

УДК 631.874:[631.417:631.445.24]

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЕННОГО МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ

Н.С. Матюк, д.с.-х.н., С.С. Зверева, к.б.н., Л.И. Коткова, РГАУ-МСХА

В исследовании экологического состояния почв и агробиоценозов важное место занимают оценка количественных и качественных изменений жизнедеятельности микробного сообщества, а также соотношение эколого-трофических групп в нем.

Жизнедеятельность микробного сообщества определяется его численностью и биоразнообразием, количеством источников питания, агрометеорологическими факторами, а также воздействием на почву антропогенных факторов (возделываемая культура, удобрения, приемы обработки).

Ключевые слова: почвенная биота, сидерат, солома на удобрение.

Цель исследований - изучить изменение биологических показателей плодородия дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при разнотравной заделке пожнивных сидерата и соломы в агроценозах и сравнить с аналогичными показателями естественного ценоза.

Научная новизна исследований заключается в том, что впервые в условиях Центрального района Нечерноземной зоны дана оценка такому изменению. Прикладное значение исследований: применение пожнивных сидерата и соломы оптимизирует условия жизнедеятельности микробного сообщества, приближая почвы агроценозов к естественному ценозу.

Различное влияние на почвенное плодородие оказывают существующие системы и технологии обработки почвы. Увеличение поступления в почву различных агробиоценозов органических веществ, в составе сидеральных культур, пожнивных корневых остатков и соломы на удобрение, обеспечивает протекание сбалансированного биологического круговорота углерода [6].

Накоплено большое количество данных о численности микроорганизмов в почвах разных типов, о влиянии отдельных сельскохозяйственных культур на структуру микробного сообщества [3, 4 и др.].

Однако, вопрос о влиянии разнотравной заделки сидерата и соломы зерновых на базальное дыхание, содержание

углерода микробной биомассы, соотношение углерода микробной биомассы и общего органического углерода, устойчивость микробного сообщества в верхних слоях почвенного профиля остается малоизученным.

Исследования по сравнительной оценке биологических показателей дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы под агробиоценозами и многолетней залежью проводили в 2013-2014 гг. в полевом стационарном опыте Центра точного земледелия Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, заложенном в 2007 г.

Методика. Определение субстрат-индуцированного дыхания (СИД) и базальной биологической активности почвы проводили по методу Н.Д. Ананьевой [1].

Углерод микробной биомассы и долю микробной биомассы в общем органическом углероде находили по формулам:

$$C_{\text{мик.}} = \text{СИД} \cdot 40,04 + 0,37; C_{\text{мик.}} / C_{\text{орг.}}$$

где $C_{\text{орг.}}$ – органический углерод, определенный по методу Тюрина в модификации ЦИНАО.

Коэффициент устойчивости микробного сообщества почвы определяли расчетным путем: $QR = \text{БД} / \text{СИД}$ [5].

Результаты и их обсуждение. Одним из важнейших показателей экологического состояния почвы является ее биологическая активность – основа жизнедеятельности почвы, как живого организма. Микроорганизмы, разлагая растительные остатки, участвуют в круговороте веществ в природе, изменяя содержание гумуса и питательных элементов в почве.

Исследования в звене севооборота озимая пшеница (пожнивная горчица) - картофель показали, что скорость базального дыхания (БД) в фазе колошения озимой пшеницы была максимальной и изменялась от 1,18 до 1,82 мкг С-СО₂/г почвы/ч (табл. 1), что связано с обогащением почвы биологическим азотом после уборки предшествующей культуры вико-овса. В слое 10-20 см за счет более растянутого периода разложения органических веществ и постепенного высвобождения питательных элементов фоновое дыхание было выше.

1. Изменение базального дыхания (БД), мкг С-СО₂/г почвы/ч, и содержания углерода микробной биомассы (C_{мик.}), мкг С-СО₂/г почвы, в дерново-подзолистой почве (2013 г.)

Месяц, фаза	В естественном подзоле (паша) (2013-14)							
	Агроценоз [озимая пшеница (горчица)]				Естественный ценоз (залежь)			
	Слой почвы, см							
	0-10		10-20		0-10		10-20	
	БД	С мик.	БД	С мик.	БД	С мик.	БД	С мик.
Июль, колошение озимой пшеницы	1,18±0,53	546±102	1,82±0,41	324±68	3,00±0,46	256±27	1,76±0,40	611±54
Август, всходы горчицы	0,57±0,17	201±30	0,34±0,07	210±49	0,38±0,07	131±24	0,31±0,04	171±39
Сентябрь, цветение горчицы	0,78±0,18	175±34	0,84±0,19	114±33	0,77±0,05	359±72	0,60±0,12	139±28

В августе отмечалось уменьшение показателя не зависимо от слоя почвы, что связано с ее уплотнением машинно-тракторными агрегатами. В слое почвы 0-10 см базальное дыхание было выше на 0,23 мкг С-СО₂/г почвы/ч, чем в слое 10-20 см в связи с улучшением аэрации при обработке почвы под посев горчицы. В сентябре за счет углерода корневых выделений горчицы белой и разложения растительных остатков базальное дыхание увеличилось в слоях 0-10 и 10-20 см.

В естественном биоценозе в слое 0-10 см отмечалось максимальное значение базального дыхания, что обусловлено большим по сравнению с агроценозом видовым разнообразием как растений, так и микроорганизмов и большим, чем в слое 10-20 см количеством органического вещества, попадающего в почву с корневой системой и наземной частью растений.

Другим важным показателем экологического состояния почвы является её микробная биомасса, характеризующая интенсивность жизнедеятельности сообщества микроорганизмов, подвергающаяся наибольшим изменениям при антропогенных воздействиях [1, 10, 11]. В июле содержание углерода микробной биомассы в агроценозе озимой пшеницы было максимальным и изменялось от 324 до 546 мкг С-СО₂/г почвы. Это связано с мощноразвитой мочковатой корневой системой озимой пшеницы, действие которой проявилось в улучшении водно-воздушного режима и создании более благоприятных условий для жизнедеятельности микроорганизмов.

В естественном биоценозе в июле при интенсивном разложении растительных остатков прошлого года содержание углерода микробной биомассы было выше, чем в агробиоце-

нозе озимой пшеницы и в слое 10-20 см оно достигло максимума (611 мкг С-СО₂/г почвы).

В 2014 г. в апреле – июне при обработке почвы под картофель и в начальные фазы его развития фоновое дыхание было выше в слое 0-10 см из-за интенсивного разложения сидерата и соломы озимой пшеницы и высвобождения большого количества легкодоступных питательных веществ (табл. 2). В июле действие органических удобрений снизилось, в результате чего уменьшилось и фоновое дыхание. Следует отметить, что в слое 10-20 см оно было выше из-за более растянутого периода разложения сидерата и соломы и поступления дополнительного источника питания для почвенной биоты в виде начавшей отмирать корневой системы картофеля.

Наиболее высокий уровень базального дыхания (0,83 мкг С-СО₂/г почвы/ч) отмечался в июне в естественном ценозе из-за более благоприятных условий увлажнения и газообмена, а также непрерывной обеспеченности органическим веществом.

Интенсивная механическая обработка при подготовке почвы к посадке картофеля за счет улучшения её водно-воздушного режима оказала положительное влияние на содержание углерода микробной биомассы. В фазе всходов картофеля содержание углерода микробной биомассы существенно не различалось в слоях 0-10 и 10-20 см и изменялось от 88 до 91 мкг С-СО₂/г почвы. Однако, произошло резкое уменьшение показателя из-за антропогенного воздействия на почву при посадке картофеля, при этом в естественном ценозе содержание углерода микробной биомассы было выше и варьировало от 109 до 152 мкг С-СО₂/г почвы. Это связано со сбалансированным протеканием биологических процессов и отсутствием механического воздействия на почву. В фазе цветения картофеля состояние микроорганизмов агроценоза стабилизировалось, что положительно повлияло на фоновое дыхание. В конце вегетационного периода зафиксирована низкая микробная биомасса как в естественном ценозе, так и в агроценозе. Это объясняется уменьшением действия сидерата и соломы, увеличением выноса питательных элементов из почвы культурой.

2. Изменение базального дыхания (БД), мкг С-СО₂/г почвы/ч, и содержания углерода микробной биомассы (С_{мик}), мкг С-СО₂/г почвы, в почве (2014 г.)

Месяц, период (фаза)	Агроценоз (картофель)				Естественный ценоз (залежь)			
	Слой почвы, см							
	0-10		10-20		0-10		10-20	
	БД	С мик	БД	С мик	БД	С мик	БД	С мик
Апрель, перед посадкой	0,48±0,15	374±67	0,39±0,12	423±97	0,39±0,10	340±39	0,18±0,06	233±47
Июнь, всходы	0,48±0,10	88±6	0,47±0,16	91±16	0,52±0,15	109±22	0,83±0,19	152±27
Июль, цветение	0,25±0,04	232±50	0,37±0,07	246±50	0,42±0,12	184±37	0,34±0,06	127±32
Август, перед уборкой	0,27±0,05	86±23	0,33±0,14	59±16	0,25±0,03	40±11	0,43±0,01	48±10

Углерод микробной биомассы почвы – важная функциональная часть почвенного органического углерода, обеспечивающая основную долю диоксида углерода, поступающего в почву и атмосферу [7, 8]. Содержание углерода микробной биомассы является чувствительным индикатором качества органического вещества почвы и динамики его изменений. Согласно гипотезе Anderson и Domsch, возрастание отношения С_{мик}/С_{орг} свидетельствует о возвращении в почву углерода растительной биомассы [9].

В 2013 г. в естественном ценозе содержание углерода микробной биомассы в общем органическом углероде в июле-августе в слое 10-20 см было выше, чем в слое 0-10 см. Это связано с более длительным периодом разложения отмершей корневой системы растений залежи и варьировало от 0,47 до 1,83 %, (табл. 3). В сентябре при интенсивном разложении растительного покрова естественного ценоза и улучшенной аэрации верхнего слоя почвы показатель был выше в слое 0-10 см (2,05 %).

3. Доля углерода микробной биомассы в общем органическом углероде (С_{мик}/С_{орг}, %) и коэффициент устойчивости микробного сообщества (Q) (2013 г.)

Месяц, фаза	Агроценоз - озимая пшеница (горчица)				Естественный ценоз (залежь)			
	Слой почвы, см							
	0-10		10-20		0-10		10-20	
	C _{мик} /C _{орг.}	Q	C _{мик} /C _{орг.}	Q	C _{мик} /C _{орг.}	Q	C _{мик} /C _{орг.}	Q
Июль, колошение оз. пшеницы	1,84±0,41	0,14±0,02	1,27±0,25	0,54±0,09	0,58±0,06	0,32±0,04	1,83±0,18	0,21±0,03
Август, всходы горчицы	0,79±0,17	0,20±0,03	0,79±0,18	0,11±0,01	0,27±0,01	0,21±0,02	0,47±0,06	0,13±0,02
Сентябрь, цветение горчицы	0,61±0,14	0,32±0,02	0,42±0,10	0,50±0,06	2,05±0,65	0,21±0,03	0,33±0,11	0,32±0,04

В агроценозе озимой пшеницы на содержание углерода микробной биомассы в общем органическом углероде положительно влиял предшественник этой культуры - вико-овес. Это обеспечило максимальное его содержание в слое 0-10 см за счет высвобождения большого количества легкодоступных питательных веществ из органических соединений.

В экспериментах за критерий устойчивости микробного сообщества, а значит и почв, было взято отношение скоростей базального дыхания почвенных микроорганизмов к субстрат-индуцированному.

Установлено, что высокое удельное дыхание микроорганизмов сопровождается большей скоростью их отмирания, что указывает на активную потерю углерода почвой [2].

При возделывании озимой пшеницы и горчицы коэффициент устойчивости варьировал от 0,14 до 0,54, что объясняется неравномерностью поступления источников питания для почвенной

биоты в течение вегетационного периода. В естественном ценозе при замкнутом круговороте веществ и энергии, обусловленном непрерывным процессом отрастания и отмирания надземной биомассы, коэффициент устойчивости меньше варьировал и изменялся от 0,13 до 0,32, что свидетельствует о более высоком уровне их экологической устойчивости.

В 2014 г. при выращивании картофеля высокое содержание углерода микробной биомассы в общем органическом углероде отмечалось в начале вегетации (табл. 4). Это происходило за счет обогащения почвы органическими веществами, поступившими в почву с соломой озимой пшеницы и пожнивным сидератом. Уменьшение показателя отмечалось в июне из-за снижения влажности почвы и в августе из-за истощения запасов питательных веществ и ухудшения условий жизнедеятельности микробного сообщества (уплотнения почвы, снижения степени аэрации).

4. Доля углерода микробной биомассы в общем органическом углероде (С_{мик}/С_{орг}, %) и коэффициент устойчивости микробного сообщества (Q) (2014 г.)

Месяц, фаза	Агроценоз (картофель)				Естественный ценоз (залежь)			
	Слой почвы, см							
	0-10		10-20		0-10		10-20	
	$C_{\text{мик}}/C_{\text{орг}}$	Q	$C_{\text{мик}}/C_{\text{орг}}$	Q	$C_{\text{мик}}/C_{\text{орг}}$	Q	$C_{\text{мик}}/C_{\text{орг}}$	Q

Апрель, перед посадкой	2,13±0,44	0,09±0,01	3,16±0,61	0,07±0,01	1,29±0,13	0,08±0,01	0,88±0,04	0,06±0,01
Июнь, всходы	0,72±0,11	0,42±0,06	0,84±0,16	0,38±0,05	0,53±0,02	0,35±0,06	1,04±0,10	0,40±0,06
Июль, цветение	2,81±0,57	0,08±0,01	5,09±0,95	0,11±0,01	3,6±0,48	0,17±0,02	1,45±0,29	0,20±0,03
Август, перед уборкой	0,83±0,20	0,24±0,02	0,56±0,12	0,41±0,06	0,24±0,01	0,63±0,03	0,53±0,07	0,67±0,07

Аналогичные тенденции отмечались при определении сбалансированности микробного сообщества. Коэффициент устойчивости варьировал в зависимости от антропогенной нагрузки и уровня питания в период вегетации картофеля.

Заключение. Проведенные исследования позволили сделать выводы о том, что в начальный период действия питательных элементов, поступающих в почву с предшествующей культурой, скорость базального дыхания высокая. В дальнейшем в слое почвы 10-20 см происходит ее увеличение, за счет более длительного периода разложения органического вещества, а в слое 0-10 см - снижение, что связано с интенсивным потреблением растениями элементов питания. Антропогенное воздействие на почву приводит к уменьшению фонового дыхания. В естественном ценозе базальное дыхание было максимальным. Это обусловлено большим видовым разнообразием растений и микроорганизмов, а также отсутствием механического воздействия на почву. Органическое вещество, поступившее в почву с соломой озимой пшеницы и сидератом, оказало положительное влияние на содержание углерода микробной биомассы и его долю в общем органическом углероде, а также на устойчивость микробного ценоза. Антропогенная нагрузка на почву и дефицит питательных веществ в конце вегетации культур приводили к снижению этих показателей.

Литература

1. Ананьева, Н.Д. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв / Н.Д. Ананьева. - М.: Наука, 2003. - 223 с.

2. Ананьева, Н.Д. Оценка устойчивости микробных комплексов почв к природным и антропогенным воздействиям / Н.Д. Ананьева, Е.В. Благодатская, Т.С. Демкина // Почвоведение. - 2002. - № 5. - С. 580-587.

3. Добровольская Т.Г. Структура бактериальных сообществ почв. - М.: Академкнига, 2002. - 282 с.

4. Звягинцев Д.Г. Экологическая роль микробных метаболитов. - М.: Изд-во МГУ, 1986. - 240 с.

5. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. - М.: Изд-во МГУ. - 2005. - 445 с.

6. Овсянников, Ю.А. Теоретические основы эколого-биосферного земледелия / Ю.А. Овсянников. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2000. - 264 с.

7. Стольникова Е.В. Микробная биомасса, ее структура и продуцирование парниковых газов почвами разного землепользования // Авт. дис. к.б.н. - М., 2010.

8. Сусьян Е.А., Ананьева Н.Д., Гавриленко Е.Г., Чернова О.В., Бобровский М.В. Микробный углерод в профиле лесных почв южной тайги (заповедник «Калужские засеки» и Звенигородская биостанция МГУ) // Почвоведение. - 2009. - № 10. - С. 1233-1240.

9. Anderson T.-H., Domsch K.H. Ratios of microbial biomass to total organic carbon in arable soils // Soil Biol. Biochem. 1989. V. 21. № 4. P. 471-479.

10. Insam, H. Are the soil microbial biomass and basal respiration governed by the climatic regime / H. Insam // Soil Biol. Biochem. 1990. V. 22. № 4. - P. 525-532.

11. Wardle, D.A. A critique of the microbial metabolic quotient (q CO₂) as a bioindicator of disturbance and ecosystem development / D.A. Wardle, A. Ghani // Soil Biol. Biochem. 1995. V. 27. № 12. - P. 1601-1610.

CHANGES IN PARAMETERS OF SOIL MICROBIAL COMMUNITY UNDER DIFFERENT CONDITIONS

**N.S. Matyuk, S.S. Zvereva, L.I. Kotkova, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy
Listvennichnaya alleya 3, Moscow, 127550 Russia, e-mail: kotkova-89@yandex.ru**

The assessment of quantitative and qualitative changes in the vital activity of microbial community, as well as the ratio of its ecological-trophic groups, occupies an important place in the research of the ecological state of soils and agrobiocenoses. The vital activity of microbial community is determined by its size and biodiversity, the number of nutrition sources, agrometeorological factors, and the influence of anthropogenic factors on soil (arable crops, fertilizers, management practices).

Keywords: soil biota, green manure, straw fertilizer.