

УДК 574.2:574.21+579.6+579.64

**ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДОВ НА ЧИСЛЕННОСТЬ
МИКРООРГАНИЗМОВ И БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ В
АГРОЦЕНОЗАХ СОИ**

И. С. БРОВКО, научный сотрудник, заведующий лабораторией экологии
микроорганизмов, отдела агроэкологии и природопользования

E-mail: brovko@rizoaktiv.com

В. У. ЯЩУК, докторант, кандидат сельскохозяйственных наук

E-mail: yaschuk@menr.gov.ua

Я. В. ЧАБАНИЮК, заведующий отделом агроэкологии и природопользования,
старший научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук

Институт агроэкологии и природопользования НААН

E-mail: chabaniuk@rizoaktiv.com

Аннотация. Ввиду того, что биологическое разнообразие являясь основой живого вещества биосферы, определяет устойчивость экосистем на Земле, актуальным является мониторинг и оценка всех факторов способных влиять на состояние агросферы, определять факторы риска, а также выявлять связи между ними. В работе использовались общепринятые методики проведения полевого опыта, методики почвенной микробиологии, методы биохимии. В полевых опытах изучено влияние гербицидов имазамокс и кломазон на численность микроорганизмов основных эколого-трофических и таксономических групп в ризосфере сои. Установлено закономерное влияние препаратов в фазе V 2 растений сои по сравнению с почвой природной экосистемы, сделано предположение о возможности деструкции веществ, входящих в состав препарата кломазон, бактериями, способными использовать минеральный азот почвы. Численность мицелиальных микроорганизмов (стрептомицетов и микромицетов) возрастала в фазы V 2 и R 2 для растений сои соответственно на 30-40 % и 10-15 %. Более чувствительными к воздействию гербицидов были показатели биологической активности почвы. Таким образом, влияние гербицидов имазамокс и кломазон было достоверным на начальных этапах развития растений, начиная с фазы R 2 влияние по показателям численности микроорганизмов, биологической активности почвы и активности симбиотической системы существенно уменьшалось и нивелировалось в конце вегетации. Репрезантативным показателем есть фитотоксичность почвы при использовании исследуемых препаратов.

Ключевые слова: почвенная микробиота, биологическая активность почвы, гербициды, имазамокс, кломазон

Актуальность. Использование пестицидов и агрохимикатов в сельском хозяйстве влияет не только на производительность возделываемых культур и качество их урожая, но и на экологическое состояние почвы, а так же, как следствие на количество и разнообразие растительного покрова и почвенной биоты, что является индикатором безопасности использования веществ в сельском хозяйстве.

Каждый вид организмов в биогеоценозе (даже незначительный) имеет множественные связи со значительной численностью других видов. Исчезновение какого-либо вида животных или растений может вызвать непредсказуемые последствия и даже разрушения всего биогеоценоза. Биоразнообразие можно отнести к объективным факторам оценки состояния окружающей среды и устойчивости экосистем. Биологическое разнообразие составляет основу структурной и функциональной организации живого вещества биосферы, определяет стабильность и устойчивость экосистем. Оно выполняет регулирующую функцию в осуществлении всех биогеохимических, климатических и других процессов на Земле [1].

Анализ последних исследований и публикаций. Учеными в последних публикациях осуществляется моделирование основных факторов современного экологического состояния агроценоза Украины в рамках концепции экологической функции биоразнообразия, что позволяет обосновать связь между обедневшим агробиоразнообразием, проблемами экологии и сельскохозяйственного производства.

Пестициды могут влиять на растительно-микробные взаимодействия через их воздействие на возбудителя или на другую почвенную биоту. Для почвенных микроорганизмов характерна определенная выборочная чувствительность к гербицидам и пестицидам в целом. Химические обработки в основном приводят к гибели чувствительных к определенным препаратам

видов и родов микроорганизмов, активизации устойчивых мутантов и, используемые гербицид как энергетический материал. Вследствие этого наблюдается нарушение состояния равновесия почвенной экосистемы и соответственно – условий самоочищения почвы, происходящие из-за деятельности последовательно сменяющих друг друга рас микроорганизмов, сужение спектра микробиологической активности вследствие как непосредственного микробоцидного действия гербицидов, так и через изменения экологической среды [2].

Цель исследования – установить зависимость изменения численностей микроорганизмов различных эколого-трофических групп от применения гербицидов, фазы развития растений сои и периода отбора пробы для естественной экосистемы.

Материалы и методы исследований. В течение 2014 – 2016 гг. на опытном поле отдела агроэкологии и биобезопасности ИАП НААН (г. Хмельник, Винницкой обл.) Полевые исследования проводили по изучению эффективности гербицидов на основе имазамокса (40 г/л) и кломазона (480 г/л). На черноземе типичном с содержанием гумуса – 4,2 %, гидролизованного азота – 125 мг/кг, подвижного фосфора – 230, обменного калия – 75 мг/кг, рН солевой вытяжки – 6,6. Образцы почвы в посевах сои сорта Лыбидь (селекции «НИИ сои») отбирали в следующие фазы онтогенеза растений: V2 (появление 2 тройчатого листа), R2 (цветение), R4 (налив зерна), определяли численности микроорганизмов основных эколого-трофических и таксономических групп, а также показатели биологической активности почвы (дыхание, биомасса, фитотоксичность, антимикробная, фосфатазная, полифенолоксидазная и пероксидазная активности) определяли общепринятыми методами [3-5]. Статистическую обработку данных осуществляли с помощью пакета программ Microsoft Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Существуют противоречивые данные о влиянии пестицидов на микробиоту почвы. По

одним данным пестициды, в частности гербициды, не имеют влияния на почвенные микроорганизмы, другие свидетельствуют о существенном их влиянии [6-8].

Нами установлено, что почвенные гербициды имазамокс и кломазон не осуществляли значительного влияния на количество микроорганизмов основных эколого-трофических групп. Наблюдались достоверные изменения на начальных этапах развития растений.

В фазе V2 (появление 2 тройчатого листа) было отмечено снижение количества амонифицирующих микроорганизмов в почве агроэкосистемы сои по сравнению с естественной экосистемой, в среднем за годы исследований их доля уменьшилась на 35-40 % от массы. Закономерности влияния пестицидов на эту группу микроорганизмов нами не обнаружено (Рис. 1).

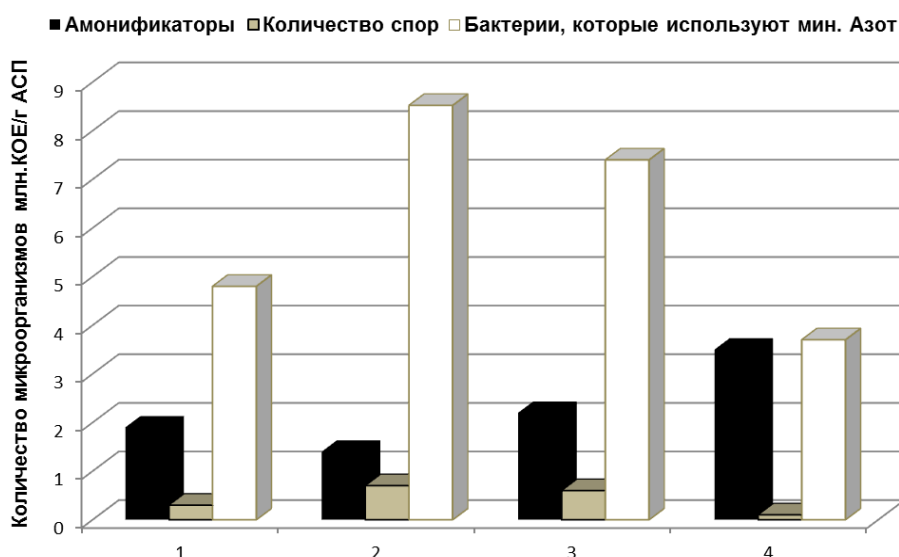


Рис. 1. Влияние гербицидов на количество микроорганизмов основных эколого-трофических и таксономических групп фаза V2 – появление 2 тройчатого листка (1 – Контроль; 2 – препарат имазамокс; 3 – препарат кломазон; 4 – природная экосистема)

Подтверждением негативного воздействия пестицидов на микробиоту почвы является увеличение количества спор в активные фазы органогенеза

растений, поскольку образование спор у микроорганизмов является ответом на действие неблагоприятных факторов. В фазе налива зерна наблюдалось уменьшение количества спорных форм до уровней контрольного варианта и почвы природной экосистемы. Были отмечены тенденции к росту числа бактерий, использующих минеральный азот, в варианте с применением препарата кломазон, вероятно, представители эта группа микроорганизмов способна использовать вещества, входящие в состав препарата, в своих метаболических процессах (Рис. 2).

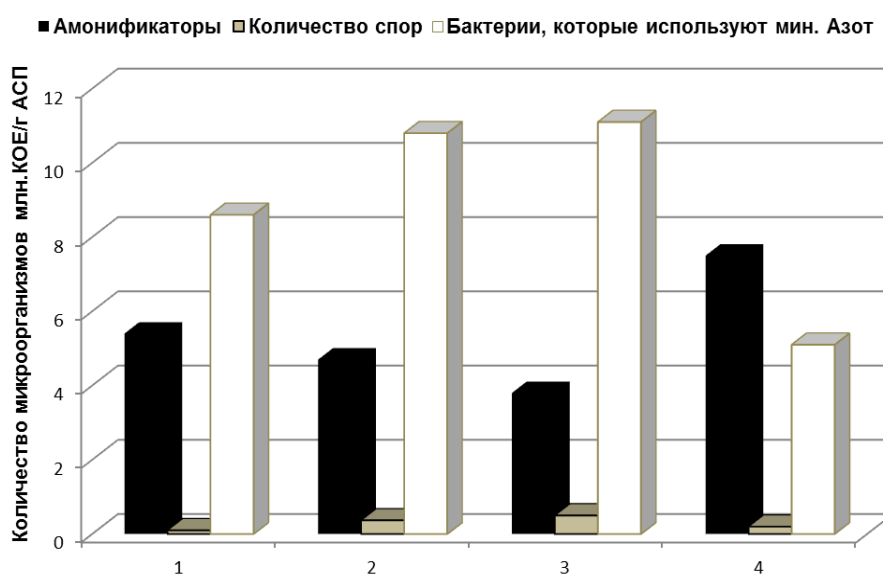


Рис. 2. Влияние гербицидов на количество микроорганизмов основных эколого-трофических и таксономических групп фаза R2 (цветение) (1 – Контроль; 2 – препарат имазамокс; 3 – препарат кломазон; 4 – природная экосистема)

Это предположение является интересным с точки зрения поиска микроорганизмов, способных разлагать эти вещества, что может быть основой биоремедиации. Следует заметить, что количество микроорганизмов этой группы стабилизировалась в почве агроэкосистемы в конце вегетации и была на уровне 7,1 – 7,7 по сравнению с 38 млн КОЕ в почве природной экосистемы (Рис. 3).

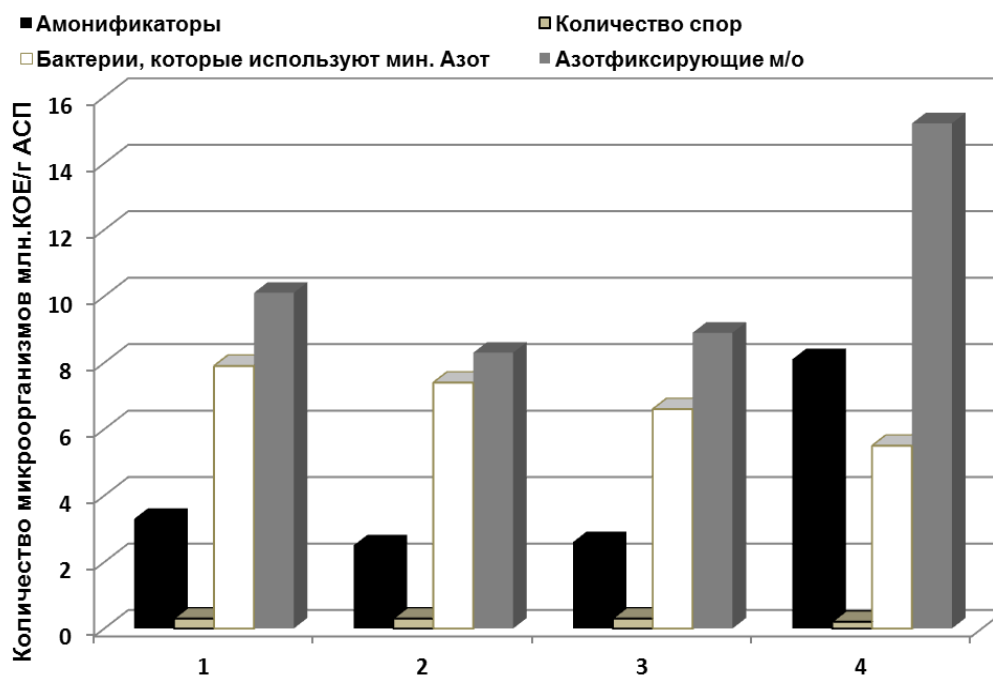


Рис. 3. Влияние гербицидов на количество микроорганизмов основных эколого-трофических и таксономических групп фаза R4 (налив зерна) (1 – Контроль; 2 – препарат имазамокс; 3 – препарат кломазон; 4 – природная экосистема)

Нами были отмечены тенденции к незначительному снижению количества азотфиксирующих микроорганизмов по сравнению с контролем, однако их количество в почве агроэкосистем была в 1,8-2 раза меньше по сравнению с этим показателем в природной экосистеме.

Микроорганизмы, способные использовать питательные вещества из очень разбавленных растворов и те, что используют для своей жизнедеятельности вещества из запасов почвы, не реагировали на пестицидную нагрузку в вариантах наших исследований. Количество олиготрофов и педотрофов на протяжении вегетационного периода достоверно не менялось по сравнению с контролем (Табл. 1).

Таблица 1. Влияние гербицидов на биологическую активность почвы

Вариант	Дыхание мг, CO ₂ /кг	Биомасса мкг, С/г почвы	Полифенолоксидазная активность, мг пурпургалина/г почвы	Пероксидазная активность, мг пурпургалина/г почвы	Фосфатазная активность, мгР ₂ О ₅ /100 г почвы за 1 час	Фитотоксичность, %
Фаза V2 (появление 2 тройчатого листа)						
Контроль	111,1	526,7	0,311	0,286	5,4	3,4
Имазамокс	51,3	341,9	0,297	0,254	3,1	9,2
Кломазон	67,5	338,6	0,307	0,255	3,4	11,3
Природная экосистема	94,6	574,5	0,287	0,291	2,1	1,6
НСР₀₅	8,9	21,3	0,014	0,017	0,7	4,7
Фаза R2 (цветение)						
Контроль	124,7	547,3	1,7	6,2	0,326	0,269
Имазамокс	97,3	498,5	8,1	4,5	0,301	0,262
Кломазон	98,8	508,8	9,5	4,3	0,299	0,272
Природная экосистема	111,1	614,5	3,5	2,5	0,283	0,275
НСР₀₅	8,9	21,3	4,7	0,7	0,014	0,017
Фаза R4 (налив зерна)						
Контроль	78,7	335,3	9,1	4,2	0,250	0,232
Имазамокс	71,7	302,5	13,1	3,9	0,233	0,221
Кломазон	67,1	294,4	16,7	3,4	0,226	0,207
Природная экосистема	86,4	447,1	2,4	1,4	0,262	0,231
НСР₀₅	8,9	21,3	4,7	0,7	0,014	0,017

Мицелиальные микроорганизмы закономерно реагировали на внесение почвенных гербицидов [9] своим увеличением в фазах V2 (появление 2 тройчатого листа) и R2 (цветение). Так, количество стрептомицетов возросло на 30-40 %, микромицетов – на 10-15 %, но уменьшалась до уровня контрольного варианта в конце вегетации, в итоге оставалась на 40 % выше количества этих микроорганизмов в почве природного аналога.

Показатель содержимого микроорганизмов рода *Azotobacter* в почве природной экосистемы значительно преобладал, нежели в почве агроэкосистемы. Самое высокое содержимое, по доле комочков обростания нами отмечено во время второго их отбора из почвы природной экосистемы, во времени соответствовало фазе R2 (цветение) растений сои и составил 79 %.

Влияние гербицидов имазамокса и кломазона на бактерии рода *Azotobacter* приводило к снижению микроорганизмов на 40-45 % по сравнению с вариантом, где растения сои выращивались без внесения гербицидов и на 51-67 % по сравнению с естественной экосистемой.

Более чувствительными к воздействию гербицидов оказались показатели биологической активности почвы, однако по показателям количества микроорганизмов основных эколого-трофических групп, достоверными их изменения были только на начальных этапах органогенеза растений.

Начиная с фазы R2 (цветение), влияние исследуемых факторов существенно уменьшалось и нивелировались в конце вегетации растений. Репрезентативным является рост фитотоксичности почвы при использовании препаратов имазамокс и кломазон. Следует отметить, что этот показатель имел накопительный характер. Наблюдался ежегодный рост фитотоксичности почвы, в частности в конце вегетации культуры.

В ходе проведения опытов оказалось, что фитотоксичность постепенно увеличивалась, особенно при применении кломазона. В 2016 году были зафиксированы самые высокие показатели – 25-31 % по сравнению 10-19 % с 2014 годом. К тому же в природной экосистеме фитотоксичность оставалась относительно постоянной (1-4 %) (Табл. 2).

Таблица 2. Влияние гербицидов на активность симбиотической системы сои сорта Лыбедь, фаза R2 (цветение)

Вариант	Количество клубеньков, шт./растение	Масса клубеньков, г/растение	Нитрогеназная активность, мкМольС ₂ Н ₄ /растение за 1 час
Контроль	81,6	1,1	2,37
Имазамокс	67,3	0,78	1,71
Кломазон	63,0	0,75	1,58

Следует заметить, что во всех вариантах опыта ежегодно нами фиксировалось образования активных клубеньков на корнях растений сои. Применение гербицидов повлияло на нодуляционную способность растений сои – на корнях фиксировали значительное количество клубеньков, однако они были меньше по размеру по сравнению с контрольным вариантом. Наименьшее количество клубеньков в среднем за три года было отмечено в варианте с применением препарата Кломазон – 63,0 шт. по сравнению с 81,6 шт. на растении в контрольном варианте. К тому же клубеньки имели массу всего 0,75 г на растение. Более показательное влияние пестициды оказывали на нитрогеназную активность симбиотической системы *Bradyrhizobium japonicum* – *Glycine max* (L.) Merr. Фактор внесения гербицидов уменьшалась нитрогеназная активность на 0,7 Мкмоль С₂Н₄ на растение за 1 ч, или на 30 %.

Выводы и перспективы. Таким образом, влияние гербицидов имазамокс и кломазон было достоверным на начальных этапах развития растений, начиная с фазы R 2 влияние по показателям численности микроорганизмов, биологической активности почвы и активности симбиотической системы существенно уменьшалось и нивелировалось в конце вегетации. Репрезантативным показателем есть фитотоксичность почвы при использовании исследуемых препаратов.

Итак, для экологического нормирования и экологической экспертизы технологий выращивания необходим поиск и разработка более чувствительных методов оценки воздействия пестицидов на биоту почвы.

Список литературы

1. Чернов И. Ю. Микробное разнообразие / И. Ю. Чернов // Микробиология. – 1997. – Т. 66, № 1. – С. 107-113.
2. Ситник К. М. Проблемы глобальной фиторизноманитности та розвитку фітодіверситології / К. М. Ситник // Екологія та ноосферологія. – 2011. – Т. 22. – С. 3-4.
3. Gorczyca W. The cell cycle related differences in susceptibility of HL-60 cells to apoptosis induced by various antitumor agents / W. Gorczyca, J. Gong, B. Ardelt et al. // Cancer Res. – 1993. – V. 53, № 3. – P. 3186-3192.
4. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / В. В. Волкогон, О. В. Надкернична, Л. М. Токмакова [та ін.]; за ред. В. В. Волкогона. – К.: Аграрна наука, 2010. – 464 с.
5. Звягинцев Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д. Г. Звягинцев. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
6. Большой практикум по микробиологии / Т. В. Аристовская, М. Е. Владимирская, М. М. Голлербах [и др.]; под ред. Г. Л. Селибера. – М.: Высшая школа, 1962. – 492 с.
7. Грицаєнко З. М. Мікробіологічна активність ґрунту в ризосфері кукурудзи за різних способів застосування гербіциду Базис 75 і Зеастимуліну / З. М. Грицаєнко, О. І. Заболотний // Вісник уманського національного університету садівництва. – 2012. – № 1. – С. 6-13.
8. Благодатский С. А. Влияние агротехнических приемов на динамику запасов микробного азота в серой лесной почве / С. А. Благодатский, И. С. Панинов, Т. И. Самойлов // Почвоведение. – 1989. – № 2. – С. 52-60.
9. Благодатский С. А. Кинетика и стратегия роста микроорганизмов в черноземной почве после длительного применения различных систем удобрения / С. А. Благодатский, Е. В. Благодатская, Л. Н. Розанова // Микробиология. – 1994. – Т. 63, № 2. – С. 298-307.
10. Городній М. М. Агрохімія / М. М. Городній. – К.: Арістей, 2008. – 936 с.
11. Харченко С. Н. Гербициды как экологический фактор, влияющий на рост и антибиотическую активность почвенных микромицетов / С. Н. Харченко // Систематика, экология и физиология почвенных грибов. – К.: Наукова думка, 1975. – С. 130-132.

References

1. Chernov I.Ju. (1997). Mikrobnoe raznoobrazie [The microbial diversity] *Mikrobiologija* [Microbiology], 66, 1, 107–113 [in Russian].
2. Sytnyk K.M. (2011). Problemy hlobal'noi fitodivernosti ta rozvytku fitodivernosti [Problems of the global fitodiversity and development of the fitodivernology] *Ekologija ta noosferologija* [Ecology and noospherology], 22, 3–4 [in Ukrainian].
3. Gorczyca W., Gong J., Ardelt B. (1993). The cell cycle related differences in susceptibility of HL-60 cells to apoptosis induced by various antitumor agents, *Cancer Res*, V. 53, 3, 3186–3192.
4. Volkogon V.V., Nadkernychna O.V., Tokmakova L.M. (2010). *Experymental'na gruntova mikrobiologija: monohrafiia* [Experimental soil microbiology: Monograph]. Kyiv: Ahrarna nauka, 464 [in Ukrainian].
5. Zviagincev D.G. (1991). *Metody pochvennoi mikrobiologii i biohimii* [The methods of soil microbiology and biochemistry]. Moscow: MGU, 304 [in Russian].
6. Aristovskaia T.V., Vladimirskaia M.E., Gollerbah M.M. (1962). *Bol'shoi praktikum po mikrobiologii* [Big Practicum of Microbiology]. Moscow: Vysshaya shkola, 492 [in Russian].
7. Hrytsaienko Z.M., Zabolotnyj O.I. (2012). Mikrobiologichna aktyvnist' hruntu v ryzosferi kukurudzy za riznykh sposobiv zastosuvannia herbitsydu Bazys 75 i Zeastymulinu [Microbiological activity of the soil in the corn rhizosphere at different methods of herbicide's Basis 75 and Zeastymulin treatments] *Visnyk umans'koho natsional'noho universytetu sadivnytstva* [Bulletin of The Uman National University of Horticulture], 1, 6–13 [in Ukrainian].
8. Blagodatskij S.A., Paninov I.S., Samojlov T.I. (1989). Vlijanie agrotehnicheskikh priemov na dinamiku zasobov mikrobnogo azota v seroj lesnoj pochve [The impact of agrotechnical processes on the dynamics of microbial nitrogen stocks in the gray forest soil] *Pochvovedenie* [Soil science], 2, 52–60 [in Russian].
9. Blagodatskij S.A., Blagodatskaja E.V., Rozanova L.N. (1994). Kinetika i strategija rosta mikroorganizmov v chernozemnoj pochve posle dlitel'nogo primenenija razlichnykh sistem udobrenija [Kinetics and growth strategy of microorganisms in chernozem soil after long-time application of various fertilizer systems] *Mikrobiologija* [Microbiology], 63, 2, 298–307 [in Russian].
10. Horodnij M.M. (2008). *Ahrokhimiia* [Agrochemistry]. Kyiv: Aristej, 936 [in Ukrainian].
11. Harchenko S.N. (1975). Gerbicydy kak ekologicheskij faktor, vlijajushchij na rost i antibioticheskiju aktivnost' pochvennykh mikromicetov [Herbicides as an environmental factor that affects on the growth and antibiotic activity of soil micromycetes] *Sistematika, ekologija i fiziologija pochvennykh gribov* [Systematics, ecology and physiology of soil fungi]. Kyiv: Naukova dumka, 130–132. [in Russian].

ВПЛИВ ГЕРБІЦИДІВ НА ЧИСЕЛЬНІСТЬ МІКРООРГАНІЗМІВ І БІОЛОГІЧНУ АКТИВНІСТЬ ҐРУНТУ В АГРОЦЕНОЗІ СОЇ

І. С. Бровко, В. У. Ящук, Я. В. Чабанюк

Анотація. З огляду на те, що біологічне різноманіття, будучи основою живої речовини біосфери, визначає стійкість екосистем на Землі, актуальним є моніторинг та оцінка всіх факторів, здатних впливати на стан агросфери, визначати фактори ризику, а також виявляти зв'язки між ними. В роботі використовувалися загальноприйняті методики проведення польового досвіду, методи ґрунтової мікробіології, біохімії. У польових дослідах вивчено вплив гербіцидів імазамокс і кломазон на чисельність мікроорганізмів основних еколого-трофічних і таксономічних груп у ризосфері сої. Встановлено закономірний вплив препаратів в фазі V 2 рослин сої в порівнянні із ґрунтом природної екосистеми, зроблено припущення про можливість деструкції речовин, які входять до складу препарату кломазон, бактеріями, здатними використовувати мінеральний азот ґрунту. Чисельність міцеліальних мікроорганізмів (стрептоміцетів і мікроміцетів) зростала у фазі V 2 і R 2 для рослин сої відповідно на 30-40 % і 10-15 %. Більш чутливими до впливу гербіцидів були показники біологічної активності ґрунту. Таким чином, вплив гербіцидів імазамокс і кломазон був достовірним на початкових етапах розвитку рослин, починаючи із фази R 2 вплив за показниками чисельності мікроорганізмів, біологічної активності ґрунту і активності симбіотичного системи істотно зменшувався і нівелювався в кінці вегетації. Репрезантативним показником є фітотоксичність ґрунту за використання досліджуваних препаратів.

Ключові слова: ґрунтова мікробіота, біологічна активність ґрунту, гербіциди, імазамокс, кломазон

THE INFLUENCE OF HERBICIDES ON THE NUMBER OF MICROORGANISMS AND THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF THE SOIL IN THE SOYBEAN AGROCENOSIS

I. S. Brovko, V. U. Jashchuk, Y. V. Chabaniuk

Abstract. In view of the fact that biological diversity, being the basis of living matter of the biosphere, determines the sustainability of ecosystems on the Earth, it is relevant to monitor and evaluate all factors that can influence the state of the atmosphere, identify risk factors, and identify links between them. In the article, generally accepted methods of conducting field experiments, methods of soil microbiology, methods of biochemistry were used. In the field experiments, the effect of herbicides imazamox and clomazone on the number of microorganisms of the main ecology-trophic and taxonomic groups in the soy rhizosphere was studied. The regular

effect of preparations in the V2 phase of soybean plants as compared to the soil of the natural ecosystem has been established. It has been suggested that bacteria belonging to the clomazone preparation can use the mineral nitrogen of the soil. The number of mycelial microorganisms (streptomycetes and micromycetes) increased in the phases V 2 and R 2 for soybean plants by 30-40% and 10-15%, respectively. More sensitive to the effects of herbicides were indicators of biological activity of the soil. Thus, the influence of herbicides imazamox and clomazone was significant at the initial stages of plant development, since the R 2 phase, the effect on the indices of the number of microorganisms, the biological activity of the soil and the activity of the symbiotic system was significantly reduced and leveled at the end of the vegetation. A representative index is the phytotoxicity of the soil when using the drugs under study.

Keywords: *soil microbiota, soil biological activity, herbicides, imazamox, clomazone*