

УДК 631.46:579.64

МОСКАЛЕВСКАЯ Ю.П., аспирант,

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

ПАТЫКА Н.В., доктор с.-х. наук,

ННЦ «Институт земледелия НААН»

e-mail: yulia_moskalevska@mail.ru

МИКРОБНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ВЕЩЕСТВ РИЗОСФЕРЫ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В РАЗЛИЧНЫХ АГРОЦЕНОЗАХ

Проведен сравнительный анализ численного и функционального разнообразия микробного комплекса чернозема типичного, участвующего в трансформации углеродных соединений почвы. Изучено накопление в ризосфере сахарной свеклы микробной биомассы и микробиологическую активность по интенсивности эмиссии CO₂ при различных системах земледелия и способах обработки почвы. Установлено, что при применении поверхностной обработки почвы оптимизируется состояние микробного ценоза почвы, которое выражается в численности и соотношении бактериальной и грибной микрофлоры, в том числе и функциональных групп микроорганизмов.

Ключевые слова: микробный ценоз, численность и функциональное разнообразие, микробная биомасса, эмиссия CO₂, чернозем типичный, сахарная свекла, системы земледелия, способы обработки

Введение. Почвенные микроорганизмы являются важным компонентом любой агроэкосистемы, благодаря сложной и интенсивной ферментативной деятельности, они определяют различные ключевые функции круговорота веществ в почве, способствуя построению трофических цепей с определёнными функциями, что позволяет обеспечить постоянное функционирование и гомеостаз экосистемы в целом [1]. Таким образом, функциональная роль микробного ценоза обеспечивает организацию протекания биологических циклов питательных элементов и в конечном результате определяет «здоровье почвы» [2]. Однако, в условиях повышенного загрязнения, вследствие интенсивного использования агротехнологий, происходят качественные и количественные изменения в составе микробиоты почвы, которые не всегда являются контролируемыми и имеют положительный эффект [3]. Поэтому изучение функционирования микробного ценоза необходимо для понимания процессов, которые происходят в почве, с целью сохранения её плодородия и предотвращения снижения урожайности сельскохозяйственных культур.

Целью исследований было изучить в ризосфере сахарной свеклы численного и функционального разнообразия микробных комплексов чернозёма типичного, участвующих в трансформации углерод-содержащих веществ, микробной биомассы и интенсивности эмиссии CO₂ при применении различных систем земледелия.

Материалы и методика исследований. Отбор и микробиологические исследования почвенных образцов чернозема типичного проводили на базе полевого стационарного опыта кафедры земледелия и гербологии ОП НУБиП Украины «Агрономическая опытная станция» (с. Пшеничное Васильковского района Киевской области) в ризосфере сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.) (фаза смыкания листьев в междурядье) в зерно-свекольном севообороте на протяжении 2012-2013 гг. Схемой опыта предусмотрено три системы земледелия (СЗ) на фоне двух способов обработки почвы (ОП):

1) промышленная СЗ (внесение на 1 га севооборотной площади 12 т навоза, 300 кг НРК минеральных удобрений, интенсивное применение химических мер защиты растений);

2) экологическая СЗ (внесение на 1 га севооборотной площади 24 т органики (12 т навоза, 6 т нетоварной части урожая, 6 т массы пожнивных сидератов), 150 кг НРК минеральных удобрений, применение химических и биологических препаратов защиты растений по критерию эколого-экономического порога наличия вредных микроорганизмов);

3) биологическая СЗ (внесение на 1 га севооборотной площади 24 т органики, использование биологических средств защиты растений);

а) поверхностная ОП (обработка почвы дисковыми орудиями на глубину 8-10 см под все культуры севооборота);

б) дифференцированная ОП (проведение за ротацию севооборота 6 раз разноглубинной вспашки, 2 раза поверхностной обработки под пшеницу озимую после гороха и кукурузы на силос и 1 раз – плоскорезной обработки под ячмень) [4].

Содержание лабильного углерода определялось по методу Е. Шульца и М. Кершесна [5], численность бактерий и микромицетов – методом посева почвенной суспензии на твёрдые питательные среды – Звягинцева и Чапека [6], микробную биомассу и интенсивность эмиссии CO₂ – методом субстрат-индуцированного дыхания [7], численность микроорганизмов, использующих в своем метаболизме источники углерода – методом мультисубстратного тестирования [2]. Статистическая обработка данных проводилась в программе Excel.

Результаты исследований. Исследованиями было выявлено, что чернозём типичный по запасам лабильного углерода, одного из индикаторов органического вещества почв в наземных экосистемах, влияющего на процессы минерализации и интенсивность гетеротрофного дыхания, может лимитировать процессы катаболизма органического вещества, имеет оптимальные показатели (302,1-354,8 мг/кг) [8]. При применении поверхностной обработки почвы (ОП) содержание лабильного углерода в чернозёме типичном было выше на 11,3 %, чем при дифференцированной, влияние систем земледелия (СЗ) на содержание этого элемента в почве было не значительным.

Важным фактором, который определяет почвенные процессы, в т.ч. и трансформацию органических и минеральных веществ в почве, а также является индикаторам его фитосанитарного состояния, есть соотношение численности бактериальной и грибной микрофлоры. Исследование микробоценоза чернозема типичного показало, что численность бактерий варьировала в пределах 13,1-26,1 млн., микромицетов – 6,4-24,3 тыс. КОЕ/1 г. а.с.п. (рис. 1). Так, применение поверхностной ОП способствовало увеличению численности бактериальной микрофлоры в 1,7 раза, грибной – в 2,4 раза по сравнению с дифференцированной ОП; применение промышленной и экологической СЗ способствовало увеличению численности бактерий на 11,1 % и 9,2 % соответственно, снижению микромицетов на 42,5 % и 39,0 % по сравнению с биологической СЗ.

Исследованиями установлено, что между показателями численности микроорганизмов и запасами лабильного углерода в почве существует тесная корреляционная связь $r = 0,80$ (бактерии) и $0,92$ (микромицеты), т.е. с увеличением содержания органического углерода в доступной для микроорганизмов форме возрастает и их количество.

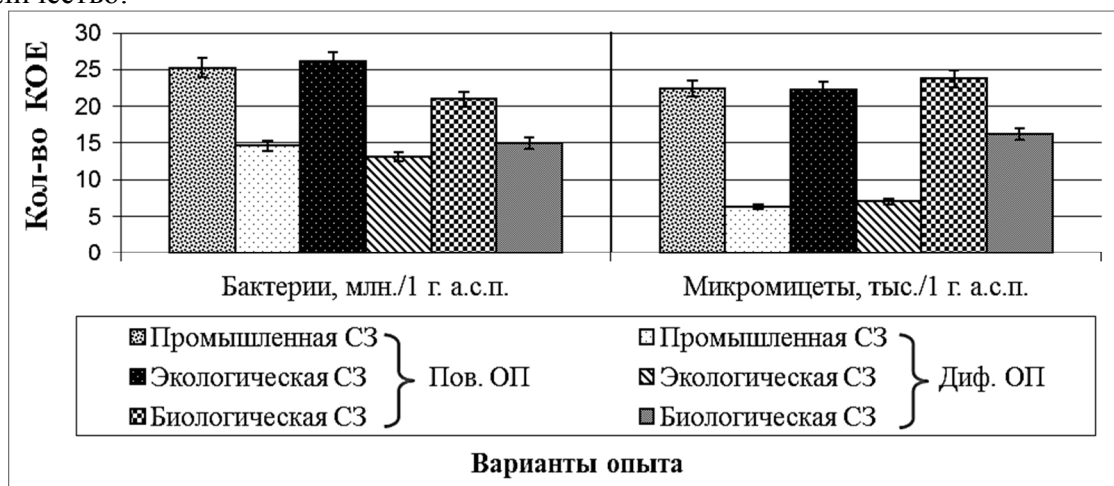


Рис. 1. Численность бактериальной и грибной микрофлоры в ризосфере сахарной свеклы при различных системах земледелия и способах обработки почвы

Микробная биомасса является важным живым и лабильным компонентом почвы. Соотношение бактерий и микромицетов в почвенной микробной биомассе дает представление о накоплении (аккумуляции или секвестрировании) углерода почвами, а значит может характеризовать и метаболические свойства микроорганизмов в почве и быть фактором, регулирующим эмиссию CO₂ и N₂O почвами [9]. Наибольшее содержание суммарной активной микробной биомассы в ризосфере сахарной свеклы выявлено на фоне промышленной и экологической СЗ при поверхностной ОП (264,3 и 245,1 С мг/кг) (рис. 2). Так же была выявлена тесная взаимосвязь между показателями суммарной микробной биомассы и численностью бактериальной микрофлоры ($r = 0,82$). Применение поверхностной ОП способствует повышению суммарной микробной биомассы на 58,9 % за счет увеличения бактериальной биомассы, что соответствует общим тенденциям протекания метаболических процессов в почве. Установлено, что количество активной микробной биомассы было выше при промышленной и экологической СЗ на 64,3 % и 51,9 % по сравнению биологической СЗ, что связано с активностью микроорганизмов направленной на включение минеральных соединений в биологический круговорот питательных веществ.

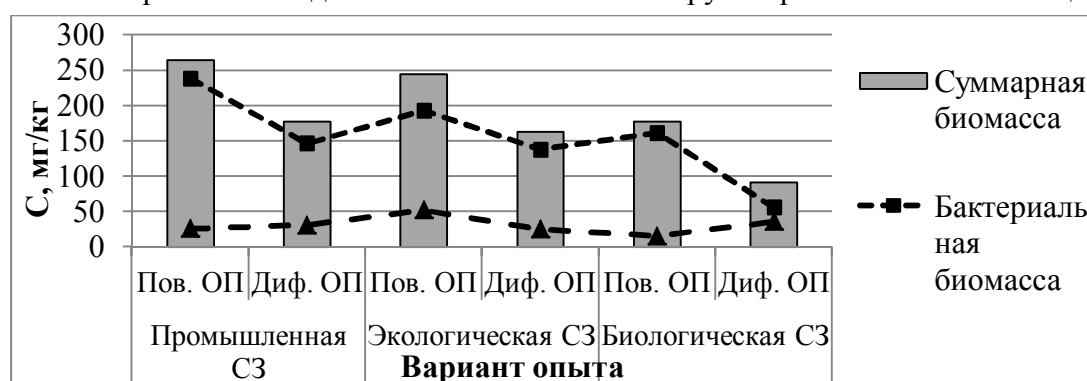


Рис. 2. Влияние систем земледелия и способов обработки почвы на содержание активной микробной биомассы в ризосфере сахарной свеклы

Интегральным показателем состояния и устойчивости микробного комплекса почвы может служить микробный метаболический коэффициент, показатели которого варьировали в пределах 0,38-0,7 (табл. 1) [10]. Между показателями микробного метаболического коэффициента и суммарной микробной биомассой ($r = - 0,94$), численностью бактерий ($r = - 0,72$) существует обратная сильная корреляция зависимость, т.е. варианты опыта с высоким содержанием активной микробной биомассы и высокой численностью бактериальной микрофлоры имеют низкий метаболический коэффициент, и наоборот.

Таблица 1

Влияние различных агроприёмов на интенсивность эмиссии CO₂ и микробный метаболический коэффициент в ризосфере сахарной свеклы

Показатель	Варианты опыта					
	Промышленная СЗ		Экологическая СЗ		Биологическая СЗ	
	Пов. ОП	Диф. ОП	Пов. ОП	Диф. ОП	Пов. ОП	Диф. ОП
Эмиссия CO ₂ , мг/кг*сутки	110,6	73,6	111,2	62,1	79,6	70,5
Метаболический коэффициент	0,38	0,53	0,48	0,62	0,62	0,70

Эмиссия CO₂ с поверхности почвы является одним из важных показателей углеродного обмена растительных сообществ за счёт микробной деятельности [11]. Основным источником естественного (природного) поступления углерода в атмосферу принято считать общее дыхание почвы, определяемое активностью взаимодействий микроорганизмов и дыханием корневой системы растений [12]. Интенсивность микробного

дыхания за счет эмиссии CO₂ в ризосфере сахарной свеклы составляет 62,1 – 111,2 мг C-CO₂/кг в сутки (табл. 1). Применение поверхностной ОП способствует повышению микробной эмиссии CO₂ на 46,3% (в сравнении с дифференцированной ОП). Что касается систем земледелия, то микробиологическая активность и, соответственно, выделение CO₂ при промышленной и экологической СЗ были на 22,7 % и 15,5 % больше, чем при биологической СЗ.

Было установлено, что существует тесная корреляционная связь между показателями эмиссии CO₂ в почве и численностью бактериальной ($r = 0,96$), грибной микрофлоры ($r = 0,72$), активной микробной биомассы ($r = 0,85$), метаболическим коэффициентом (обратная $r = - 0,83$), функциональным биоразнообразием почвы ($r = 0,7$) (см. ниже) и содержанием лабильного углерода ($r = 0,67$). Полученные результаты свидетельствуют, что с увеличением в почве запасов органических веществ в доступной для микроорганизмов форме, увеличивается их численность, биомасса и дыхания почвы, а, соответственно, создаются благоприятные условия для функционирования микробиоты, улучшаются трофический режим и экологическое состояние почвы, условия для роста и развития сельскохозяйственных культур.

Главной особенностью почвенного микробного комплекса, который характеризует жизнедеятельность микробной системы на биосферном уровне и определяет способ трансформации органических веществ в почве в рамках глобальных циклов углерода и азота, есть функциональное биоразнообразие. Исследования ученых-микробиологов свидетельствуют, что для различных почв и агроприёмов характерны комплексы почвенных микроорганизмов, которые по-разному используют в своем метаболизме источники углерода [13]. Мультисубстратным тестированием было установлено, что суммарная численность функциональных групп микроорганизмов в ризосфере сахарной свеклы выше была на субстратах, которые содержат сахар глюкозу (1,24 млн.) и щавелевую кислоту (1,18 млн. КОЕ/1 г. а.с.п.) (рис. 3, 4).

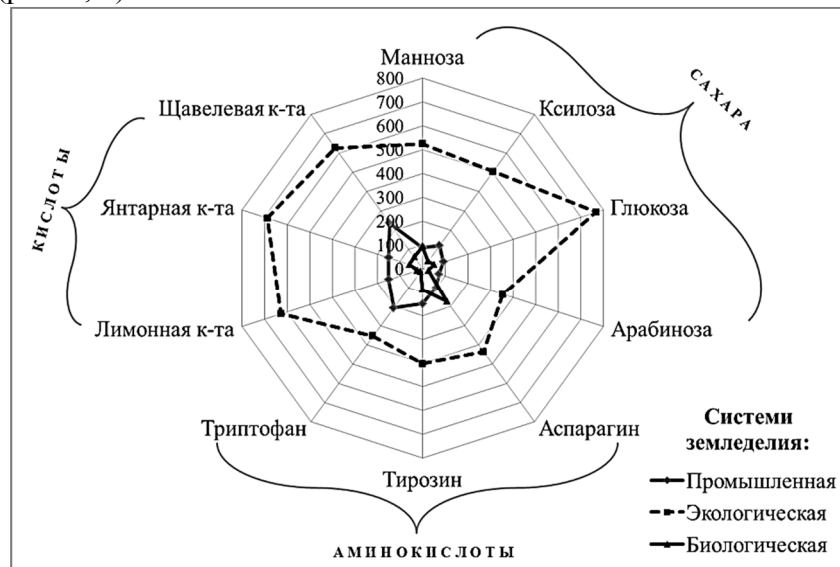


Рис. 3. Влияние систем земледелия и поверхностной обработки почвы на численность микроорганизмов различных функциональных групп ризосферы сахарной свеклы

Наибольшее количество микроорганизмов-трансформаторов углерода всех функциональных групп в ризосфере было обнаружено при экологической СЗ на фоне поверхностной ОП (5,29 млн.), что свидетельствует об активизации трансформации органического углерода, наименьшее – у варианте опыта биологическая СЗ + поверхностная ОП (628,58 тыс. КОЕ/1 г. а.с.п.). По системам земледелия, увеличение суммарной численности микроорганизмов в чернозёме типичном обнаружено при экологической СЗ (6,05 млн. КОЕ/1 г. а.с.п.), это свидетельствует о том, что использование органических удобрений

способствует сохранению эколого-трофических связей и высокой функциональной активности микроорганизмов почвы. По способам обработки почвы было установлено, что численность микроорганизмов, использующих в своем метаболизме источники углерода при поверхностной ОП была выше в 2,8 раза, чем при дифференцированной, это связано с накоплением в верхнем слое почвы органических соединений и питательных веществ.

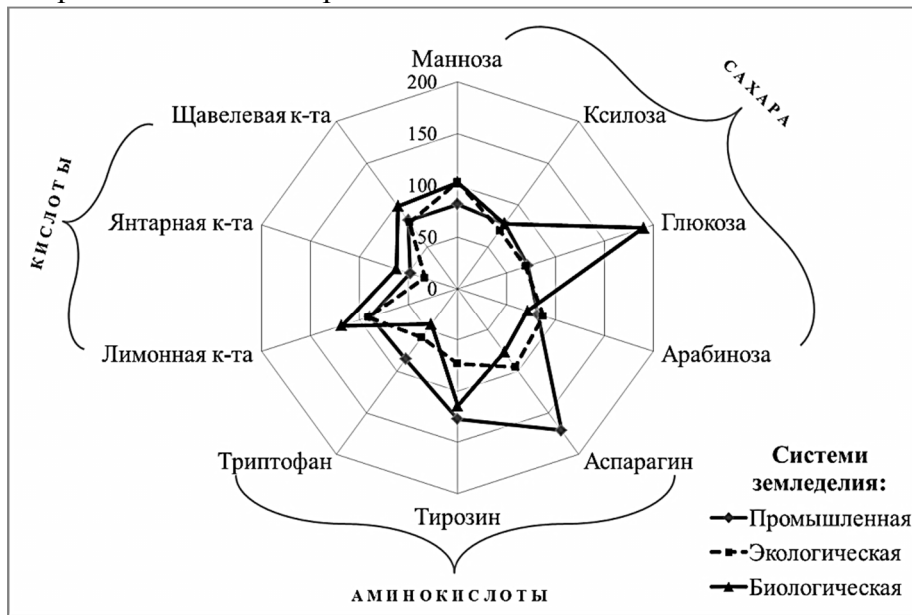


Рис. 4 Влияние систем земледелия и дифференцированной обработки почвы на численность микроорганизмов различных функциональных групп ризосферы сахарной свеклы

Выводы. Установлено, что применение различных систем земледелия и обработки почвы способствует дифференциации численности и перераспределению функциональной активности микробной составляющей почвы и структуры микробной биомассы, изменению интенсивности эмиссии CO_2 , численности микроорганизмов и направленности микробных метаболических процессов превращения соединений углерода. Установлено, что применение поверхностной обработки чернозёма типичного способствует увеличению численности бактерий в 1,7 раза, микромицетов в 2,3 раза, функциональных групп микроорганизмов в 2,8 раза, а также суммарной микробной биомассы в 1,6 раза и интенсивности микробного продуцирования CO_2 в 1,5 раза.

Список использованных литературных источников

1. Екологія мікроорганізмів / [В.П. Пати́ка, Т.Г. Омеля́нець, І.В. Грибник, В.Ф. Петриченко]. – К.: Основа, 2007. – 192 с.
2. Горленко М.В. Мульти-субстратное тестирование природных микробных сообществ / М.В. Горленко, П.А. Кожевин. – М.: МАКС, Пресс, 2005. – 88 с.
3. Круглов Ю.В. Изменение агрофизических свойств и микробиологических процессов дерново-подзолистой почвы в экстремальных условиях высокой температуры и засухи / Ю.В. Круглов, М.М. Умаров, Н.В. Патыка // Известия Тимирязевской с.-х. академии. – 2012. – Вып. 3. – С. 79-87.
4. Танчик С.П. Екологічна система землеробства в Лісостепу України. Методичні рекомендації для впровадження у виробництво / С.П. Танчик, О.А. Демідов, Ю.П. Манько. – К.: НУБІП України, 2011. – 39 с.
5. Шульц Э. Характеристика разлагаемой части органического вещества почвы и ее трансформации при помощи экстракции горячей водой / Э. Шульц, М. Кершес // Почвоведение. – 1998. – № 7. – С. 890-894.
6. Методы почвенной микробиологии и биохимии / [Д.Г. Звягинцев, И.В. Асеева, Н.П. Бабьева, Т.Г. Мирчинк]. – М.: МГУ, 1980. – 224 с.

7. West A.W. Modifications to the substrate-induced respiration method to permit measurement of microbial biomass in soils of differing water contents /A.W. West, G.P. Sparling // *Journal of Microbial Methods*. – 1986. – № 5. – P. 177-189.
8. Vance E. D. Substrate limitation to microbial activity in taiga forest floors / E. D. Vance., F. S. Chapin // *Soil Biol. and Biochem.* – 2001. – Vol. 33, – № 2. – P. 173-178.
9. Стольникова Е.В. Микробная биомасса, её структура и продуцирование парниковых газов почвами разного землепользования: автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. биол. наук: спец. 03.02.03 «Микробиология» / Е.В. Стольникова. – М., 2010. – 25 с.
10. Сравнительная оценка микробной биомассы почв, определяемой методами прямого микрокопирования и субстрат-индуцированного дыхания / [Н.Д. Ананьева, Л.М. Полянская, Е.А. Сусьян и др.] // *Микробиология*. – 2008. – Т. 77, – № 3. – С. 404-412.
11. Молчанов А.Г. Эмиссия CO₂ с поверхности дерново-подзолистых песчаных и торфянисто-глеевой почв южной тайги / А.Г. Молчанов // *Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 40-летию юбилею Ин-та физ.-хим. и биол. проблем почвоведения*. – Пущино, 2010. – С.213-215.
12. Татаринов Ф.А. Дыхание почвы в ельниках центрально-лесного заповедника /Ф.А. Татаринов, А.Г. Молчанов // *Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 40-летию юбилею Ин-та физ.-хим. и биол. проблем почвоведения*. – Пущино, 2010. – С.301-303.
13. Исследование дерново-подзолистых почв при возделывании льна-долгунца в сверхдлительном опыте / [Н.В. Патыка, Ю.В. Круглов, М.А. Мазиров и др.] // *Корми і кормовиробництво: міжвід. темат. наук. збірник*. – Вінниця, 2008. – Вип.62. – С. 258-268.

Анотація

Москалевська Ю.П., Патыка М.В.

Мікробна трансформація вуглецевмісних речовин ризосфери цукрового буряка в різних агроценозах

Проведено порівняльний аналіз кількісного і функціонального різноманіття мікробного комплексу чорнозему типового, який бере участь у трансформації вуглецевих сполук ґрунту. Вивчено накопичення в ризосфері буряка цукрового мікробної біомаси та мікробіологічну активність по інтенсивності емісії CO₂ за різних систем землеробства та способів обробітку ґрунту. Встановлено, що при застосуванні поверхневого обробітку ґрунту оптимізується стан мікробного ценозу ґрунту, що виражається у збільшенні чисельності і співвідношенню бактеріальної і грибною мікрофлори, в тому числі і функціональних груп мікроорганізмів.

Ключові слова: мікробний ценоз, чисельність і функціональне різноманіття, мікробна біомаса, емісія CO₂, чорнозем типовий, буряк цукровий, системи землеробства, способи обробітку ґрунту

Annotation

Moskalevska Yu., Patyka N.

The microbial transformation of carbon compounds in sugar beet rhizosphere in various agrocenosis

It was conducted the comparative analysis of numerical and functional diversity of microbial complex of typical chernozem, which is involved in the transformation of soil carbon compounds. It is studied the accumulation of microbial biomass and microbiological activity from emission of CO₂ in the rhizosphere of sugar beet in different farming systems and soil tillage. It is found that the application of the surface soil tillage is optimizes the condition of soil microbial cenosis, which is reflected in the number and proportion of bacterial and fungal organisms, which includes functional groups of microorganisms.

Keywords: microbial cenosis, total abundance functional diversity, microbial biomass, CO₂ emissions, typical chernozem, sugar beet, farming systems, soil tillage

Отримано редакцією – 20.03.2014 р.