

1. *Артемчук І.В.* Сіножаті та пасовища гірських та передгірних районів Чернівецької області і шляхи їх поліпшення // Наук. зап. Чернів. ун-ту. Сер. біол. — 1954. — 15, вип. 4. — С. 34-92.
2. *Воропай Л.І.* Географічний образ Чернівецької області // Краєзнавство. Географія. Туризм. — 2004. — №29—31. — С. 4-7.
3. *Загороднюк І.В., Емельянов І.Г., Хоменко В.Н.* Оценка таксономического разнообразия фаунистических комплексов // Доп. НАН України. — 1995. — №7. — С. 145-148.
4. *Фабр Ж.-А.* Нравы насекомых: В 2-х т. Т.2 — М.: «Изд-во АСТ», 2000. — 544 с.
5. *Фасулати К.К.* Полевое изучение наземных беспозвоночных. — М.: Высшая школа, 1971. — 424с.
6. *Емельянов И.Г.* Разнообразие и его роль в функциональной устойчивости и эволюции экосистем. — К.: Изд-во Международный Соломонов университет, 1999. — 168с.
7. Методика паспортизации природных кормовых угодий / И.А. Цаценкин, О.Н. Чижиков, Н.А. Антипин, М.В. Кавер.— М: Изд-во Колос, 1967. — 127 с.
8. Навчально-краєзнавчий атлас /Під редакцією Я.І. Жупанського. — Львів: В-во науково-технічної літератури, 2000. — 24 с.
9. Определитель насекомых европейской части СССР /Под ред. Б.М.Мамаева. — М.: Просвещение, 1976. — 304с.
10. *Песенко Ю.А.* Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. — М.: Наука, 1982. — 288 с.
11. *Чернышев В.Б.* Экология насекомых. —М.: Наука, 1996. — 304с.

S.S. Rudenko, O.Y. Buzhdygan

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Ukraine

### INSECTS BIODIVERSITY ON PASTURE ECOSYSTEMS IN CHERNIVTSI REGION

Estimation of the insect's biodiversity of pasture ecosystems in Chernivtsi region was made. Pasture ecosystems with the optimal and critical states of insect's communities were investigated for ever nature zones of Chernivtsi region. The most sensitive indices of biodiversity for insect's research were selected.

*Key words: pasture ecosystems, insects, biodiversity, domination*

Рекомендує до друку

В.І. Кваша

Надійшла 06.03.2006

УДК 579.26:[631.461+661.16]:620.193.92+620.197.3

Н.В. СМІКУН, О.П. ТРЕТЯК, І.М. КУРМАКОВА

Чернігівський державний педагогічний університет ім. Т.Г.Шевченка,  
вул. Гетьмана Полуботка 53, Чернігів, 14013

### РОЗВИТОК УГРУПОВАНЬ МІКРООРГАНІЗМІВ ҐРУНТУ В ПРИСУТНОСТІ РАМРОДУ ПРИ БІОПОШКОДЖЕННІ МЕТАЛУ

*Ключові слова: корозійно-небезпечні угруповання мікроорганізмів, мікробноіндукована корозія, рамрод, сульфатвідновлювальні бактерії, денітрифікувальні бактерії, амоніфікувальні бактерії, залізвідновлювальні бактерії, мікроскопічні гриби*

Ґрунтове мікробне пошкодження металу є складним процесом, оскільки його інтенсивність визначається багатьма чинниками, основним з яких є корозійно-небезпечні угруповання мікроорганізмів [3, 5-7, 13]. Останні в свою чергу зазнають впливу техногенних забруднювачів, в тому числі – пестицидів [8, 12, 17], які здатні виступати як субстрат для розвитку ґрунтової мікрофлори або пригнічувати її розвиток. Це слід враховувати при прогнозуванні та



попередженні розвитку ґрунтового біопшкодження підземних металевих комунікацій та споруд [13].

В попередніх дослідженнях нами вивчено вплив деяких пестицидів, в тому числі *рамроду*, на процес біокорозії сталі в лабораторному експерименті, тривалість якого значно перевищувала час природної деградації речовин у ґрунті [20, 22]. Вплив пестицидів на початковому етапі розвитку корозійно-небезпечних угруповань мікроорганізмів ґрунту залишався не вивченим.

Мета даної роботи - дослідження розвитку корозійно-небезпечних угруповань мікроорганізмів в присутності *рамроду* в процесі біопшкодження сталі 45 в чорноземі опідзоленому в короткотривалому (30 діб) модельному експерименті.

### Матеріал і методи досліджень

Мікробіоіндуковану корозію (МК) сталі 45 досліджували в лабораторному модельному експерименті в присутності пестициду *рамрод* протягом 30 діб за раніше описаними методиками [20]. Відбір проб проводили після 4, 15, 30 діб інкубації ґрунту при температурі  $27 \pm 2^\circ\text{C}$ ; повторність трикратна.

Облік чисельності сульфатвідновлювальних бактерій (СВБ) здійснювали на середовищі Постгейта "В"; денітрифікувальних (ДНБ) - на середовищі Гільгая; залізовідновлювальних (ЗВБ) - на середовищі Каліненка; амоніфікувальних (АБ) - на м'ясо-пептонному агарі; мікроскопічних грибів (МГ) - на сусло-агарі [16].

Гравіметричні дослідження проводили на зразках вуглецевої сталі 45, циліндричної форми (діаметр 17 мм, висота 8 мм), відшліфованої по 4-5 класу чистоти. Швидкість корозії металу оцінювали за втратою маси зразків. Розраховували коефіцієнт гальмування корозійного процесу ( $\gamma_m$ ) та захисний ефект ( $Z_m$ ) [21].

При аналізі хімічного складу ґрунту визначали загальний вміст заліза та сірки фотометричним методом на спектрофотометрі СРЕКОЛ-11. Вміст заліза - з сульфосаліциловою кислотою (при довжині хвилі 420 нм) [14]; вміст сірки - після осадження  $\text{BaSO}_4$  (при довжині хвилі 434 нм) [15].

При обробці експериментальних даних використовували методи математичної статистики [10]. Чисельність мікроорганізмів на рідких поживних середовищах визначали за допомогою таблиць Мак-Креді; на твердих середовищах - з врахуванням середнього квадратичного відхилення [10, 16]. Статистичну обробку результатів корозійного дослідження проводили для рівня значимості 0,05 з врахуванням нормального t-розподілення [10]. Відносна похибка представлених даних не перевищувала 10%.

### Результати досліджень та їх обговорення

Мікробіологічний аналіз чорнозему опідзоленого показав (табл.1), що за вмістом СВБ, основних збудників анаеробного пошкодження металу, та загальною концентрацією заліза і сірки (0,33 та 0,32% відповідно) досліджений ґрунт можна віднести до неагресивного [6].

В процесі біопшкодження металу відбувається адаптація мікроорганізмів, і в феросфері формується агресивний ценоз [3, 6-7]. Результати дослідження структури мікробного ценозу гетеротрофів (СВБ, ДНБ, ЗВБ, АБ та МГ) феросфери сталі 45, що зумовлюють процес МК металів [1, 3, 6-7, 13, 22] та беруть участь в процесі утилізації та деструкції техногенних забруднювачів й активно виділяють метаболіти [8, 12], наведено у табл.1. Зростання чисельності СВБ, ДНБ та ЗВБ в процесі МК узгоджується з літературними даними [3, 6-7, 13] та пояснюється накопиченням іонів  $\text{Fe}^{2+}$ , які знижують окисно-відновний потенціал (ОВП) середовища [23]. Зниженню ОВП з наступним розвитком СВБ також сприяло надлишкове зволоженні ґрунту [2], що було передбачено умовами проведення експерименту.

Зокрема, нами відмічено поступове збільшення чисельності сульфатвідновлювальних бактерій, які досягли найбільшої чисельності на 15 добу експозиції сталі 45 в ґрунті. Їх кількість упродовж експерименту змінювалась неоднозначно, але була вище порівняно з вихідною в 2,2 (4 доба), в 5,0 (15 доба) та в 4,3 рази (30 доба) (табл.1).

Чисельність денітрифікаторів, які здатні утворювати аміак - стимулятор корозії [1], досягла максимуму на 4 добу (в 5,2 рази порівняно з вихідною). Як правило, кількість ДНБ, як і



СВБ, збільшується в середовищах з низьким ОВП [2]. В ґрунтах, де переважають відновні процеси, значення ОВП становить 0,2 - 0,3 В, а при надлишковому зволоженні може знижуватись до негативних значень. В таких ґрунтах створюються оптимальні умови для процесів денітрифікації, зокрема зростає активність нітратредуктази [2].

До складу корозійно-небезпечного мікробного ценозу входять також ЗВБ, деякі представники яких (псевдомонади) є постійними супутниками СВБ. Їх потенційна корозійна небезпечність полягає у здатності відновлювати  $Fe^{3+}$  до  $Fe^{2+}$  [6]. Чисельність ЗВБ за умов експерименту збільшилась на 4-ту добу в 15,1 рази порівняно з вихідною кількістю і залишалась на тому ж рівні протягом 30 діб (табл.1).

Чисельність амоніфікувальних бактерій та мікроскопічних грибів у ґрунті за умов біокорозії протягом 15 діб не змінювалась, але на 30 добу знизилась в 1,8 та 4 рази відповідно.

Отже, під час МІК сталі 45 у феросфері підвищується агресивність мікробного угруповання щодо металу. Пусковим чинником трансформації аборигенного мікробного угруповання в агресивне є, зокрема, поява в ґрунті надлишків іонів заліза, які утворюються при руйнуванні металу [3]. Насамперед збільшується чисельність СВБ, гідрогеназа яких здатна відігравати роль ферменту, що регулює якісний склад всього угруповання та безпосередньо діє на метал [6]. Швидкість руйнування сталі 45 за умов експерименту (табл. 2) складала  $2,48 - 2,73 \cdot 10^{-4}$  г/м<sup>2</sup>\*годину.

Чисельність мікроорганізмів в присутності пестициду показала резистентність СВБ до *рамроду* (табл.1). Але в процесі МІК присутність *рамроду* стимулює зростання численності СВБ. На 15 добу їх чисельність в феросфері зросла в 97,1 рази порівняно з ґрунтом, а на 30 добу – більше чим в 300 разів.

Існує точка зору, що утворення біоплівки на металі, як поверхнево асоційованого процесу [7], стимулює розвиток СВБ в процесі МІК. Біоплівка містить екзополімери (екзополісахариди, екзоліпополісахариди) та сульфідів, які впливають на швидкість корозії. Крім того, екзополісахариди зумовлюють стійкість бактерій до біоцидів [22].

ДНБ збільшили чисельність в присутності *рамроду* на 4 добу в 1,8 рази порівняно з вихідною кількістю (табл.1). Але в 15 та 30 діб експерименту чисельність денітрифікаторів поступово зменшувалась – пестицид виявив токсичну дію щодо бактерій цієї групи. При чому, за умов МІК сталі у ґрунті ДНБ виявили більш виражену чутливість до біоцидної дії *рамроду*.

Розвиток ЗВБ незначно стимулювався *рамродом* упродовж 30 діб. Але в процесі МІК присутність *рамроду* стимулює зростання численності ЗВБ як і у випадку СВБ.

Динаміка чисельності амоніфікувальних бактерій упродовж 15 діб в цілому однакова для всіх варіантів експерименту, але на 30 добу за умов МІК в присутності *рамроду* виявлено незначне пригнічення росту бактерій.

Таблиця 1

Чисельність мікроорганізмів деяких еколого-трофічних груп в чорноземі опідзоленому: 1 - за умов МІК сталі 45; 2 – у ґрунті в присутності *рамроду*; 3 - за умов МІК сталі 45 у ґрунті в присутності *рамроду*

| Тривалість експерименту, доби | Чисельність мікроорганізмів в 1 г абс. сух. ґрунту |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
|-------------------------------|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                               | СВБ  |                     |                     | ДНБ                 |                     |                     | ЗВБ                 |                     |                     | АБ                      |                         |                         | МГ                      |                         |                         |
|                               | 1  | 2                   | 3                   | 1                   | 2                   | 3                   | 1                   | 2                   | 3                   | 1                       | 2                       | 3                       | 1                       | 3                       | 2                       |
| вихідний ґрунт                | 2,8*10 <sup>2</sup>                                |                     |                     | 1,3*10 <sup>4</sup> |                     |                     | 4,5*10 <sup>3</sup> |                     |                     | 4,6±0,4*10 <sup>5</sup> |                         |                         | 2,0±0,2*10 <sup>5</sup> |                         |                         |
| 4                             | 6,1*10 <sup>2</sup>                                | 2,3*10 <sup>2</sup> | 6,8*10 <sup>2</sup> | 6,8*10 <sup>4</sup> | 2,3*10 <sup>4</sup> | 1,4*10 <sup>4</sup> | 6,8*10 <sup>4</sup> | 3,8*10 <sup>4</sup> | 6,8*10 <sup>4</sup> | 4,0±0,2*10 <sup>5</sup> | 3,5±0,2*10 <sup>5</sup> | 3,1±0,2*10 <sup>5</sup> | 1,5±0,2*10 <sup>3</sup> | 9,6±1,1*10 <sup>3</sup> | 1,1±0,1*10 <sup>3</sup> |
| 15                            | 1,4*10 <sup>3</sup>                                | 7,0*10 <sup>2</sup> | 6,8*10 <sup>4</sup> | 3,9*10 <sup>4</sup> | 7,0*10 <sup>3</sup> | 1,7*10 <sup>3</sup> | 7,0*10 <sup>4</sup> | 7,0*10 <sup>4</sup> | 1,5*10 <sup>5</sup> | 4,5±0,4*10 <sup>5</sup> | 5,5±0,4*10 <sup>5</sup> | 5,2±0,4*10 <sup>5</sup> | 1,9±0,2*10 <sup>3</sup> | 1,7±0,2*10 <sup>3</sup> | 1,7±0,2*10 <sup>3</sup> |
| 30                            | 1,2*10 <sup>3</sup>                                | 3,1*10 <sup>2</sup> | ≥10 <sup>5</sup>    | 6,0*10 <sup>2</sup> | 3,9*10 <sup>3</sup> | 1,4*10 <sup>3</sup> | 7,0*10 <sup>4</sup> | 7,0*10 <sup>4</sup> | 1,2*10 <sup>5</sup> | 2,5±0,2*10 <sup>5</sup> | 2,5±0,2*10 <sup>5</sup> | 1,4±0,1*10 <sup>5</sup> | 5,0±0,3*10 <sup>2</sup> | 8,0±1,0*10 <sup>2</sup> | 1,0±0,1*10 <sup>3</sup> |

Активну участь в процесі деструкції ациланлідів, до яких відноситься *рамрод*, беруть мікроскопічні гриби [17]. Мікроміцети збільшили чисельність в ґрунті з пестицидом на 4 добу (в 4,8 рази), використовуючи, можливо, органічну сполуку як джерело живлення та енергії. Проте надалі їх чисельність поступово знижується, ймовірно через утворення токсичних щодо



грибів продуктів. Разом з тим, можна припустити трансформацію *рамроду* мікроскопічними грибами в процесі кометаболізму з використанням додаткових джерел енергії та відновлених кофакторів. Утворені сполуки можуть індукувати синтез ферментів для трансформації пестициду та використання його як джерела живлення, і тому бути лімітуючим фактором біодеградації.

За умов мікробного пошкодження сталі присутність *рамроду* не стимулює розвиток мікроскопічних грибів – динаміка чисельності не відрізняється від контролю. Це вказує на складний характер взаємозв'язків між екзогенним джерелом живлення і енергії у вигляді пестициду та біопошкодженням сталі.

За даними гравіметричного аналізу (табл. 2) на 4 добу руйнування сталі стимулювалось присутністю *рамроду* ( $\gamma_m < 1$ ), хоча у водній витяжці ґрунту пестицид проявив протикорозійні властивості [20].

Таблиця 2

Показники інгібуючої дії *рамроду* за умов МІК сталі 45 в чорноземі опідзоленому

| Тривалість експерименту, доби | $K_m, *10^{-4}, \text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ |                              | $\gamma_m$ | $Z_m, \%$ |
|-------------------------------|---|------------------------------|------------|-----------|
|                               | без <i>рамроду</i>                                      | в присутності <i>рамроду</i> |            |           |
| 4                             | 2,48  | 7,57                         | 0,33       | —         |
| 15                            | 2,49  | 1,65                         | 1,51       | 33,7      |
| 30                            | 2,73  | 0,87                         | 3,15       | 68,3      |

На 15 та 30 добу спостерігається гальмування *рамродом* швидкості біопошкодження сталі у ґрунті, хоча в цей час інтенсивно розвиваються сульфат- та залізовідновлювальні бактерії. Коефіцієнт гальмування корозійного процесу ( $\gamma_m$ ) у ґрунті зростає від 1,51 до 3,15. Захисні властивості *рамроду* можна пояснити як значним зменшенням чисельності ДНБ, так й утворенням на поверхні сталі захисної сульфідної плівки.

#### Висновки

Присутність пестициду *рамрод* в ґрунті за умов мікробно-індукованої корозії сталі 45 порізно впливає на мікроорганізми еколого-трофічних груп: чисельність сульфат- та залізовідновлювальних бактерій значно збільшується після 4 діб (що співпадає з часом формування біоплівки на поверхні металу) на фоні пригнічення розвитку ДНБ.

1. Абдраштова С.А., Каиргельдина Д.Р., Иляетдинов А.Н. Роль денитрифицирующих микроорганизмов в коррозии стали // Микробиология. – 1988. – Т.57, № 3. – С. 481-484.
2. Андреюк Е.И., Иутинская Г.А., Дуйгеров А.Н. Почвенные микроорганизмы и интенсивное землепользование. – К.: Наук. думка, 1988. – 192 с.
3. Андреюк К.И., Козлова И.П., Коптєва Ж.П. та ін. Мікробна корозія підземних споруд. – К.: Наук. думка, 2005. – 260 с.
4. Бочаров Б.В. Защита от биоповреждений с помощью биоцидов // Актуальные вопросы биоповреждений. – М.: Наука, 1983. – С. 174-202.
5. Герасименко А.А., Калиновский С.А., Палагин В.Н. и др. Микробная коррозия металлов // Матер. семин. "Защита оборуд. и сооруж. от кор." - Москва. - 1999. – С. 32-37.
6. Козлова И.А. Микробиологические аспекты коррозии металлов: Автореф. дис... д-ра биол. наук: 03.00.07 / Ин-т микробиол. и вирусол. им. Д.К.Заболотного АН УССР. – К., 1989. – 41 с.
7. Козлова И.О., Коптєва Ж.П., Заніна В.В. та ін. Стратегія вивчення мікробно індукованої корозії: біоплівки, їх формування і функціонування // Матеріали ІV Міжнар. конф.-виставки "Проблеми корозії та протикороз. захисту матеріалів" (Корозія-98). – Львів: Фізико-механ. ін-т ім. Г.В.Карпенка НАН України. - 1998. – С. 325-328.
8. Круглов Ю.В. Микрофлора почв и пестициды. – М.: Агропромиздат, 1991. – 129 с.
9. Курмакова И.Н. Использование отходов производства в противокоррозионной защите. – Экотехнология и ресурсосбережение. – 1998. – С.34-40.
10. Лакін Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1973. – 343 с.
11. Липович Р.Н., Асфандияров Ф.А., Низамов К.Р. и др. Методика оценки защитного действия реагентов, подавляющих микробиологическую коррозию: Препр. / ВНИИСПТ нефть. – Уфа: 1977. – 35 с.
12. Микроорганизмы и охрана почв / Под ред. Д.Г.Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 206 с.



13. *Могильницкий Г.М.* Микробиологическая коррозия магистральных трубопроводов и методы, предотвращающие её развитие // Биоповреждения в строительстве. – М.: Стройиздат, 1984. – С. 230-245.
14. Определение содержания железа в почве с применением сульфосалициловой кислоты / Под ред. Н.Г.Зырина, Д.С.Орлова: Препр. / Московский государственный университет. – М.: 1980.
15. *Остроумов Э.А.* Метод определения форм соединений серы в отложениях Черного моря // Труды Института океанологии АН СССР. – М.: Наука, 1953. – Т.7. – С. 57-69.
16. *Романенко В.И., Кузнецов С.И.* Экология микроорганизмов пресных водоёмов. – Л.: Наука, 1974. – 193 с.
17. *Ротмистров М.Н., Гвоздяк П.И., Ставская С.С.* Микробная деструкция синтетических органических веществ. – К.: Наук. думка, 1975. – 224 с.
18. *Смыкун Н.В., Курмакова І.М., Третьак О.П.* Вплив пестицидів на процес корозії сталі у ґрунті // Проблеми корозії та протикорозійного захисту конструкційних матеріалів: в 2-х т. / Спецвипуск журналу "Фізико-хімічна механіка матеріалів". – Львів: Фізико-механічний інститут ім.Г.В.Карпенка НАН України, 2000. – Т.2. – С.756-760.
19. *Смыкун Н.В., Янченко В.А., Третьак А.П., Курмакова И.Н.* Влияние некоторых гетероциклических соединений на коррозионно-опасные группы микроорганизмов почвы // Бюлетень Інституту сільськогосподарської мікробіології. – 2000. - № 7. – С. 87-88.
20. *Смыкун Н.В., Третьак А.П., Курмакова И.Н.* Бицидное и защитное действие некоторых пестицидов в условиях почвенной коррозии // Мікробіол. журн. - 2001. – Т. 63, № 4. – С. 85-90.
21. *Фокин М.Н., Жигалова К.А.* Методы коррозионных испытаний металлов. – М.: Металлургия, 1986. – 80 с.
22. *Costerton J.W., Geesey G.G., Jones P.A.* Bacterial biofilms in relation to internal corrosion monitoring and biocide strategies / Corrosion's 87, San Francisco, March 9-13. – San Francisco, 1987. – P. 54.
23. *Miller J.D.A., Tiller A.K.* Microbial corrosion of buried and immersed metal // Microbial aspects of metallurgy. Aylesbury: Med. and Technol. Publ. – 1971. – P. 61-106.

*N.V. Smykun, A.P. Tretyak, I.N. Kurmakova*

Chernigov State Pedagogical University, Ukraine

THE DEVELOPMENT OF THE SOCIETIES OF SOIL MICROORGANISMS IN PRESENCE OF THE RAMROD UNDER THE BIODETERIORATION OF METAL

The development of the corrosion-dangerous microbial societies of ashial chernozem in presence of *ramrod* in short-term (30 days) laboratory model experiment is investigated. It is shown that the presence of *ramrod* changes the dynamics of number of microorganisms of investigated ecologo-trophic groups of soil (sulphate-reducing, denitrifying, ammonifying bacteria, iron-restoring bacteria and microfungi) in the process of microbial induced corrosion of steel 45. The development of the corrosion-dangerous microbial coenose coincides in time with the formation of biofilm. The inhibition of microbial induced corrosion of steel 45 by *ramrod* is provided by oppression of the development of denitrifying bacteria.

*Key words: the corrosion-dangerous microbial societies, the microbial induced corrosion, the ramrod, sulphate-reducing bacteria, denitrifying bacteria, ammonifying bacteria, iron-restoring bacteria, microfungi*

Рекомендує до друку

В.В. Грубінко

Надійшла 2.12.2005