УДК 633.854.78:631.472.8:631.587

ВПЛИВ ГЕРБІЦИДУ ІМІДАЗОЛІНОНОВОЇ ГРУПИ НА СТАН ГРУНТОВОЇ МІКРОБІОТИ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОНЯШНИКА НА БОГАРІ

Н.І. Костюченко[1], В.О. Лях[1,2]

[1]*Запорізький національний університет*
[2]*Інститут олійних культур НААН*

У статті наведено результати вивчення впливу різних концентрацій гербіциду Євро-лайтнінг Плюс на агроекологічний стан і мікробіологічні показники ґрунту агроценозів соняшнику. За результатами досліджень встановлено зниження загальної чисельності основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів у кореневій зоні соняшника після обробки гербіцидом з дозою 1,2 л/га в 1,2–1,3 рази порівняно з контролем, та в 1,4–1,5 рази з дозою 2,5 л/га. Встановлена тенденція зростання в 2 рази коефіцієнтів оліготрофності та педотрофності зі збільшенням дози гербіциду. Виявлено зниження загальної чисельності мікроскопічних грибів під впливом гербіциду у 2,0-2,9 рази. При цьому, мікрофлора ризосфери соняшника у порівнянні з ґрунтом міжрядь характеризувалася більшою їх кількістю.

Ключові слова: соняшник, гербіцид, ґрунт, ризосфера, міжряддя, мікрофлора, бактерія, мікроскопічний гриб.

Вступ

Сучасні технології вирощування соняшника передбачають створення оптимальних умов розвитку рослин впродовж вегетації. Обробіток ґрунту є важливою умовою для вирощування польових культур, адже раціональний обробіток здатний підвищити врожайність культур не на один рік (Ткаліч 2014). Одним з найбільших негативних факторів, що знижують ефективність заходів, спрямованих на підвищення врожайності соняшнику, вважається забур'яненість посівів (Poliakov *et al*. 2015). Використання гербіцидів значно зменшує кількість бур□янів та сприяє повноцінному росту та розвитку рослин (Ткаліч 2014).

Євро-лайтнінг Плюс – гербіцид, який знищує широкий спектр однодольних та дводольних бур'янів, включаючи найбільш проблемні – амброзію, вовчок, осот. Препарат діє через листя та грунт. Препаративна форма являє собою водний розчин, діючими речовинами якого є імазапір (7,5 г/л) та імазамокс (16,5 г/л), які поглинаються через листя та проникають через кореневу систему. Пересуваючись ксилемою і флоемою, вони діють як інгібітор ензиму ацетогідроксиацидсинтази, або ацетолактатсинтази. Ензим каталізує утворення амінокислот лейцину, валіну, ізолейцину, тому пригнічення дії ферменту сприяє зниженню синтезу амінокислот та загибелі бур□янів. Розкладання препарату в ґрунті відбувається мікробіологічно (Рекомендации, 2017).

Мікробоценози ґрунту відіграють значну роль у життєдіяльності рослин, оскільки вони здатні переробляти необхідні органічні речовини для росту рослин (Tkacz and Poole 2015). Проте взаємодія мікробів і рослин не завжди зводиться до трофічних функцій. У багатьох випадках вона обумовлюється метаболічними

© Н.І. Костюченко, В.О. Лях

зв'язками, опосередкованими фізіологічно активними речовинами, що продукуються мікроорганізмами і впливають на ріст рослин.

Пестициди, які використовуються для захисту культур, мають неоднозначний вплив на мікробіоту. Реакція мікробіоценозу залежить від хімічного складу пестициду, ґрунтово-кліматичних умов тощо. Лише деякі пестициди можуть швидко перетворюватися на менш токсичні сполуки, інші ж акумулюються в ґрунті, особливо при постійному використанні одних і тих же препаратів. Таке накопичення пестицидів призводить до зменшення врожайності культур, оскільки має безпосередній вплив на родючий шар ґрунту. Деякі мікроорганізми здатні утилізувати певні хімічні сполуки, які входять до складу гербіцидів. Серед деструкторів імозамоксу були відмічені *Bacillus* sp., *Pseudomonas sp.*, *Alcaligenes* sp., стійкість до кломазону відмічено у *Pseudomonas* sp., *Streptomyces* sp. та *Bacillus* sp., до гліфосату – у *Bacillus* sp. і *Arthrobacter* sp, до 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти – у *Bacillus* sp. та *Streptomyces* sp. (Бровко та ін. 2018).

Рядом авторів встановлено негативний вплив на біологічні показники ґрунту, включаючи токсичність, чисельність мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп, біомасу, дихання при дії гербіциду на основі імазамоксу та кломазону на прикладі вирощування сої. При цьому був встановлений негативний вплив на ґрунтову мікробіоту через порушення взаємозв'язків біоценозу, наслідком чого стала зміна родючості ґрунту (Бровко та ін. 2016).

Метою наших досліджень було з□ясування впливу різних концентрацій препарату Євро-лайтнінг Плюс на стан ґрунтової мікробіоти агроценозів соняшника при вирощуванні його на богарі.

Матеріали та методи досліджень

Дослідження проводились у 2017-2018 роках. Зразки ґрунту для аналізу відбирали з ризосфери рослин і ґрунту міжрядь у кінці вегетації соняшнику за варіантами: 1 – контроль (ґрунт без внесення гербіциду), 2 – ризосферний ґрунт після обробки препаратом (доза внесення 1,2 л/га); 3 – ґрунт міжрядь (1,2 л/га); 4 – ризосферний ґрунт (2,5 л/га); 5 – ґрунт міжрядь (2,5 л/га). Термін обробки – 2-4 пари справжніх листків соняшника.

Для обліку чисельності основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів використовували оптимальні середовища: для амоніфікаторів – м'ясо-пептонний агар (МПА), для бактерій, що утилізують мінеральні сполуки азоту – крохмаль-аміачний агар (КАА), для оліготрофів – ґрунтовий агар (ҐА), для олігонітрофілів – голодний агар (ГА); для бактерій роду *Azotobacter* – середовище Ешбі; для мікроскопічних грибів використовували середовище Чапека-Докса з сахарозою (ЧА). Тривалість культивування бактерій – 3-5 діб, грибів 7-14 діб за температури 28°С. Повторність досліду – п'ятиразова. Чисельність мікроорганізмів, що виросли, виражали в колоніє утворювальних одиницях (КУО) у 1 грамі повітряно сухого ґрунту; кількість бактерій роду *Azotobacter* визначали за % обростання ґрунтових грудочок на середовищі Ешбі.

Для оцінки активності мікробіологічних процесів, що протікають у досліджуваних ґрунтах, використовували коефіцієнти: мінералізації-іммобілізації ($C_{м-і}$), який розраховували за співвідношенням кількості мікроорганізмів, що засвоюють мінеральний і органічний азот (КАА/МПА); оліготрофності ($C_{оліг.}$) – за відношенням кількості оліготрофів, що ростуть на бідних середовищах, до сумарної чисельності бактерій на КАА і МПА;

© Н.І. Костюченко, В.О. Лях

педотрофності ($C_{пед.}$) – за співвідношенням мікроорганізмів на ґрунтовому агарі до кількості мікроорганізмів, що виросли на м'ясопептонному агарі (ҐА/МПА) (Методы … 1991).

Статистичну обробку отриманих даних проводили з використанням пакету прикладних програм Microsoft *Excel* 2013.

Результати досліджень та їхнє обговорення

Порівняльний аналіз кількісних характеристик мікробних комплексів кореневої зони соняшника, що вирощувався у стаціонарному інфекційному розсаднику Інституту олійних культур НААН України, показав достовірні відмінності чисельності основних еколого-трофічних груп бактеріальної мікрофлори від контролю в залежності від дози гербіциду Євро-Лайтнінг Плюс (табл. 1). Так, загальна чисельність бактерій в ризосфері контрольних рослин (без обробки гербіцидом) становила 12,82 млн. КУО/г ґрунту. Після обробки препаратом з дозою 1,2 л/га загальна кількість бактеріальної мікрофлори в ризосфері соняшника й міжряддях становила відповідно 9,99 і 8,92 млн. КУО/г ґрунту. Найменш чисельними були мікробоценози, що сформувалися в ризосфері й міжряддях при обробці гербіцидом з дозою 2,5 л/га – 6,92 і 5,52 млн. КУО/г ґрунту. У цілому, загальна чисельність бактеріальної мікрофлори кореневої зони соняшника після обробки гербіцидом з дозою 1,2 л/га знижувалась у 1,2–1,3 рази порівняно з контролем, а у варіанті з дозою препарату 2,5 л/га – у 1,4–1,5 рази.

Таблиця 1

Чисельність бактерій різних еколого-трофічних груп, виділених з ґрунту агроценозів соняшника

Зона кореня	Чисельність бактерій, млн. КУО / г ґрунту			
	амоніфі-катори	мікроорганізми, що утилізують мінеральний азот	оліготрофи	педотрофи
Контроль				
Ризосфера	1,67±0,10	8,93±1,22	0,73±0,08	1,49±0,1
Євро-Лайтнінг Плюс (1,2 л/га)				
Ризосфера	1,40±0,17	6,93±0,82	0,34±0,07*	1,32±0,11
Міжряддя	1,32±0,03	6,10±1,11	0,59±0,04	0,91±0,22
Євро-Лайтнінг Плюс (2,5 л/га)				
Ризосфера	1,20±0,06*	4,19±0,43*	0,30±0,04*	1,23±0,03
Міжряддя	1,08±0,04*	2,93±0,15*	0,35±0,02*	1,16±0,13

Примітка. * – відмінності від контролю суттєві при $p > 0,95$

Нами встановлена загальна тенденція зниження чисельності основних еколого-трофічних груп бактеріальних мікроорганізмів зі зростанням дози препарату. Так, чисельність амоніфікаторів у кореневій зоні соняшнику без обробки гербіцидом (контроль) становила 1,67 млн. КУО/г ґрунту і перевищувала

© Н.І. Костюченко, В.О. Лях

показники дослідних варіантів у 1,3 рази (доза 1,2 л/га) і в 1,5 рази (доза 2,5 л/га). Чисельність мікроорганізмів, що утилізують мінеральний азот (на КАА), у ризосфері та міжряддях знижувалась порівняно з контролем відповідно в 1,3 і 1,5 рази (доза 1,2 л/га) та в 2 і 3 рази (доза 2,5 л/га).

Кількісні показники бактеріальної мікрофлори, що виросла на ґрунтовому агарі (ГА), мали тенденцію до зниження в 1,7–2,5 порівняно з контролем, але, слід зазначити, що чисельність бактерій у ризосфері соняшника в усіх варіантах була нижчою порівняно з ґрунтом міжрядь. Чисельність оліготрофів, що виросли на голодному агарі, була досить високою і достовірно не відрізнялась від контролю. Виключенням були зразки ґрунту міжрядь (доза 2,5 л/га), де чисельність мікрофлори була менше в 1,3–1,5 рази ніж у інших варіантах і в 1,6 рази порівняно з контролем.

Найменша чисельність бактерій роду *Azotobacter* була відмічена у контролі (21 % оброслих ґрунтових грудочок), тоді як у досліді відмічалася тенденція до зростання цього показника. Так, при обробці гербіцидом дозою 1,2 л/га чисельність бактерій у ризосфері та в міжряддях становила відповідно 62 % і 51 %, що перевищувало показники контролю майже в 3 і 2,4 рази. При підвищенні дози внесення гербіциду чисельність бактерій *Azotobacter* становила відповідно 48 і 39 % (рис. 1).

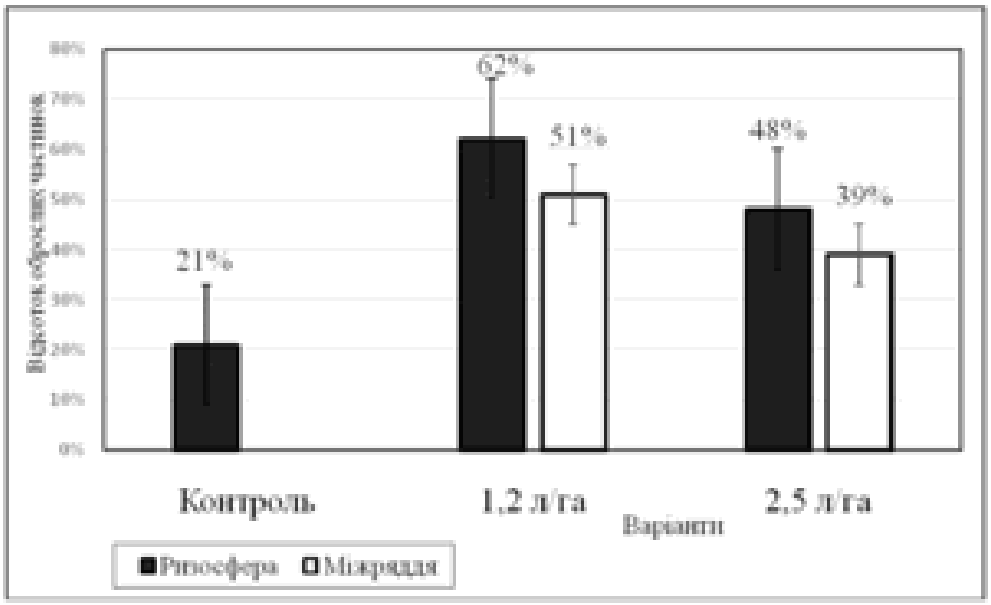

Рис. 1. **Чисельність бактерій роду *Azotobacter* (кількість оброслих грудочок, %)**

Загальна чисельність мікроскопічних грибів у ризосфері контрольних рослин була в 2,3 рази більше, ніж у ґрунті міжрядь соняшника при обробці гербіцидом у дозі 1,2 л/га. Обробка препаратом з дозою 2,5 л/га призвела до більшого зниження чисельності грибів. Так, кількісні показники в контролі були більшими в 2,0 і 2,9 разів за ті самі показники відповідно в ризосфері рослин і ґрунті міжрядь (рис. 2).

© Н.І. Костюченко, В.О. Лях

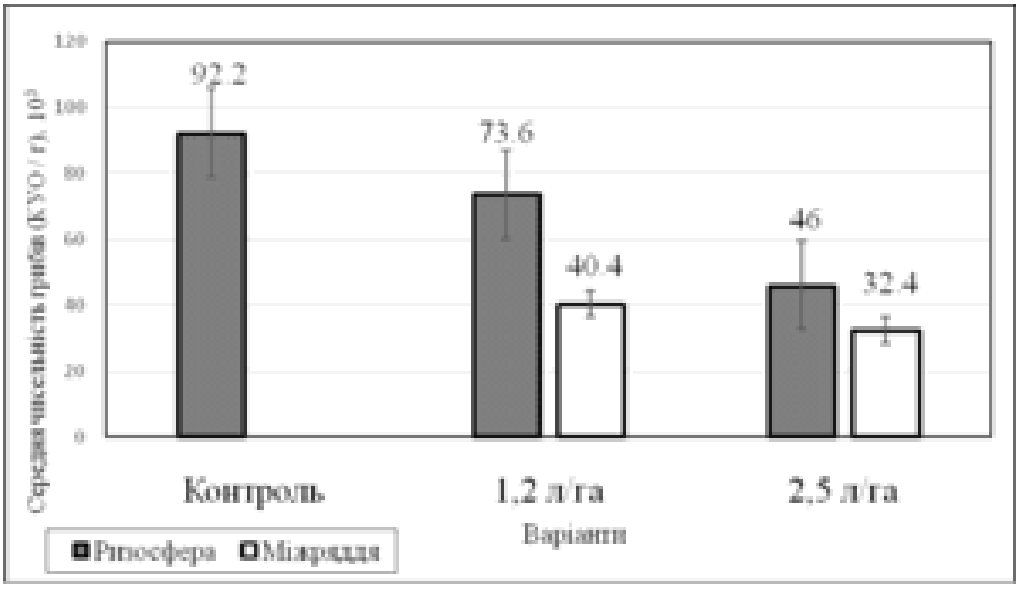

Рис. 2. **Загальна чисельність колоній грибів на середовищі Чапека-Докса**

Проведений нами аналіз активності біологічних процесів, що протікають у досліджуваних ґрунтах, за розрахованими коефіцієнтами показав відмінності мікробіологічних показників в ризосфері соняшника й ґрунті міжрядь при обробці різними дозами гербіциду. Як свідчать дані таблиці 2, мікробіологічна активність ґрунту знижувалася зі зростанням дози препарату. Слід зазначити, що в ризосфері рослин процеси мінералізації відбувались більш активно, що відбивалось на значеннях коефіцієнтів мінералізації-іммобілізації, які перевищували в 1,3 рази показники ґрунту міжрядь.

Таблиця 2

Мікробіологічні показники ґрунту агроценозів соняшника за дії різних доз гербіциду Євро-Лайтнінг Плюс
(2017 р.)

Варіант (доза препарату)	Зона кореня	Коефіцієнти		
		мінералізації-іммобілізації	оліготрофності	педотрофності
Контроль	Ризосфера	5,35	0,14	0,44
Євро-Лайтнінг Плюс (1,2 л/га)	Ризосфера	4,95	0,16	0,24
	Міжряддя	4,64	0,12	0,45
Євро-Лайтнінг Плюс (2,5 л/га)	Ризосфера	3,49	0,22	0,25
	Міжряддя	2,71	0,30	0,32

© Н.І. Костюченко, В.О. Лях

Про насичення ґрунту легкодоступними сполуками мінерального азоту зі зростанням концентрації гербіциду свідчать більш високі значення коефіцієнтів оліготрофності ($C_{оліг}$ = 0,22–0,3), які перевищували майже в 2 рази показники як ризосфери і міжряддя за дози 1,2 л/га, так і контролю ($C_{оліг.}$ =0,14).

Коефіцієнти педотрофності, які відбивають швидкість розкладання гумусу і споживання фульвокислот, знижувались в ризосфері дослідних рослин соняшника майже в 2 рази порівняно як із контролем, так і з ґрунтом міжрядь, що свідчить про уповільнення процесів розкладання гумусу автохтонною мікрофлорою.

Таким чином, встановлена загальна тенденція зниження чисельності основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів зі зростанням дози препарату. Мікробіологічні коефіцієнти, які відображають функціональну активність мікрофлори (коефіцієнти оліготрофності, мінералізації-іммобілізації, педотрофності), свідчать про зміни біологічної активності ґрунтової мікрофлори під впливом гербіциду Євро-Лайтнінг Плюс, що призводить до погіршення агроекологічного стану досліджуваних ґрунтів.

Висновки

Встановлена загальна тенденція зниження чисельності основних еколого-трофічних груп бактеріальних мікроорганізмів зі зростанням дози гербіциду імідазолінової групи: амоніфікаторів у 1,3-1,5 рази, мікроорганізмів, що утилізують органічний азот – у 1,5-3 рази, педотрофів – у 1,7-2,5 рази, оліготрофів – у 1,3-1,5 рази.

Виявлено, що на фоні зниження загальної чисельності мікроскопічних грибів під впливом гербіциду у 2,0-2,9 рази, мікрофлора ризосфери соняшника характеризувалася більшою їх кількістю, ніж ґрунт міжрядь, що, вочевидь, обумовлено специфічними кореневими ексудатами рослин соняшнику, які підтримують життєдіяльність певних мікробних угрупувань.

Розраховані коефіцієнти, які відображають функціональну активність мікрофлори (коефіцієнти оліготрофності, мінералізації-іммобілізації, педотрофності), свідчать про значний негативний вплив гербіциду Євро-Лайтнінг Плюс на біологічну активність ґрунтової мікрофлори.

Автори висловлюють подяку співробітникам лабораторії імунітету Інституту олійних культур НААН за можливість взяття зразків ґрунту для проведення мікробіологічної оцінки.

Література

1. Tkalich YI (2014) Продуктивність та економічна оцінка вирощування соняшнику при використанні різних обробітків ґрунту і гербіцидів (Productivity and economic evaluation of sunflower cultivation when using different cultivations of soil and herbicides). (In Ukrainian). Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS 20:198–203.

2. Poliakov OI, Nikitenko OV, Karaputa SK (2015) Вплив строків сівби та агроприйомів по догляду за рослинами на забур'яненість посівів соняшнику гібриду Регіон та його врожайність (Influencing of terms of sowing and plant care practices on weeds and yield in Sanflower hybrid Region).). (In Ukrainian). Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS 22:140–148.

© Н.І. Костюченко, В.О. Лях

3. Рекомендации по применению препаратов BASF для защиты подсолнечника в России в 2017 году (2017) (Recommendations on the use of BASF preparations for the protection of sunflower in Russia in 2017). (In Russian). p.43.

4. Tkacz A, Poole Ph (2015) Role of root microbiota in plant productivity. J Experimental Botany 66:2167–2175.

5. Brovko IS, Podgurska IO, Chabanyuk YaV, Kordunyan OO (2018) Скринінг мікроорганізмів – потенційних деструкторів гербіцидів (Scrining of microorganisms – potential herbicide destructors). (In Ukrainian). Agroecological Journal 1:127–131.

6. Brovko IS, Chabanyuk YaV, Mazur SV, Yashchuk VU (2016) Биосенсорные свойства почвенной микробиоты при воздействии пестицидов (Biosensor properties of soil microbiota when exposed to pesticides). (In Russian). Agroecological Journal 3:111–116.

7. Zvyagintsev DG (ed) (1991) Методы почвенной микробиологии и биохимии (Methods of soil microbiology and biochemistry). (In Russian). Moscow State University, Moscow.

ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДА ИМИДАЗОЛИНОНОВОЙ ГРУППЫ НА СОСТОЯНИЕ МИКРОБИОТЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА БОГАРЕ

Н.И. Костюченко[1], В.А. Лях[1,2]

[1]Запорожский национальный университет
[2]Институт масличных культур НААН

В статье приведены результаты изучения влияния разных концентраций гербицида Евро-лайтнинг Плюс на агроэкологическое состояние и микробиологические показатели почв агроценозов подсолнечника. Результатами исследований установлено снижение общей численности основных эколого-трофических групп микроорганизмов в корневой зоне подсолнечника после обработки гербицидом с дозой 1,2 л/га в 1,2–1,3 раза по сравнению с контролем и в 1,4–1,5 раза с дозой 2,5 л/га. Установлена тенденция возрастания в 2 раза коэффициентов олиготрофности и педотрофности с увеличением дозы гербицида. Выявлено снижение общей численности микроскопических грибов под влиянием гербицида в 1,3-2,9 раза. При этом, микофлора ризосферы подсолнечника по сравнению с почвой междурядий характеризовалась их большей численностью.

Ключевые слова: подсолнечник, гербицид, почва, ризосфера, междурядье, микрофлора, бактерия, микроскопический гриб.

© Н.І. Костюченко, В.О. Лях

THE EFFECT OF HERBICIDE OF IMIDAZOLINONE GROUP ON THE STATE OF MICROBIOTES WHEN SUNFLOWER IS GROWING AT DRY LAND

N.I. Kostyuchenko[1], V.A. Lyakh[1,2]

[1]Zaporozhye National University
[2]Institute of oilseed crops NAAS

Modern sunflower cultivation technologies provide for the creation of optimal conditions for the development of plants during vegetation. One of the biggest negative factors that reduce the effectiveness of measures aimed at increasing the yield of sunflower is considered to be infested crops. The use of herbicides greatly reduces the amount of weeds and contributes to the full growth and development of plants.

Euro Lightning Plus is a herbicide that destroys a wide range of monocotyledonous and dicotyledonous weeds, including the most problematic - ambrosia, broomrape, sow thistle. The herbicide acts through the leaves and the soil. The decomposition of the agent in the soil occurs microbiologically.

The purpose of our study was to find out the effects of various concentrations of Euro Lightning Plus on the condition of the soil microbiota of sunflower agrocenoses when grown on bog.

Samples of soil for analysis were taken from the rhizosphere of plants and inter-row soil at the end of the sunflower vegetation by variants: 1 - control (soil without application of the herbicide), 2 - rhizosphere soil after treatment with the preparation (dose of 1.2 l / ha); 3 - the soil between rows (1,2 l / ha); 4 - rhizosphere soil (2.5 l / ha); 5 - the soil between rows (2.5 l / ha).

To account for the number of major ecological and trophic groups of microorganisms, optimal media were used. Duration of cultivation of bacteria - 3-5 days, microscopic fungi - 7-14 days at a temperature of 28°C. Repeatability of the experiment is five-time. The number of grown microorganisms was expressed in colony forming units (CFU) in 1 gram of air-dry soil. The number of bacteria of the genus Azotobacter was determined by the percentage of clumping of soil lumps on the Ashby environment.

To evaluate the activity of microbiological processes occurring in the studied soils, the coefficients were used: mineralization-immobilization (C_{m-i}), oligotrophy ($C_{olig.}$), pedotrophy ($C_{ped.}$).

The analysis of the total number of colonies grown on Petri dishes showed the dependence of the number of bacteria and fungi on the dose of the agent. Thus, the total number of bacteria and actinomycetes in the control in 1,3-2 times exceeded the amount of microflora in experimental variants and amounted to 12,83 million CFU / g soil. The amount of bacterial microflora in the rhizosphere of plants was almost 1.5 times higher than the values of inter-row soil and amounted to a dose of 1.2 liters per hectare - 9.99 and 8.94 million CFU / g of soil, with a dose of 2.5 liters / ha - 6,8 and 6,03 million CFU / g of soil, respectively. The number of bacteria of the genus Azotobacter in the Ashby environment was reduced correspondingly with the increase in the dose of the drug and was respectively in the rhizosphere and the soil between rows 62,0 and 51,0 % of the fouling of soil lumps (dose of herbicide 1,2 l / ha) and 48,0 and 39,0 % (dose of herbicide 2.5 l / ha).

The total number of microscopic fungi in the rhizosphere of control plants was 2.0 times higher than in the soil between rows of the sunflower when treated with a herbicide at a dose of 1.2 l / ha. Treatment with a dose of 2.5 l / ha has led to a decrease in the number of microscopic fungi. Thus, the

© Н.І. Костюченко, В.О. Лях

quantitative indicators in the control were higher at 2.0 and 2.9 for the same indices, respectively, in the rhizosphere of plants and the soil between rows.

Our analysis of the activity of biological processes occurring in the studied soils, according to the calculated coefficients, showed differences in the microbiological parameters in the sunflower rhizosphere and the soil between rows in the treatment of different herbicide doses. Microbiological activity of the soil decreased with increasing dose of the herbicide. It should be noted that in the rhizosphere of the plants mineralization processes took place more actively, which was reflected in the values of mineralization-immobilization coefficients, which exceeded the values of the inter-row soil in 1,3 times.

It was established that higher values of pedotrophy coefficients were in the soil between rows ($C_{ped.}$ = 0.45 and 0.32) compared to rhizospheric soils ($C_{ped.}$ = 0.24 and 0.25), as well as the increase of oligotrophy factors for the action of the herbicide concentration of 2.5 l / ha ($C_{olig.}$ = 0.22-0.30) in comparison with control ($C_{olig.}$ = 0.14), indicating the activation of mineralization processes and the degree of involvement in the soil humus cycle and its transformation in the studied soils.

Thus, the general tendency of decrease in the number of major ecological and trophic groups of microorganisms with increasing dose of the herbicide is established. The calculated coefficients reflecting the functional activity of the microflora (coefficients of oligotrophy, mineralization-immobilization, pedotrophy) indicate changes in the biological activity of the soil microflora under the influence of the Euro Lightning Plus herbicide, which leads to deterioration of the agro-ecological state of the studied soils.

Key words: sunflower, herbicide, soil, rhizosphere, row spacing, microflora, bacterium, microscopic fungus.

© Н.І. Костюченко, В.О. Лях