

**ДИНАМИКА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЧЕРНОЗЕМА
ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ МИНИМИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ
И ПРИМЕНЕНИИ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ**

**С.Д. Гилев, к.с.-х.н., И.Н. Цымбаленко, к.с.-х.н., А.П. Курлов, Курганский НИИСХ,
И.В. Русакова, к.б.н., ВНИИОУ**

На основании многолетних исследований показана динамика общего и легкоминерализуемого органического углерода чернозема выщелоченного после длительного применения различных по интенсивности систем почвообработки в зернопаровом севообороте. Установлена положительная роль нулевой системы обработки в снижении интенсивности процессов минерализации почвенного органического вещества и поддержания более высокого уровня общего и лабильного гумуса.

Ключевые слова: система обработки, урожайность, растительные остатки, общий и легкоминерализуемый органический углерод, микробная биомасса.

В научной литературе накоплен обширный экспериментальный материал, свидетельствующий о разностороннем влиянии способов обработки почвы на динамику её органического вещества. Большинство авторов утверждают, что интенсивное разложение органического вещества происходит при отвальной обработке. При этом в почве возрастает численность аэробной микрофлоры, что ведет к разложению органического вещества с высокой степенью интенсивности и низким коэффициентом гумификации [1, 2].

Быстрая минерализация и возникающий дефицит свежих органических остатков, по мнению А.О. Берестецкого [3], способствуют переключению почвенных микроорганизмов на разложение гумусовых веществ, в результате чего возможны их деградация и снижение запасов гумуса.

Исследованиями, проведенными В.И. Кирюшиным, И.Н. Лебедевой и др. [4, 5] на южном черноземе Западной Сибири и Северного Казахстана, установлено, что сокращение глубины и частоты механической обработки способствует существенному снижению потерь гумуса за счет уменьшения интенсивности процессов эрозии и минерализации органического вещества.

К такому же выводу пришли сибирские ученые В.Г. Холмов, Л.В. Юшкевич [6], которые отмечают, что при минимизации обработок выщелоченных черноземов южной лесостепи Западной Сибири темпы снижения запасов гумуса в пахотном слое в 1,5-2,0 раза слабее по сравнению со вспашкой. Следовательно, энергосберегающие приемы обработки почвы (минимальная и нулевая) в сочетании со средствами комплексной химизации могут служить одним из радикальных средств сохранения и повышения потенциального плодородия почв.

В то же время, по данным М.А. Глухих [7], в условиях Зауралья существенных различий в содержании гумуса в слое 0-30 см выщелоченного чернозема за 20-летний период исследований по вариантам обработки (отвальная, безотвальная, плоскорезная и минимальная) не обнаружено.

В условиях повсеместной минимизации почвообработок в земледелии, включая технологии прямого посева зерновых культур по стерновым фонам, важно знать степень их влияния на содержание и качество почвенного органического вещества, особенно при длительном применении минимальных обработок и средств химизации.

Цель данной работы – установить различия в содержании общего и легкоминерализуемого (лабильного) органического углерода после длительного применения различных по интенсивности систем почвообработки.

Методика. Исследования проводили на Центральном опытном поле Курганского НИИСХ в длительном многофакторном стационарном опыте на выщелоченном черноземе, где в течение восьми лет применяли различные по интенсивности обработки почвы. Образцы почвы (из слоя 0-20 см) отобрали весной (в конце мая) 2014 г. в четвертом поле севооборота – 1-пар; 2-пшеница; 3-пшеница; 4-пшеница, в вариантах: ежегодная вспашка на глубину 20-22 см; обработка дисковым орудием на 6-8 см и нулевая (без осенней обработки) на удобренном фоне и без удобрений. Следует отметить, что в первых двух вариантах данного опыта посеvy пшеницы систематически обрабатывали гербицидами избирательного действия, в третьем варианте дополнительно применяли глифосатсодержащие гербициды перед посевом и при подготовке пара. Посев проводили сеялкой, оборудованной узкими анкерными сошниками. Уборку и учет урожая во всех вариантах осуществляли комбайном «Сампо-500», оборудованным измельчителем соломы, что позволяло оставлять пожнивные и растительные остатки на поле. В качестве эталонного участка служила 40-летняя залежь.

Для характеристики почвенного органического вещества (ПОВ) определяли: содержание органического углерода ($C_{орг}$) по Тюрину в модификации Никитина со спектрофотометрическим окончанием по Орлову-Гриндель; водорастворимый углерод ($C_{вод}$) – в водной вытяжке по Панникову; содержание углерода, экстрагируемого горячей водой ($C_{эв}$) – по методике Шульц-Кершенса (экстракция углерода – 1-часовым кипячением с H_2O); подвижный углерод ($C_{щ}$) – в 0,1 н. NaOH вытяжке по схеме Тюрина в модификации Пономаревой и Плотниковой; биомассу почвенных микроорганизмов ($C_{мб}$) – методом регидратации-экстракции; содержание общего азота – по Кьельдалю [8, 9].

Математическую обработку полученных данных (дисперсионный и корреляционный анализ) проводили с использованием компьютерных программ Excel и Statistica 6,0.

Результаты исследований и их обсуждение. Проведенными исследованиями установлено, что самое вы-

сокое содержание углерода органического (3,01%) отмечено на участке, переведенном в залежь и на протяжении 40 лет занятом злаковым травостоем. В полевом севообороте в вариантах без удобрений по мере снижения интенсивности почвообработок содержание органического углерода ($C_{орг}$) за 8-летний период исследо-

ваний уменьшилось с 2,16% по отвальной обработке до 1,92% по нулевой. Самое высокое в опыте содержание углерода (2,18%) установлено в варианте нулевой обработки на фоне азотных удобрений (среднегодовая доза 40 кг д.в./га) и систематического применения прямого посева без осенней обработки (табл. 1).

1. Содержание общего и легкоразлагаемого органического углерода в пахотном слое чернозема выщелоченного в зависимости от применяемых систем обработки почвы

Система обра- ботки почвы	Фон удобренности	C _{орг}	N _{общ}	C:N	Содержание, мг/кг почвы			
		%			C _{мб}	C _{вод}	C _{эгв}	C _щ
Отвальная	Без удобрений	2,16±0,07	0,157±0,009	13,8	366	51,0±0,3	147±1	2412±150
	N ₄₀	1,86±0,02	0,166±0,003	11,2	444	48,6±1,4	132±8	2611±56
Минимальная	Без удобрений	2,11±0,00	0,155±0,005	12,2	472	48,2±3,1	151±2	2611±19
	N ₄₀	1,89±0,04	0,184±0,006	11,5	455	50,8±8,2	141±1	2637±168
Нулевая	Без удобрений	1,92±0,00	0,156±0,003	12,3	486	64,0±8,2	145±2	2412±150
	N ₄₀	2,18±0,09	0,188±0,009	11,6	562	55,5±3,8	169±4	3299±131
Залежь	Без удобрений	3,01±0,05	0,236±0,006	12,8	855	122,3±2,7	282±6	5075±132
НСП ₀₅		0,13	0,014			10,7	8	283
P, %		1,71	2,34			4,69	1,35	2,71
Увар.		99,12				97,92	99,58	99,0

$F_{факт.}$ везде больше $F_{табл.}$

Это можно объяснить тем, что в варианте с нулевой системой обработки на фоне комплексной химизации формировался более высокий урожай пшеницы, особенно в засушливые годы, что обеспечивало поступление в верхний слой почвы большего количества растительных остатков – 3,40 т/га по сравнению с 3,07-3,16 т/га (отвальная и минимальная обработки) (табл. 2).

2. Урожайность яровой пшеницы и количество растительных остатков в зависимости от систем обработки почвы и удобрения, т/га (в среднем за 2008-2013 гг.)

Система обработки почвы на фоне гербицидов	Урожайность		Количество растительных остатков	
	без удобрений	N_{40}	без удобрений	N_{40}
Отвальная	1,42	1,51	3,02	3,16
Минимальная	1,30	1,45	2,81	3,07
Нулевая	1,33	1,64	2,86	3,40
HCP ₀₅		0,12		

На фоне среднегодовой дозы азота (N_{40}) в вариантах минимальной и нулевой систем обработки почвы, в отличие от традиционной отвальной, содержание общего азота в пахотном слое чернозема выщелоченного существенно увеличилось по сравнению с соответствующими вариантами без внесения азота – с 0,155-0,156 до 0,184-0,188%, в результате улучшилось соотношение C:N с 12,2-12,3 до 11,5-11,6 (табл. 1). Следовательно, гумусовое состояние почвы по признаку обогащенности азотом, по шкале В.И. Кирюшина, А.Л. Иванова [10], повысилось от низкого к среднему уровню. Это свидетельствует об улучшении плодородия пахотного слоя чернозема выщелоченного.

Согласно современным представлениям, почвенное органическое вещество – сложный комплекс, весьма динамичная сложная гетерогенная система, состоящая минимум из двух составляющих – активной, легкоразлагаемой, и пассивной, стабильной, которые характеризуются разной устойчивостью к деструкционным процессам [11-13]. В условиях сельскохозяйственного использования утрата или накопление органического вещества почв сопряжена с преимущественной потерей

или накоплением легкотрансформируемых компонентов.

Микробная биомасса – значимый источник быстро разлагаемых, обогащенных азотом органических соединений. В проводимом опыте максимальное значение $C_{мб}$ отмечено в варианте нулевой обработки на фоне N_{40} – 562 мг/кг почвы, минимальное – 366 мг/кг при ежегодном проведении глубокой вспашки без удобрений.

Одним из надежных критериев уровня содержания в почве легкоразлагаемого органического вещества и показателем эффективного плодородия пахотных почв может служить углерод, экстрагируемый горячей водой – $C_{эгв}$. Этот углерод представлен в основном органическими соединениями, образующимися на самых ранних стадиях трансформации растительных остатков, а также микробной биомассой. Содержание $C_{эгв}$ было наиболее высоким в варианте нулевой обработки с внесением азотного удобрения и составило 169 мг/кг почвы.

Нулевая обработка обеспечила также самый высокий уровень содержания водорастворимого углерода, которое было в 1,25 и 1,33 раза выше, чем в вариантах с отвальной и минимальной обработками соответственно.

Количество подвижного углерода по Тюрину ($C_{щ}$) за счет свежих растительных пожнивно-корневых остатков, оставляемых после уборки урожая на делянках, где применяли нулевую систему обработки в сочетании с комплексной химизацией, увеличилось с 2611 до 3299 мг/кг почвы (26%) (см. табл. 1). Увеличение подвижного углерода в почве, по мнению Н.Ф. Балабановой, Н.А. Воронковой [14], означает возрастание поступления «доступного гумуса», способствующее дополнительному поступлению питательных веществ и созданию оптимальных условий для повышения продуктивности яровой пшеницы.

Следует отметить, что между содержанием общего углерода и легкоразлагаемыми его формами существует достаточно устойчивая корреляционная связь ($r=0,89-0,98$). Причем проявляется она в одинаковой степени как между различными фракциями органического вещества, так и в целом между изучаемыми системами обработки почвы. Кроме того, наблюдается

тесная корреляционная связь между подвижным углеродом ($C_{\text{щ}}$) и аммонифицирующими и амилаолитическими почвенными микроорганизмами, участвующими в азотном цикле ($r = 0,75$ и $r = 0,83$); между углеродом микробной биомассы ($C_{\text{мб}}$), углеродом, экстрагируемым горячей водой ($C_{\text{эв}}$) и амилаолитическими бактериями ($r=0,76$) (табл. 3).

3. Коэффициенты корреляции (r) содержания общего углерода с легкоразлагаемыми его формами и микробиоценозом чернозема выщелоченного

Показатель	$C_{\text{орг}}$	$C_{\text{мб}}$	$C_{\text{эв}}$	$C_{\text{вод}}$	$C_{\text{щ}}$	Микроорганизмы	
						аммонифицирующие	амилолитические
$C_{\text{орг}}$	1,00	0,89	0,98	0,93	0,94	0,64	0,72
$C_{\text{мб}}$	0,89	1,00	0,96	0,93	0,97	0,69	0,76
$C_{\text{эв}}$	0,98	0,96	1,00	0,97	0,97	0,69	0,76
$C_{\text{вод}}$	0,93	0,93	0,97	1,00	0,90	0,65	0,70
$C_{\text{щ}}$	0,94	0,97	0,97	0,90	1,00	0,75	0,83
Аммонифицирующие бактерии	0,64	0,69	0,69	0,65	0,75	1,00	0,98
Амилаолитические микроорганизмы	0,72	0,76	0,76	0,70	0,83	0,98	1,00

Выводы. 1. Длительное применение нулевой системы обработки при возделывании яровой пшеницы в зернопаровом севообороте с внесением среднегодовой дозы N_{40} и применением химической системы защиты от сорняков, включая подготовку пара, значительно снижает интенсивность минерализации почвенного органического вещества чернозема выщелоченного и тем самым поддерживает более высокий уровень общего и лабильного гумуса.

2. Сравнение вариантов различных систем обработок с залежью, где отмечены гораздо более высокие уровни всех определяемых фракций ПОВ, особенно легкоразлагаемых, подтверждает, что механическая обработка почв наряду с наличием чистых паров в севообороте, активизируя минерализационные процессы, способствует снижению в первую очередь лабильных форм гумуса. Нулевая обработка, хотя и характеризуется более высоким содержанием всех форм гумуса (общего, и легкоразлагаемого), все-таки не позволяет достичь уровня залежи из-за низкого поступления в почву растительных остатков.

Литература

1. Кучеров В.С., Кененбаев С.Б., Чекалин С.Г. Плодородие почв в Приуралье// Достижения науки и техники АПК. – 1993. – № 4. – С. 1113.
2. Моценко Ю.Б. Совершенствование элементов систем земледелия при выращивании яровой пшеницы на чер-

ноземах степной зоны Западной Сибири// Автореф. дис. д-ра с.-х.н./ Ю.Б. Моценко. – Омск, 1990. – 32 с.

3. Берестецкий О.А. Биологические основы севооборотов/Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. – М.: Наука, 1985. – С. 136-140.
4. Кирюшин В.И., Лебедева И.Н. Опыт изучения изменения органического вещества в черноземах Северного Казахстана при их сельскохозяйственном использовании// Почвоведение. – 1972. – № 8.
5. Кирюшин В.И. и др. Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах /В.И. Кирюшин, Н.Ф. Ганжара., И.С. Кауричев, Д.С. Орлов, А.А. Титлянова, А.Д. Фокин. – М.: Изд-во МСХА, 1993. – 99 с.
6. Холмов В.Г., Юшкевич Л.В. Интенсификация и ресурсосбережение в земледелии лесостепи Западной Сибири. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2006. – 396 с.
7. Глухих М.А. Влага черноземов Зауралья и пути ее эффективного использования. – Челябинск: ЧГАУ, 2003. – 358 с.
8. Методы определения активных компонентов в составе гумуса почв. – М.:ВНИИА, 2010. – 32 с.
9. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 272 с.
10. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство// Под ред. В.И. Кирюшина, А.Л. Иванова. – М.: ФГНУ Росинформагротех, 2005. – 784 с.
11. Козут Б.М. Принципы и методы оценки содержания трансформируемого органического вещества в пахотных почвах // Почвоведение. – 2003. – № 3. – С. 308-316.
12. Семенов В.М. и др. Оценка обеспеченности почв активным органическим веществом по результатам длительных полевых опытов/ В.М. Семенов, Б.М. Козут, С.М. Лукин, И.Н. Шарков, И.В. Русакова, А.С. Тулина., В.И. Лазарев // Агрохимия. – 2013. – № 3. – С. 19-31.
13. Шарков И.Н., Данилова А.А. Влияние агротехнических приемов на изменение содержания гумуса в пахотных почвах // Агрохимия. – 2010. – № 12. – С. 72-81.
14. Балабанова Н.Ф., Воронкова Н.А. Содержание лабильного органического вещества в почве в зависимости от длительного применения минеральных удобрений и соломы в севооборотах// Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию со дня рождения В.Г. Холмова. – Омск, 2012. – С.184-187.

DYNAMICS OF ORGANIC MATTER IN THE LEACHED CHERNOZEM UNDER MINIMUM TILLAGE AND THE APPLICATION OF CHEMICALS

S.D. Gilev¹, I.N. Tsymbalenko¹, A.P. Kurlov¹, I.V. Rusakova²

¹Kurgan Research Institute of Agriculture,
Sadovoe, Ketovo raion, Kurgan oblast, 641325 Russia
E-mail: kniish@ketovo.zaurl.ru

²All-Russian Research Institute of Organic Fertilizers and Peat,
ul. Pryanishnikova 1, Vyatkins, Sudogda raion, Vladimir oblast, 601390 Russia

Long-term studies have showed the evolution of total and easily mineralizable organic carbon in the leached chernozem after the long-lasting use of different tillage systems in the grain-fallow crop rotation. A positive role of zero tillage in the reduction of the mineralization of soil organic matter and the maintenance of the higher levels of total and labile humus has been revealed.

Keywords: tillage system, crop yield, crop residues, total and easily mineralizable organic carbon, microbial biomass.