

А.А. Цюк, В.И. Кирилюк

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины,
ул. Героев Обороны, 11, Киев, 03041, Украина*

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО В ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

Освещаются результаты исследований влияния систем промышленного, экологического и биологического земледелия на микробиологическую активность почвы в посевах сахарной свеклы. Экологическая модель земледелия активизирует биологические процессы почвы, проявляется в усилении выделения им CO_2 , повышении целлюлозолитической и ферментативной активности. Независимо от модели земледелия максимальное количество микроорганизмов находится в верхней части обрабатываемого слоя, с глубиной их численность уменьшается. Промышленная модель земледелия резко снижает биогенность почвы и изменяет структуру микробиоценоза в нежелательном направлении увеличения инициаторов минерализации органического вещества.

Ключевые слова: система земледелия, микроорганизмы, протеаза, фосфатаза, фитотоксичность почвы.

Плодородие почвы формируется под влиянием сложного комплекса природных и антропогенных факторов, среди которых ведущая роль принадлежит биохимической деятельности микроорганизмов. Она не только обеспечивает непрерывный круговорот элементов-органогенов, но и определяет направленность процессов почвообразования. Почвенная микрофлора участвует в формировании и регулировании практически всех ценных свойств почвы [11]. Биологические свойства почв являются одним из важнейших показателей возможной мобилизации резервов почвенного плодородия. Благоприятные же физико-химические свойства почвы создают хорошие предпосылки ее биологической активности. Как известно, микроорганизмы выполняют важную функцию в круговороте веществ в биосфере – разлагают и минерализуют органические вещества в почве и синтезируют азотные соединения из азота воздуха [4]. Установлена прямая корреляционная зависимость биологической активности почвы от влажности, температуры и его физико-химических свойств, от количества лучистой энергии, которую получает почва, от количества микроорганизмов. Наиболее энергично процессы разложения органического вещества происходят в верхнем слое, где сосредоточена подавляющая часть микроорганизмов, корней растений и растительных остатков. В связи с этим системы земледелия оказывают существенное влияние на биологическую активность почвы [1]. Природные процессы, которые происходят сегодня в почве, не могут обеспечить дальнейший рост урожайности сельскохозяйственных культур. Широкое применение пестицидов и искусственных удобрений при недостаточном использовании органических удобрений привело к быстрому снижению биологической активности

почв и их эффективного плодородия. Итак, изучение влияния систем земледелия на его биологическую активность является актуальным.

Цель проведенного нами исследования заключается в определении влияния систем земледелия в зернопропашном севообороте на изменение микробиологических свойств почвы. Тестовой культурой для определения этого влияния стали сахарная свекла в звене с многолетними травами.

Материалы и методы. Наблюдения проведены в 2002–2012 гг. в условиях стационарного двухфакторного опыта, заложенного в структурном подразделении НУБиП Украины «Агрономическая опытная станция», расположенном в Правобережной Лесостепи Украины.

Вариантами стационарного опыта выбраны три системы земледелия на фоне четырех систем основной обработки почвы. Признаком систем земледелия стало их ресурсное обеспечение, при этом на контрольном варианте промышленной системы земледелия приоритетным является применение промышленных агрохимикатов. На варианте экологического земледелия, напротив, приоритет – применение природных ресурсов – органических удобрений (навоз, сидеральная масса, пожатвенные остатки) с компенсирующим внесением минеральных удобрений и применением пестицидов по критериям эколого-экономического порога наличия вредных организмов; биологическая система земледелия ориентирована на применение природных ресурсов с полным отказом от агрохимикатов. Норма внесения удобрений на 1 га севооборотной площади в промышленной системе земледелия составляла 12 т органических удобрений и 300 кг NPK; в экологической – 18 т/га органических удобрений и 150 кг NPK; в биологической – только 17 т/га органических удобрений.

В экологической и биологической системах земледелия семена сельскохозяйственных культур перед посевом обрабатывали комплексным полифункциональным биологическим препаратом, созданным в Институте агроэкологии и природопользования НААН. Он содержит азотфиксирующие, специфические для каждой культуры бактерии, фосформобилизующие бактерии типа *Enterobacter nimipressuralis* в составе компонента фосфоентерина и препарат биополицид, созданный на основе антифунгального штамма *Paenibacillus polymyxa*. Семена обрабатывали водной суспензией препарата непосредственно перед посевом в дозе 2 % от его массы.

Опыт заложен во всех полях севооборота: клевер – озимая пшеница – сахарная свекла – кукуруза на силос – озимая пшеница – кукуруза на зерно – горох – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень с подсевом клевера. Площадь участков в опыте – 93,6 м² с четырехкратной повторностью.

Численность микроорганизмов основных эколого-трофических групп оценивали методом посева почвенной суспензии на соответствующие питательные среды (почвенный агар, среды Эшби) и выражали количеством колониеобразующих единиц (КОЕ) в 1 г абсолютно сухой почвы [8]; интенсивность выделения почвой углекислоты (СО₂) – методом В.И. Штатнова; целлюлозораскладывающую способность почвы – методом аппликации льняного полотна – методом Е.М. Мишустина; численность почвенной мезофауны (дождевых червей) – по методике стационарного изучения почв; фитотоксичность почвы – по методике А.Н. Гродзинского, ее ферментативную активность – по методике Д.Г. Звягинцева.

Пробы почвы отбирали из слоя 0–30 см ежегодно в мае-июне.

Почва на опытном участке – чернозем типичный среднесуглинистый (гумус в 0–30 см – 4,5 %; рН солевое – 6,9–7,3; содержание легкогидролизованного азота по Тюринну – 2,6 мг на 100 г почвы, подвижного фосфора по Мачигину – 2,5–3,0 мг, обменного калия по Мачигину – 2,8–3,3 мг на 100 г почвы).

По гидротермическому коэффициенту погодные условия были в 2002 году – 1,5; в 2003 и 2004 – 1,0; в 2005 – 1,4; в 2006 – 1,5; в 2007 – 0,67; в 2008 – 1,0; в 2009 – 0,70, в 2010 – 1,39; в 2011 – 1,95; в 2012 – 1,1.

Результаты и их обсуждение. Анализ определенных показателей экологической среды на вариантах систем земледелия свидетельствует об отсутствии существенных различий между ними по абиотическим признакам, агрофизическим и водным свойствам почвы, ее плотностью и запасами продуктивной влаги. Эти показатели в изученных вариантах соответствуют оптимуму. Очевидным фактором изменений является разное ресурсное наполнение изученных вариантов систем земледелия, в частности, внесение в почву органических и минеральных удобрений и пестицидов в различных количествах и соотношениях. Эти средства имеют неоспоримое влияние на почвенную биоту и уровень почвенного плодородия. Важным индикатором уровня плодородия почвы является ее биологическая активность, определяющая темпы круговорота веществ, их трансформацию, создание фонда доступных для растений форм элементов минерального питания.

По сравнению с вариантом промышленной системы земледелия, биологическая активность почвы в условиях экологической и биологической его моделей существенно увеличивается по исследованным показателям (табл. 1).

Так, выделение из почвы углекислоты в этих моделях превышало контроль на 7–14 %, интенсивность разложения целлюлозы – на 6–12 %.

Указанные терминальные показатели биологической активности почвы тесно коррелируют с численным составом почвенной биоты, которая является действующей движущей силой этой активности. Количество дождевых червей, ответственных за первоначальную трансформацию органики, например, под влиянием экологизации земледелия, возросло на 16–25 %, общее количество почвенных грибов, инициаторов разложения органических веществ – в 2–4 раза.

Увеличение присутствия в почве под влиянием экологизации земледелия свойственно также азотобактеру и олигонитрофилам. Показательно также, что активность всех исследуемых ферментов протеазы, фосфатазы, каталазы на вариантах экологического и биологического земледелия была выше по сравнению с контролем на 12–120 %, а фитотоксичность почвы соответственно меньше на 12–30 %. Отмечена тенденция уменьшения количества доступных элементов минерального питания растений в почве при экологическом земледелии и существенное их уменьшение при биологическом земледелии по сравнению с контролем. Все перечисленные изменения показателей экологической среды становятся понятными при их анализе в связи с упомянутым содержанием ресурсного наполнения исследуемых вариантов системы земледелия. С другой стороны, данный анализ демонстрирует факт оптимизации этих показателей почвенной среды при внедрении систем экологического и биологического земледелия за исключением содержания в почве доступных форм элементов минерального питания растений.

Таблица 1

Биологическая активность чернозема типичного в зависимости от систем земледелия (2002 – 2012 гг.)

Система земледелия, А	Количество дождевых червей, шт/м ²	Интенсивность разложения льняной ткани за 60 дней, %	Интенсивность выделения углекислоты, мг/СО ₂ /м ²	Протеаза, мг глицина на 1 г почвы	Фосфатаза, мг Р ₂ О ₅ на 100 г почвы	Фитотоксичность почвы (при-рост корней кресс-салата), %
Промышлен-ная (контроль)	46	29,3	309	0,41	18,4	82,7
Экологическая	52	27,1	341	0,61	23,0	68
Биологическая	56	25,8	263	0,37	22,3	73
НСР ₀₅	2,4	5,5	5,5	0,03	1,32	4,2

Почвенные микроорганизмы осуществляют ряд полезных для растений функций: фиксация атмосферного азота [2, 10], антагонизм [6] и индукция системной устойчивости у растений к фитопатогенам [14], деструкция в почве различных ксенобиотиков [13].

Решающая роль в минерализации органики в почве принадлежит почвенным бактериям. Общее количество этих представителей почвенных микроорганизмов на вариантах экологического и биологического земледелия определено на 8,7–78,0 % больше, чем на контроле. Ответственными за разложение клетчатки, создание темноокрашенных веществ, способствующих улучшению почвенной структуры, считают бактерии из ряда актиномицетов, в частности, стрептомицеты. Средства экологизации земледелия оказывают на эти бактерии сильное стимулирующее воздействие. Количество их колоний возросла по сравнению с контролем в 1,7–10 раз (табл. 2).

Промышленная модель земледелия негативно влияет на микронаселение почвы. Судя по полученным данным, ежегодно отмечаются нежелательные изменения в составе почвенных микроорганизмов. Так, численность микроорганизмов, учтенных на КАА, снижается по сравнению с экологической моделью. Изменения в составе микроорганизмов обусловили усиление минерализационных процессов, что, по нашему мнению, не способствовало не только повышению, но и сохранению плодородия. Об этом свидетельствует коэффициент минерализации, который в среднем составляет 2,9.

На черноземах типичных малогумусных с высокой буферной способностью нецелесообразно вносить высокие нормы минеральных удобрений, поскольку это способствует существенному разбалансированию микробиоценоза и не способствует сохранению органического вещества [3, 12].

Для характеристики функционального состояния микробных сообществ мы использовали такие показатели, как оценка границ колебания численности

Таблица 2

**Влияние систем земледелия на количество микроорганизмов в
черноземе типичном, шт/г почвы (2002 – 2012 гг.)**

Система земледелия, А	Микроорганизмы на КАА	Бактерии на МПА шт/г почвы	Стрептомицеты	Грибы	Коэффициент минерализации КАА:МПА
Промышленная (контроль)	$6,1 \times 10^7$	$20,7 \times 10^6$	6×10^6	$3,9 \times 10^3$	2,9
Экологическая	$24,7 \times 10^7$	96×10^6	$36,3 \times 10^6$	$5,2 \times 10^3$	2,5
Биологическая	$1,3 \times 10^7$	$6,4 \times 10^6$	$2,4 \times 10^6$	3×10^3	1,3
НСР ₀₅	0,36	0,12	0,12	0,26	

микроорганизмов и определение структуры корреляционных связей на уровне трофических отношений. Ряд исследователей считают, что стабильные группировки характеризуются незначительными размерами колебаний численности микроорганизмов [7]. Принимая в качестве степени колебаний численности микрофлоры коэффициенты флуктуации, следует отметить, что эти показатели наиболее высокими были при внесении повышенных доз минеральных удобрений, а наименьшими – при совместном применении органических и минеральных удобрений. Полученные данные свидетельствуют о том, что минеральные удобрения уменьшают устойчивость микробных сообществ, а органические – способствуют их стабилизации [5]. На основе рассчитанных коэффициентов корреляции, между численностью микроорганизмов исследуемых эколого-трофических групп были составлены плеяды корреляционных отношений по методу П.В. Терентьева [9] (рис. 1).

Наиболее прочная структура корреляционных связей в пятичленной плеяде типа «сетки-звезды» была характерна для микробных сообществ экологической системы земледелия. Каждый из компонентов этой плеяды связан с другими четырьмя связями, что обуславливает их прочность. Четырехугольная плеяда характерна для микробных сообществ почвы при биологической модели земледелия. Использование минеральных удобрений в норме 300 кг NPK на 1 га севооборотной площади при промышленной модели земледелия вызывает разрыв корреляционных связей между отдельными эколого-трофическими группами; для этих микробных ценозов характерны были плеяды типа «треугольник».

Эти плеяды менее прочные, поскольку каждый их компонент связан с другими только двумя связями, разрыв одного из них может привести к распаду всей плеяды. Формирование плеяд происходило за счет связей между педитрофами, гуматоразрушающими и целлюлозоразрушающими микроорганизмами, что свидетельствует об активизации процесса утилизации органического вещества почвы.

Таким образом, применение экологической системы земледелия способствует повышению активности почвенной микрофлоры, увеличивает устойчивость микробных ценозов и способствует формированию прочной структуры трофических связей в микробных сообществах.

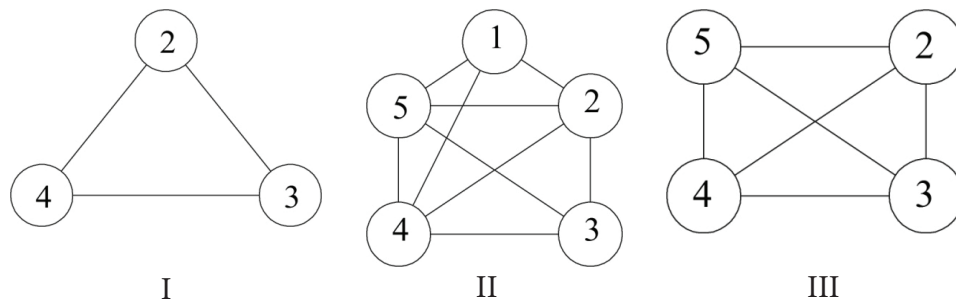


Рис. 1. Корреляційні плеяди зв'язей мікроорганізмів різних еколого-трофічних груп : I – промислова; II – екологічна; III – біологічна система землеробства; 1 – мікроорганізми, використовуючі в своєму метаболізмі мінеральний азот; 2 – мікроорганізми, використовуючі в своєму метаболізмі органічний азот; 3 – мікромицети; 4 – нитрифікуючі бактерії; 5 – амоніфікуючі бактерії

О.А. Цюк, В.І. Кирилюк

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
вул. Героїв Оборони, 11, Київ, 03041, Україна*

ВПЛИВ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА НА БІОЛОГІЧНУ АКТИВНІСТЬ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО В ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Резюме

Висвітлюються результати досліджень щодо впливу систем промислового, екологічного та біологічного землеробства на мікробіологічну активність ґрунту в посівах буряків цукрових. Екологічна модель землеробства активізує біологічні процеси ґрунту, що проявляється в посиленні виділення ним CO₂, підвищенні целюлозолітичної і ферментативної активності. Незалежно від моделей землеробства, максимальна кількість мікроорганізмів перебуває у верхній частині оброблюваного шару, з глибиною їх чисельність зменшується. Промислова модель землеробства різко знижує біогенність ґрунту і змінює структуру мікробіоценозу в небажаному напрямі збільшення ініціаторів мінералізації органічної речовини.

Ключові слова: система землеробства, мікроорганізми, протеаза, фосфатаза, фітотоксичність ґрунту.

О.А. Tsyuk, V.I. Kyrylyuk

*National University of life and environmental sciences of Ukraine,
11 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine*

EFFECT OF CROPPING SYSTEMS ON THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF TYPICAL CHERNOZEM IN THE FOREST OF UKRAINE

Summary

Highlights the results of studies of the effect of industrial systems, environmental and biological agriculture on soil microbial activity in crops of sugar beet. Ecological agriculture model activates the biological soil processes, manifested in the strengthening of their CO₂ allocation, and increase cellulolytic enzyme activity. Regardless of the model of agriculture is the maximum number of microorganisms in the upper portion of the treated layer to the depth of their number decreases. The industrial model of agriculture

dramatically reduces soil biogenist and changes microbiocenosis structure in an undesired direction of increasing the initiators of organic matter mineralization.

К е у w o r d s: system of agriculture, micro-organisms, proteases, phosphatases, soil phytotoxicity.

1. Бердніков О.М., Потапенко Л.В. Агрохімічні і агроєкологічні аспекти системи удобрення озимих зернових культур // Чернігівщина аграрна. – 2013. – 23. – С. 12–14.
2. Коць С.Я., Моргунов В.В., Патыка В.Ф., Даценко В.К., Кругова Е.Д., Кириченко Е.В., Мельникова Н.Н., Михалкив Л.М. Биологическая фиксация азота: бобово-ризобийный симбиоз: [монография: в 4-х т.] / Том 1 / – К.: Логос, 2010. – 508 с.
3. Волкогон В.В., Дімова С.Б., Волкогон К.І., Борулько Р.О., Бердніков О.М. Вплив мікробних препаратів на засвоєння культурними рослинами поживних речовин // Вісник аграрної науки. – 2010. – 5. – С. 25–28.
4. Волкогон В.В., Надкернична О.В., Токмакова Л.М., Мельничук Т.М., Чайковська Л.О. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / За наук. ред. В.В. Волкогона. – К.: Аграрна наука, 2010. – 464 с.
5. Иутинская Г.А., Остапенко А.Д., Андришук Е.И. Структура корреляционных плеяд как показатель особенностей микробных сообществ темно-серой лесной почвы // Микробиол. журн., – 1993. – 2. – С. 7–12.
6. Михайлова Н.А., Гринько О.М. Бактерии рода *Bacillus* – продуценты биологически активных веществ антимикробного действия // Журн. микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2010. – 3. – С. 85–89.
7. Одум Ю. Экология. – М.: Мир, 1986. – 742 с.
8. Теплер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии: учебное пособие для вузов / Под. ред. В.К. Шильниковой. – М.: Дрофа, 2005. – 256 с.
9. Терентьев П.В. Метод корреляционных плеяд // Вестник Ленинградского ун-та. – 1959. – 9. – С. 137–141.
10. Титова Л.В., Леонова Н.О., Антипчук А.Ф. Азотфиксирующие микроорганизмы в микробно-растительных системах // Биорегуляция микробно-растительных систем / Под общей ред. Иутинской Г.А., Пономаренко С.П. – К.: Ничлава. – 2010. – С. 99–195.
11. Туев Н.А. Микробиологические процессы гумусообразования. – М.: Агропромиздат, 1989. – 239 с.
12. Шустерук Т.З. Екологічна оцінка біологічного стану різних типів ґрунтів агроєко-систем України // Наук. вісн. Ужгородського університету. Сер. Біологія. – 2006. – Вип. 18. – С. 227–230.
13. Chen S.K., Subler S., Edwards C.F. Effects of the fungicides benomil, captan and chlorothalonil on soil microbial activity and nitrogen dynamics // Soil Biol. Biochem. – 2001. – 33. – P. 1971–1980.
14. Kloepper J.W., Ryu C.M., Zhang S.A. Induced systemic resistance and promotion of plant growth of *Bacillus* sp. // Phytopathology. – 2004. – 94. – P. 1259–1266.

Отримано 19.04.2016