17. Пидопличко Н. М. Пеницилли. — Киев: Наук. думка, 1972. — 150 с.
18. Цветкова Е.О., Буляница А.Л., Курочкин В.Е. и др. Влияние плотности среды на динамику клеточных состояний в колониях полиморфных микромицетов // Сб. тез. 7-й Пушин. школы-конф. мол. уч. «Биология — наука XXI века» (14—18 апреля). — Пушино, 2003. — С. 296.
19. Arnebrant K., Baath E., Nordgren A. Copper tolerance of microfungi isolated from polluted and unpolluted forest soil // Mycologia. — 1987. — 79, N 6. — P. 980—985.
20. Baldrian P., Gabriel J. Effect of heavy metals on the growth of selected wood-rotting basidiomycetes // Folia Microbiologia. — 1997. — 42. — P. 521—523.

21. Blaudez D., Jacob C., Turnau K. et al. Differential responses of ectomycorrhizal fungi to heavy metals in vitro // Mycol. Res. — 2000. — **104**. — P. 1366—1371.
22. Booth C. The Genus *Fusarium*. — Kew: Common. Mycol. Inst., 1971. — 237 p.
23. Cervantes C., Gutierrez-Corona F. Copper resistance mechanism in bacteria and fungi // FEMS Microbiol. Rev. — 1994. — **14**, N 2. — P. 121—137.
24. De Rome L., Gadd G.M. Measurement of copper uptake in *Saccharomyces cerevisiae* // FEMS Microbiol. Lett. — 1987. — **43**. — P. 283—287.
25. Dighton J. Fungi in Ecosystem Processes. — New York: Basel.: Marcel Dekker, Inc, 2003. — 434 p.
26. Domsh K.H., Gams W. Compendium of soil fungi. — London. etc.: Acad. Press, 1980. — Vol. 1. — 839 p.
27. Ellis M.B. Dematiaceus hyphomycetes. — Kew: Common. Mycol. Inst., 1971. — 608 p.
28. Fomina M., Gadd G.M. Metal sorption by biomass of melaninproducing fungi grown in clay-containing medium // J. Chem. Technol. — 2002. — **78**. — P. 23—34.
29. Gadd G.M. Fungal production of citric and oxalic acid: importance in metal speciation, physiology and biogeochemical processes // Advances in Microbial Physiology. — 1999. — N 41. — P. 48—92.
30. Hoiland K. Reaction of some decomposer basidiomycetes to toxic elements // Nordic Journal of Botany. — 1995. — **15**. — P. 305—318.
31. Integration of modern taxonomic methods for *Penicillium* and *Aspergillus* classification / Ed. by R.A. Samson, J.I. Pitt. — Netherlands, Australia, 2000. — 510 p.
32. Martino E., Turnau K., Girlanda M. et al. Ericoid mycorrhizal fungi from heavy metal polluted soils. Their identification and growth in the presence of zinc ions // Mycol. Res. — 2000. — N 104. — P. 825—833.
33. Miersch J., Barlocher F., Bruns I., Krauss G.J. Effect of cadmium, copper and zinc on growth and thiol content of aquatic hyphomycetes // Hydrobiologia. — 1997. — **346**. — P. 77—84.
34. Murphy R.J., Levy J.F. Production of copper oxalate by some copper tolerant fungi // Trans. Br. Mycol. Soc. — 1983. — **81**. — P. 165—170.
35. Ohsumi Y., Kitamoto K. and Anraku Y. Changes induced in the permeability barrier of the yeast plasma membrane by cupric ions // J. Bacteriol. — 1988. — **170**. — P. 2676.
36. Ramsay L.M., Sayer J.A., Gadd G.M. Stress responses of fungal colonies towards toxic metals. In: The Growing Fungus (N.A.R. Gow and G.M. Gadd eds.). — London: Chapman and Hall, 1997. — P. 178—200.
37. Ross I.S. Membrane transport processes and response to exposure to heavy metals // Stress tolerance of fungi / Ed. by D.H. Jennings. — England: University of Liverpool, 1995. — P. 97—125.
38. Ross I.S., Parkin M.J. Uptake of copper by *Candida utilis* // Mycol. Res. — 1989. — **93**. — P. 33.
39. Singh N. Effect of pH on the tolerance of *Penicillium nigricans* to copper and other heavy metals // Mycologia. — 1977. — **69**, N 4. — P. 750—755.
40. Singleton I., Tobin J.M. Fungal interaction with metals and radionuclides for environmental bioremediation // Frankland J.C., Magan N., Gadd G.M., eds. Fungi and Environmental change — Cambridge: Cambridge Univ. Press., 1996. — P. 282—298.
41. Volesky B., May-Phillips H.A. Biosorption of heavy metals by *Saccharomyces cerevisiae* // Appl. Microbiol. Biotechnol. — 1995. — **42**, N 5. — P. 797—806.

Рекомендує до друку
I.O. Дудка

Надійшла 23.09.2005

С.В. Олишевская

Институт микробиологии и вирусологии
им. Д.К. Заболотного НАН Украины, Киев

СКОРОСТЬ РОСТА КАК КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ КРИТЕРИЙ ИССЛЕДОВАНИЯ
РЕЗИСТЕНТНОСТИ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ К ИОНАМ МЕДИ

Среди исследованных 34 штаммов 22 видов 12 родов микромицетов было выявлено 11 высокорезистентных (8 видов 6 родов), 13 резистентных (12 видов 9 родов), 8 чувствительных (7 видов 6 родов) и 2 сверхчувствительных (1 вид) штаммов грибов. Резистентность микроскопических грибов к ионам меди проявлялась на видовом и штаммовом уровнях и зависела от состава питательной среды и концентрации в ней ионов меди. С увеличением концентрации ионов меди в питательной среде скорость радиального роста микромицетов и диаметр их колоний уменьшались.

Ключевые слова: микроскопические грибы, почва, скорость радиального роста, ионы меди, резистентность

S.V. Olishavska

Zabolotny Institute of Microbiology and Virology,
National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

GROWTH RATE AS A QUANTITATIVE CRITERION OF INVESTIGATION
OF MICROSCOPIC FUNGI RESISTANCE TO COPPER IONS

It was found 11 high by resistant (8 species of 6 genera), 13 resistant (12 species of 9 genera), 8 sensitive (7 species of 6 genera) and 2 supersensitive (1 species) to copper ions strains among 34 strains belonging to 22 species of 12 genera of fungi. The resistance of microfungi to copper ions was inter- and intra-specific with strains and depended on composition of nutrient medium and copper ions concentrations. Radial growth rate and diameter of fungal colonies decreased with increasing of copper ions concentration in the medium.

Key words: microfungi, soil, radial growth rate, copper ions, resistance