

ДИНАМИКА УГЛЕРОДА МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ И СТЕПЕНЬ УСТОЙЧИВОСТИ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА НА МИНИМИЗАЦИЮ ОБРАБОТКИ

A. A. Belousov, E. N. Belousova, A. V. Bugaeva

THE DYNAMICS OF CARBON MICROBIAL BIOMASS AND THE DEGREE OF STABILITY OF ORDINARY CHERNOZEM UNDER THE CONDITIONS OF TRANSITION TO PROCESSING MINIMIZATION

Белоусов Александр Анатольевич – канд. биол. наук, доц. каф. почвоведения и агрохимии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: svoboda57130@mail.ru

Белоусова Елена Николаевна – канд. биол. наук, доц. каф. почвоведения и агрохимии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск.

E-mail: svobodalist571301858@mail.ru

Бугаева Алена Владимировна – асп. каф. почвоведения и агрохимии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск.

E-mail: aljona1992@bk.ru

Belousov Alexander Anatolyevich – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Soil Science and Agrochemistry, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: svoboda57130@mail.ru

Belousova Elena Nikolaevna – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Soil Science and Agrochemistry, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk.

E-mail: svobodalist571301858@mail.ru

Bugaeva Alyona Vladimirovna – Post-Graduate Student, Chair of Soil Science and Agrochemistry, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: aljona1992@bk.ru

Цель исследования – изучить реакцию углерода микробной биомассы (C_{mb}) и уровень устойчивости чернозема обыкновенного Красноярской лесостепи при внедрении почвозащитных технологий обработки. Исследование проводили на черноземе обыкновенном в производственном опыте ООО «СХП «Дары Малиновки» Сухобузимского района в Красноярской лесостепи в 2017–2018 гг. Объект исследования – чернозем обыкновенный среднегумусный среднемоощный тяжелосуглинистый на краснобурой глине. Почва опыта характеризуется содержанием $C_{орг}$ – 6,3–6,5 %, нейтральной реакцией среды. Содержание подвижного фосфора в почве колеблется в пределах 295–320 мг/кг, обменного калия – 127–138 мг/кг. В производственных посевах были выделены реперные участки прямоугольной формы общей площадью 1200 м², с учетной площадью 600 м². В пределах каждого участка выделялись три делянки – повторности, площадью 200 м². Объем выборки составлял $n=12$. Треть за вегетационный сезон отбирались почвенные образцы из слоев 0–10 и 10–20 см методом змейки. Схема опыта представлена следующими вариантами: 1) отвальная (st); 2) минимальная;

3) плоскорезная. В сезоне 2017 г. почва вариантов опыта обрабатывалась по типу чистого раннего пара, а в 2018 г. на полевом стационаре был произведен посев яровой пшеницы сорта Новосибирская-31. В течение вегетационных сезонов наблюдали за динамикой углерода микробной биомассы, базальным и субстрат-индуцированным дыханием, метаболическим коэффициентом. Установлено, что обработка почвы оказывает существенное влияние на динамику углерода микробной биомассы вне зависимости от характера механического воздействия. Динамика является доминирующим фактором, определяющим превращения C_{mb} . Способ обработки почвы не оказывает существенного однонаправленного воздействия на степень устойчивости почвы, рассчитанной по метаболическому коэффициенту.

Ключевые слова: микробная биомасса, субстрат-индуцированное дыхание, метаболический коэффициент, почвозащитная обработка.

The aim of the research was to study the reaction of microbial biomass carbon (C_{mb}) and the level of stability of ordinary chernozem in the Krasnoyarsk forest-steppe when implementing soil protection pro-

cessing technologies. The research was carried out on common chernozem of experimental fields belonging to JSC "Dary Malinovky" situated in Sukhobuzimo district of Krasnoyarsk forest-steppe in 2017–2018. The object of the research was chernozem ordinary mid-humic mid-powerful hard loamy soil on red-brown clay. The soil of the experiment was characterized by the content of S_{org} – 6.3–6.5 %, neutral reaction of the environment. The content of mobile phosphorus in the soil fluctuated within 295–320 mg/kg, exchange potassium – 127–138 mg/kg. In production crops reference sites with a squared total area of 1200 m², with registration area of 600 m² were allocated. Within each plot, there were three plots of land-repetitions, each having the area of 200 m². The sample size equaled $n=12$. During vegetation season soil samples were taken three times from the layers 0–10 and 10–20 cm using "snake" method. The experiment scheme was represented by the following variants: 1) dump plowing (st); 2) minimum; 3) flat-cut soil plowing. In the season of 2017 the soil of the experiment variants was treated according to the type of bare fallow, and in 2018, spring wheat of Novosibirsk-31 was sown at the stationary plot. During vegetation seasons the dynamics of microbial biomass carbon, basal and substrate-induced respiration and metabolic coefficient were watched. It was found that soil treatment had had a significant impact on the dynamics of microbial biomass carbon, regardless of the nature of mechanical action. The dynamics was a dominant factor determining the transformation of C_{mb} . The method of tillage did not have a significant unidirectional effect on the degree of soil stability calculated by metabolic coefficient.

Keywords: microbial biomass, substratum-induced respiration, metabolic coefficient, soil protection tillage.

Введение. Лабильная фракция органического углерода играет одну из ведущих ролей в формировании эффективного плодородия и быстро реагирует на изменения в системе земледелия из-за короткого времени оборота. Микробная биомасса представляет собой транзитно-метаболический пул органического вещества почвы благодаря участию микроорганизмов в процессах разложения и синтеза органических соединений и непрерывности циклов роста и отмирания популяций. Содержание микробной биомассы характеризует степень биогенности

почвы и является одним из индикаторов биологического качества почвенного органического вещества – способности поддерживать разнообразные биологические функции [1]. По мнению Н. Д. Ананьевой [2], устойчивость микробного сообщества почвы можно оценивать по величине микробного метаболического коэффициента. Установлено, что чем ниже его величина, тем устойчивее данная экосистема. Органическое вещество подвержено сильному антропогенному воздействию, и, как следствие, доля лабильной его части нередко находится в минимуме, что отрицательно сказывается на уровне устойчивости. Вовлеченные в сельскохозяйственный оборот почвы Красноярского края, формирующиеся в условиях резко континентального климата, испытывают сложные изменения в химических, физических и биологических свойствах, в том числе структуре органического вещества [3–7].

Цель исследования: изучить реакцию углерода микробной биомассы (C_{mb}) и уровень устойчивости чернозема обыкновенного Красноярской лесостепи при внедрении почвозащитных технологий обработки.

Объекты и методы исследования. Исследование осуществлялось на производственном опыте ООО «ОПХ «Дары Малиновки» Сухобузимского района в Красноярской лесостепи, размещенной в пределах Чулымо-Енисейского денудационного плато юго-западной окраины Средней Сибири.

Объект исследования – чернозем обыкновенный среднегумусный среднемощный тяжелосуглинистый на красно-бурой глине. Почва опыта характеризуется содержанием S_{org} – 6,3–6,5 %, нейтральной реакцией среды. Содержание подвижного фосфора в почве колеблется 295–320 мг/кг, обменного калия – 127–138 мг/кг. В границах производственных посевов были заложены реперные участки прямоугольной формы общей площадью 1200 м², с учетной площадью – 600 м². В пределах каждого участка выделялись три повторности, площадью 200 м². Почвенные образцы отбирались в сроки, приуроченные к фазам развития сельскохозяйственных растений, из слоев 0–10 и 10–20 см методом змейки. Объем выборки, рассчитанный исходя из уровня варьирования плодородия почвы на участке, составлял ($n = 12$). Схема опыта представлена следующими вариантами: 1) отвальная (st); 2) минимальная; 3) плоскорезная.

Отвальную вспашку производили плугом Gregoire Besson SPLM B9 на глубину 25–27 см, минимальную обработку (поверхностное дискование) – дискатором БДМ-Агро БДМ 6х4П и плоскорезную обработку (культивацию) – культиватором Ярославич КБМ-10,8 ПС-4 на глубину 10–12 см. В вегетационный сезон 2017 г. почва вариантов опыта обрабатывалась по типу чистого раннего пара, а в 2018 г. на опытном участ-

ке был произведен посев яровой пшеницы сорта Новосибирская-31. Учет урожая производился методом пробного снопа (с площади 1 м²). Для оценки зависимостей урожайности и величины метаболического коэффициента сопряженно отбирались почвенные образцы. Агрометеорологические условия 2017–2018 гг. относительно нормы оценивались разнонаправлено (табл. 1).

Таблица 1

Метеорологические показатели в годы наблюдений

Год	Месяц					Сумма активных температур
	май	июнь	июль	август	сентябрь	
Средняя температура воздуха, °С						
2017	11,0	20,3	19,5	16,8	8,5	2074
2018	8,1	20,5	18,6	18,3	10,1	2061
Норма (1980–2010 гг.)	8,7	15,2	17,6	14,8	8,8	1833
Осадки, мм						
2017	28,0	30,0	79,0	81,0	81,0	299,0
2018	29,0	29,0	33,0	21,0	58,0	170,0
Норма (1980–2010 гг.)	50,0	61,0	95,0	78,0	48,0	332,0

Так, накопление суммы активных температур было значительно выше среднесезонных значений, а количество осадков, напротив, существенно уступало норме. Это свидетельствует о засушливости условий, формирующихся в годы наблюдений. В отдельные периоды вегетационных сезонов отмечались следующие особенности. Вторая половина лета первого года исследований (2017) характеризовалась существенно большим количеством осадков относительно 2018 года. Химические и физико-химические показатели получены по общепринятым прописям современных методов [8]. Углерод микробной биомассы устанавливали путем пересчета скорости субстрат-индуцированного (СИД) дыхания по формуле

$$C_{мб} \text{ (мкг С/1г почвы)} = (\text{мкл CO}_2 \cdot \text{г}^{-1} \text{ почвы час}^{-1}) \cdot 40,04 + 0,37.$$

Базальное дыхание почвы определяли по скорости выделения CO₂ почвой за 8–10 ч ее инкубации при 22 °С и 60 % ПВ. Определение скорости продуцирования CO₂ проводили, как описано для определения СИД, только вместо раствора глюкозы в почву вносили воду. Скорость базального дыхания выражали в мкг С-CO₂/г/ч. Микробный метаболический коэффициент рассчитывали как отношение скорости базального дыхания к микробной биомассе

$$БД/C_{мик} = qCO_2 \text{ (мкг С-CO}_2\text{/мг } C_{мик}\text{/ч)}.$$

Статистический анализ данных проводился с использованием пакета программ MS Excel.

Результаты исследования и их обсуждение. Рассмотрим динамику преобразования углерода микробной биомассой в условиях отвальной, минимальной и плоскорезной обработки почвы на глубине 0–10 и 10–20 см первого исследования (табл. 2).

Таблица 2

Содержание углерода микробной биомассы (мкг С / 1 г почвы) в вариантах опыта, 2017 г.

Вариант	Срок					
	Июнь (фон)		Июль		Сентябрь	
	0–10 см	10–20 см	0–10 см	10–20 см	0–10 см	10–20 см
Отвальная вспашка (st)	403	403	1680	2321	1702	782
Минимальная обработка (дискование)	403	403	2486	2464	448	694
Плоскорезная обработка (культивация)	403	403	1758	1658	1254	1344
НСР ₀₅	0	0	486	391	247	372

До применения обработки почвы, в июне, значения углерода микробной биомассы регистрировались на уровне 403 мкг/г. Эта величина была нами принята за фоновое содержание. Далее, спустя месяц, в почве всех вариантов обнаруживался значимый рост пула общего углерода микробной биомассы. Поверхностное дискование способствовало максимальным значениям S_{mb} относительно отвальной и плоскорезной обработок ($p < 0,05$). Возможно, это явилось следствием крошения растительных остатков предшествующих культур при дисковании и усилением доступности органического углерода для микроорганизмов в этот период. Противоположная ситуация складывалась в конце сезо-

на, в сентябре. Минимальные значения S_{mb} обнаруживались в почве при поверхностном дисковании, обусловленные активизацией минерализации углерода микробной биомассы в поверхностном слое вследствие изменения агрофизических условий почвы. Усиление иммобилизационных процессов углерода при заделке соломистых остатков проявлялось на варианте с отвальной вспашкой в слое 0–10 см.

Лидирующие показатели фиксации углерода микробной биомассой в сезоне 2018 г. отмечались в июне, в слое почвы 0–10 см в условиях минимальной обработки почвы и сентябре на глубине 0–10 и 10–20 см в условиях плоскорезной обработки (табл. 3).

Таблица 3

Содержание углерода микробной биомассы (мкг С / 1 г почвы) в вариантах опыта, 2018 г.

Вариант	Срок					
	Июнь		Июль		Сентябрь	
	0–10 см	10–20 см	0–10 см	10–20 см	0–10 см	10–20 см
Отвальная вспашка (st)	840	1154	885	952	381	605
Минимальная обработка (дискование)	1288	997	627	1120	459	426
Плоскорезная обработка (культивация)	347	1165	918	515	2050	997
НСР ₀₅	329	256	281	366	379	242

В динамическом ряду эти различия оказались статистически значимыми. По-видимому, мульчирующий слой растительных остатков благоприятствовал метаболизму лабильного органического углерода.

Анализируя представленные результаты, можно выделить следующие закономерности. Минимальная обработка способствовала повышенному содержанию S_{mb} после ее применения.

Далее, к осени, происходило последовательное снижение запасов микробной биомассы. Плоскорезная обработка, напротив, повышала скорость оборачиваемости микробной биомассы от момента обработки к концу вегетационного сезона. В таблице 4 представлена информация о силе влияния изучаемых факторов на изменчивость микробного углерода в исследуемом черноземе обыкновенном.

**Оценка вклада агроэкологических факторов в изменение $C_{мб}$
чернозема обыкновенного**

Период	Фактор	Уровень значимости p		Показатель силы влияния ПСВ, %	
		0–10 см	10–20 см	0–10 см	10–20 см
2017–2018	Способ обработки (А)	0,02*	0,49	1	0
	Динамика (сроки) (В)	0,00*	0,00*	41	62
	Взаимодействие (АВ)	0,00*	0,00*	33	14
	Неучитываемые факторы	–	–	24	24
2017	Способ обработки (А)	0,22	0,62	1	0
	Динамика (сроки) (В)	0,00*	0,00*	60	70
	Взаимодействие (АВ)	0,00*	0,00*	19	12
	Неучитываемые факторы	–	–	20	17
2018	Способ обработки (А)	0,00*	0,76	8	0
	Динамика (сроки) (В)	0,17	0,00*	1	17
	Взаимодействие (АВ)	0,00	0,00*	57	23
	Неучитываемые факторы	–	–	34	60

*Данные достоверны.

Эти сведения важны для понимания того, как можно управлять системой агроландшафтов с точки зрения функционирования почвенной биоты. Так, например, при существенном влиянии обработки почвы на флуктуации $C_{мб}$ агро-технолог сделает выбор в пользу той обработки, которая будет способствовать аккумуляции всех пулов микробного углерода: общем, активном, покоящемся и мертвом. В случае преимущественного влияния фактора «динамика» (сроки) основной акцент необходимо сделать на регулировании гидротермических условий в педоценозе и других параметров, влияющих на внутрисезонную динамику.

В первый год при изучении способов обработки было обнаружено, что трансформация углерода микробной биомассы в слое 0–10 см в большей степени (60 %) обуславливалась сменой условий среды и лишь 1 % флуктуаций определялся способом обработки. Результаты следующего вегетационного сезона выявили существенные изменения в силе влияния факторов. Так, сочетание влияний обработки почвы и смены гидротермических условий обусловили 57 % их участия в превращениях углерода микробной биомассы. Таким образом, предполагаем: чем далее уходит время после проведенной

обработки, тем большее влияние она оказывает на трансформацию $C_{мб}$. Доля участия не учитываемых в опыте факторов составила за данный период наблюдений 20–34 %. В поверхностном 0–10 см слое почвы способ обработки в первые месяцы незначимо участвовал в трансформации лабильного органического углерода. В целом годы наблюдений выявили тенденцию – способ обработки почвы не оказывал значительного влияния на характер изменчивости микробного углерода. В 2018 г. после повторного механического воздействия на почву были выявлены аналогичные закономерности. Однако степень участия фактора «динамика» в превращении $C_{мб}$ существенно снижалась с одновременным усилением влияния фактора «взаимодействие». Для слоя 10–20 см в общем итоге, ситуация повторялась, но с еще более значимым участием фактора «динамика» в трансформации углерода микробной биомассы.

Значения базального дыхания и метаболического коэффициента чернозема выщелоченного в период, предшествующий используемым технологиям обработки почвы (2017 г.), варьировали в пределах 2,3–9,5 мкг $C-CO_2/g/ч$ и 0,9–9,3 мкг $C-CO_2/mg C_{мик}/ч$, соответственно (табл. 5).

Таблица 5

**Значения базального дыхания (БД, мкг С-СО₂/ г / ч)
и метаболического коэффициента (qCO₂, мкг С-СО₂/ мг С_{мик}/ ч) чернозема обыкновенного**

Вариант	Слой, см	2017					
		Июнь		Июль		Сентябрь	
		БД	qCO ₂	БД	qCO ₂	БД	qCO ₂
Отвальная вспашка (st)	0–10	2,3	6,0	7,8	4,5	2,1	1,2
	10–20	2,3	6,1	9,5	4,3	2,2	2,7
Минимальная обработка (дискование)	0–10	2,3	7,1	3,0	1,3	5,6	9,3
	10–20	2,3	7,1	4,7	1,9	4,3	4,9
Плоскорезная обработка (культивация)	0–10	2,3	7,1	3,9	2,5	5,2	4,5
	10–20	2,3	6,2	5,2	3,3	6,8	5,2
НСП ₀₅	0–10	–	–	1,8	1,1	1,0	0,9
	10–20	–	–	1,6	1,0	1,7	1,3

Максимальный уровень устойчивости почвы наблюдался на фоне поверхностного дискования в слое 0–10 см, а в сентябре – при отвальной технологии обработки. Наименьшая устойчивость микробного сообщества фиксировалась в сентябре, в условиях минимальной технологии обработки почвы. Второй год наблюдений выявил максимум устойчивости в июне на глубине 10–20 см в условиях плоскорезной технологии обработки почвы и 0–10 см при минимальной обработке (табл. 6).

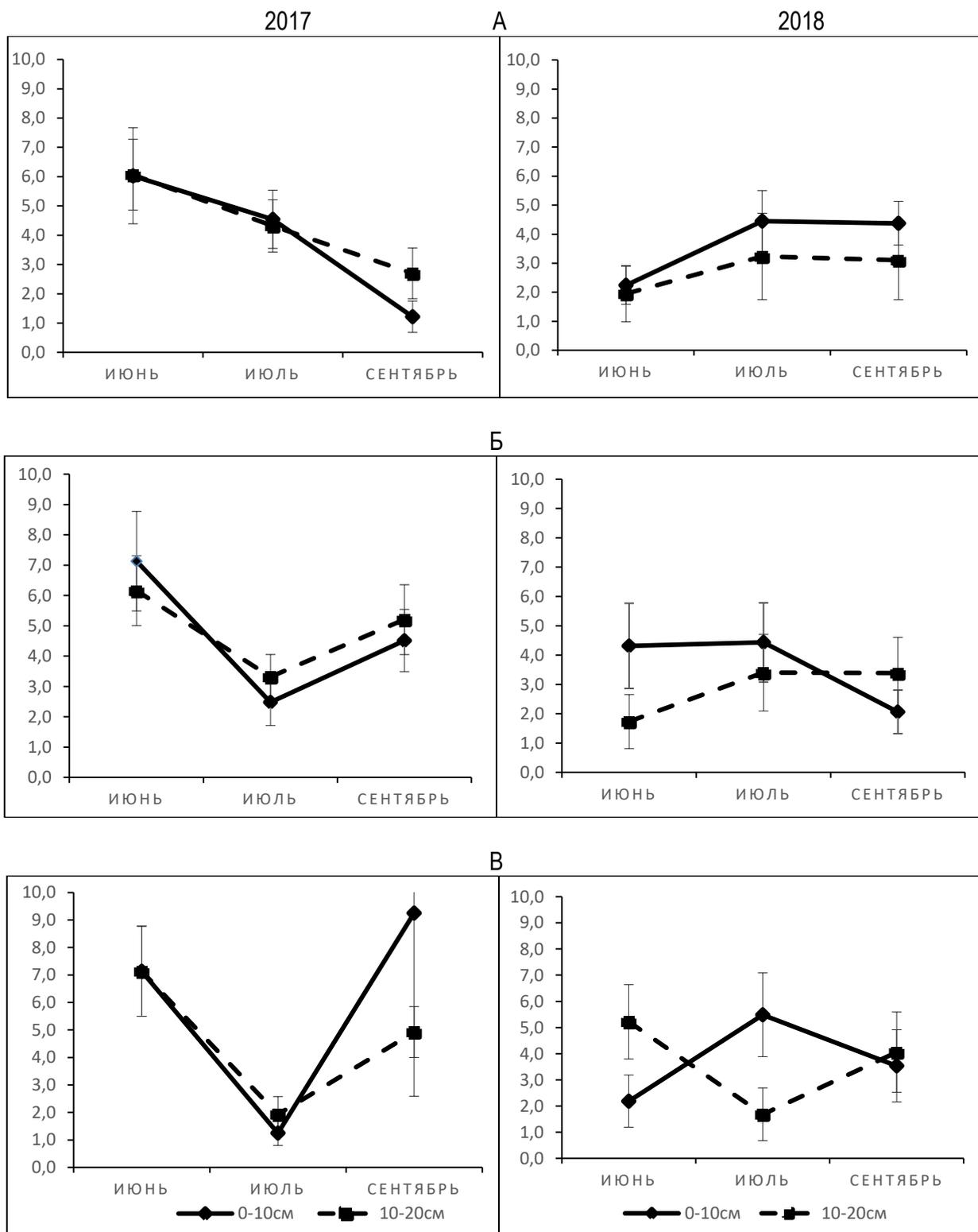
Внутрирассезонные трансформации метаболического коэффициента в почве всех вариантов были выражены, но закономерностей не прослеживалось (рис.).

Однако использование плоскорезной обработки способствовало наибольшей устойчивости почвы осенью 2018 г. В почве данного варианта обнаружилась наиболее значимая корреляционная зависимость между метаболическим коэффициентом и урожайностью яровой пшеницы (табл. 7).

Таблица 6

**Значения базального дыхания (БД, мкг С-СО₂/ г / ч)
и метаболического коэффициента (qCO₂, мкг С-СО₂/ мг С_{мик}/ ч) чернозема обыкновенного**

Вариант	Слой, см	2018					
		Июнь		Июль		Сентябрь	
		БД	qCO ₂	БД	qCO ₂	БД	qCO ₂
Отвальная вспашка (st)	0–10	2,2	2,7	4,3	5,2	1,9	6,1
	10–20	2,3	2,3	2,8	3,9	2,1	4,9
Минимальная обработка (дискование)	0–10	2,4	2,2	3,8	4,4	2,0	5,8
	10–20	4,8	5,2	1,4	1,7	1,8	6,1
Плоскорезная обработка (культивация)	0–10	1,5	6,5	3,7	5,2	3,8	2,1
	10–20	1,6	1,7	1,6	4,2	3,6	3,7
НСП ₀₅	0–10	0,9	3,0	1,3	5,9	1,0	2,8
	10–20	1,2	1,6	0,9	2,6	1,4	4,0



Динамика метаболического коэффициента:
 А – отвальная; Б – плоскорезная; В – дискование

**Урожайность яровой пшеницы и ее зависимость
от метаболического коэффициента (qCO_2)**

Вариант	Урожайность яровой пшеницы, ц/га	г	Слой, см	qCO_2
Отвальная вспашка (st)	28,7	-0,19	0–10	6,1
		0,36	10–20	4,9
Минимальная обработка (дискование)	14,6	0,18	0–10	5,8
		0,28	10–20	6,1
Плоскорезная обработка (культивация)	35,3	0,48	0–10	2,1
		0,04	10–20	3,7
НСР ₀₅	7,0			

Выявлено, что использование поверхностной культивации на глубину 10–12 см существенно повышало урожайность яровой пшеницы, а значения метаболического коэффициента подтверждали наиболее высокую устойчивость почвенной системы к механическому воздействию. По-видимому, сама идея плоскорезной обработки была направлена на поиск такого воздействия на верхний слой почвы, при котором он останется в относительно естественном сложении, а на поверхности почвы аккумулируется мульчирующий слой растительных остатков. Сопутствующие наблюдения показали, что, действительно, на поверхности почвы сформировался слой мелкой соломы, ветоши и мортмассы. Но эти остатки не были измельчены до гомогенного состояния, как при поверхностном дисковании. При воздействии дисковых орудий под определенным углом к поверхности почвы происходит частичное ее перемешивание и усиление окислительных процессов, приводящих к ускоренной минерализации. Это вызывало снижение степени устойчивости почвы по величине метаболического коэффициента.

Выводы

1. Обработка почвы увеличивает ($p < 0,05$) содержание углерода микробной биомассы после механического воздействия. Достоверный прирост оборачиваемости $S_{мик}$ выявлен при поверхностном дисковании.

2. Изменение углерода микробной биомассы после внедрения исследуемых вариантов в слое 0–10 см на 60 % связано с динамической сменой условий среды и только 1 % флуктуаций

определялся способом обработки. Совместное влияние обработки почвы и смены гидротермических условий обуславливало 57 % участия в превращениях углерода микробной биомассы второго года наблюдений.

3. Применение плоскорезной обработки почвы в рассматриваемых агроэкологических условиях способствует высокой урожайности яровой пшеницы и сохранению устойчивости почвенной системы, рассчитанной по величине метаболического коэффициента.

Литература

1. *Зинякова Н.Б., Семенов В.М.* Микробная биомасса как ключевой компонент органического вещества почвы и чувствительный индикатор его качества // Почвенно-земельные ресурсы: оценка, устойчивое использование, геоинформационное обеспечение: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. Минск: Изд-во БГУ, 2012. С. 116–118.
2. *Ананьева Н.Д.* Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв // Агрохимия. 2003. № 7. С. 92–93.
3. *Белоусова Е.Н., Белоусов А.А.* Трансформация азотсодержащих соединений чернозема выщелоченного в условиях минимизации обработки // Вестник КрасГАУ. 2017. № 5. С. 149–156.
4. *Белоусов А.А., Белоусова Е.Н.* Влияние структурного состава почвы и агрохимикатов на содержание углерода микробной биомассы // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2013. № 2. С. 25–31.

5. Белоусова Е.Н., Белоусов А.А. Сезонная динамика водорастворимого органического вещества чернозема выщелоченного в условиях почвозащитных технологий // Вестник КрасГАУ. 2017. № 9. С. 134–139.
6. Власенко О.А. Динамика углерода подвижного гумуса в агрочерноземе при возделывании яровой пшеницы с помощью ресурсосберегающих технологий // Вестник КрасГАУ. 2015. № 9. С. 60–67.
7. Кураченко Н.Л., Колесник А.А. Структура и запасы гумусовых веществ агрочернозема в условиях основной обработки // Вестник КрасГАУ. 2017. № 9. С. 149–157.
8. Воробьева Л.А. Теория и практика химического анализа почв. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
3. Belousova E.N., Belousov A.A. Transformacija azotsoderzhashhih soedinenij chernozema vyshhelochennogo v uslovijah minimizacii obrabotki // Vestnik KrasGAU. 2017. № 5. S. 149–156.
4. Belousov A.A., Belousova E.N. Vlijanie strukturnogo sostava pochvy i agrohimikatov na sodержanie ugljeroda mikrobnnoj biomassy // Vestnik Burjatskoj gosudarstvennoj sel'sko-hozjajstvennoj akademii im. V. R. Filippova. 2013. № 2. S. 25–31.
5. Belousova E.N., Belousov A.A. Sezonnaja dinamika vodorastvorimogo organicheskogo veshhestva chernozema vyshhelochennogo v uslovijah pochvozashhitnyh tehnologij // Vestnik KrasGAU. 2017. № 9. S. 134–139.
6. Vlasenko O.A. Dinamika ugljeroda podvizhnogo gumusa v agrochernozeমে pri vzdelyvanii jarovoj pshenicy s pomoshh'ju resursosberegajushhih tehnologij // Vestnik KrasGAU. 2015. № 9. S. 60–67.
7. Kurachenko N.L., Kolesnik A.A. Struktura i zapasy gumusovyh veshhestv agrochernozeমে v uslovijah osnovnoj obrabotki // Vestnik KrasGAU. 2017. № 9. S. 149–157.
8. Vorob'eva L.A. Teorija i praktika himicheskogo analiza pochv. M.: GEOS, 2006. 400 s.

Literatura

1. Zinjakova N.B., Semenov V.M. Mikrobnaja biomassa kak kljuchevoj komponent organicheskogo veshhestva pochvy i chuvstvitel'nyj indikator ego kachestva // Pochvennozemel'nye resursy: ocenka, ustojchivoe ispol'zovanie, geoinformacionnoe obespechenie: mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Minsk: Izd-vo BGU, 2012. S. 116–118.
2. Anan'eva N.D. Mikrobiologicheskie aspekty samoochishhenija i ustojchivosti pochv // Agrohimiya. 2003. № 7. S. 92–93.

