

НУЛЕВАЯ ОБРАБОТКА ПОЧВЫ И ЕЕ РОЛЬ В НАКОПЛЕНИИ ГУМУСА В ТИПИЧНЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ

С.А. Юдин¹, кандидат биологических наук, Н.Р. Ермолаев¹,
В.П. Белобров¹, доктор сельскохозяйственных наук, А.А. Завалин^{1,2}, академик РАН

¹Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»
119017, Москва, Пыжжевский пер., 7, стр. 2
E-mail: yudin_sa@esoil.ru

²Всероссийский научно-исследовательский институт им. Д.Н. Прянишникова
127434, Москва, ул. Прянишникова, 31а

Технология выращивания сельскохозяйственных культур без обработки почвы зарекомендовала себя в мировом земледелии, в первую очередь как противозерозионная, обеспечивающая сохранение и восстановление плодородия почвы благодаря снижению деградиционных процессов, в том числе дегумификации. На примере полевого опыта по минимизации обработок вплоть до их полного исключения на типичных черноземах в 4-х полевом зерновом севообороте, рассматривается изменчивость содержания гумуса во времени (после ротации) и пространстве (почвенном покрове опытных полей, каждое площадью 2,4 га). За ротацию по всем четырем вариантам опыта (вспашка с оборотом пласта, комбинированная обработка – чизель + дискование, минимальная обработка – дискование и нулевая обработка) содержание гумуса увеличилось, что связано с благоприятными природными условиями. Различия между вспашкой и нулевой обработкой имеют трендовый характер, тогда как между нулевой обработкой с одной стороны и комбинированной и минимальной обработками с другой, они статистически достоверны. В пространстве полей, отличающихся по структуре почвенного покрова, наибольшая прибавка содержания гумуса составила на поле с высокой (23 %) встречаемостью перерытых, высококарбонатных черноземов, а наименьшая при значительной доле глубококарбонатных (выщелоченных) черноземов. Неоднородность состава компонентов в структуре полей определяет разный характер накопления гумуса при нулевой обработке, что требует учета при смене технологии и мониторинге почвенного покрова.

NO-TILL AND ITS ROLE IN HUMUS ACCUMULATION IN TYPICAL CHERNOZEM

S.A. Yudin¹, N.R. Ermolaev¹, V.P. Belobrov¹, A.A. Zavalin^{1,2}

¹V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,
119017, Moscow, Pyzhevsky per. 7, p. 2
E-mail: yudin_sa@esoil.ru

²Pryanishnikov Institute Agrochemistry
127434, Moscow, st. Pryanishnikova, 31a

No-till technology has proven itself in world agriculture, especially as an anti-erosion system that preserves and restores soil fertility by reducing degradation processes, including dehumification. Using the example of field experience in minimizing tillage and the use of no-till on typical chernozems in a 4-field grain crop rotation, the variability of humus content in time (after rotation) and space (soil cover of experimental fields, each with an area of 2.4 ha) is considered. During the rotation for all four variants of the experiment (plowing with a layer turnover, combined processing – chisel + disking, minimal processing – disking and no-till), the humus content increased, which is associated with external natural favorable conditions. Moreover, when using no-till, compared with treatments, the increase was 0.13% in layers of 0-10 and 10-20 cm. The differences between plowing and no-till are trendy, while between no-till on the one hand and combined and minimum tillage on the other, they are statistically significant. In the space of fields that differ in the structure of the soil cover, the largest increase in humus content was in the field with a high (23%) occurrence of dug, high-carbonate chernozems, and the smallest, where a high percentage of deep-carbonate (leached) chernozems. The heterogeneity of the composition of the components in the structure of the fields determines the different nature of the accumulation of humus during no-till, which must be considered when changing technology and monitoring the soil cover.

Ключевые слова: технология, структура почвенного покрова, неоднородность, обработки, перерытые, выщелоченные черноземы.

Key words: technology, soil cover structure, heterogeneity, tillage, dug up, leached chernozems.

Современный уровень земледелия основан на интенсивном и высокоэффективном использовании почв в сельском хозяйстве и характеризуется, в частности, освоением новых агротехнологий [1]. На фоне глобальных изменений климата, это многократно усилило воздействие антропогенных факторов на почвы, привело к трансформации их свойств, качества и основных экологических функций, к числу которых относится депонирование углерода [2, 3, 4].

Накопление гумуса почвами – растянутый во времени процесс, в котором почва служит необходимым и возобновляемым субстратом для растений, выполняющим важную функцию поддержания баланса углерода в экосистеме растение-почва. Избыток или недостаток растительности приводит либо к накоплению углерода,

либо к его эмиссии и потерям, восполнение которых в природных ландшафтах возложено на естественную (зональную) растительность, а в агрогенных ее заменяют возделываемые культуры.

В агроландшафтах культурная растительность не может в полной мере заменить природную с учетом разнообразия ее состава. Кроме того, при уборке урожая значительная часть надземной растительной биомассы изымается, а почва в соответствии с рекомендациями периодически «отдыхает» в процессе парования. В совокупности это ухудшает баланс углерода и, при прочих равных условиях, приводит к дегумификации почв.

Черноземы составляют основной почвенный фонд России [5]. При этом ухудшение их свойств (содержание гумуса, доступных для растений азота, фосфора и калия,

структура и водоустойчивость микро- и макроагрегатов, равновесная плотность и др.) в последние десятилетия не снижается. В связи с социальными, экономическими и природно-климатическими вызовами черноземы находятся в наиболее сложных условиях из-за интенсивного использования в сельском хозяйстве [6]. Трудно себе представить черноземы в состоянии залежи, в котором сейчас пребывают доминирующие в нечернозёмной зоне дерново-подзолистые почвы. Последствия деградации черноземов, имеющих «продолженное» плодородие в силу изначально высокого содержания гумуса, мощного гумуфицированного профиля, а также благоприятных природных факторов почвообразования, могут привести к стабильному во времени снижению урожайности, качества производимой продукции и в целом ухудшению их «здоровья». Блокирование деградационного процесса и обеспечение содержания бездефицитного баланса гумуса – первостепенные задачи современного земледелия в стране [7, 8, 3].

Общим деградирующим почвы фактором выступает обработка почв, постоянный во времени и пространстве элемент традиционной технологии (ТТ) земледелия, для реализации которого создано множество почвообрабатывающих устройств, посевных и уборочных механизмов. Воздействие на почвы этого арсенала при минимизации обработок сильно уменьшилось, а при нулевой обработке (НО), или no-till механическое воздействие на почву прекратилось, она круглый год «работает», находясь под покровом растительности [1, 8].

Опыт минимизации обработок и применения НО на примере типичных черноземов в определенной степени выполняет долгосрочную национальную стратегию «низкоуглеродного» (низкоэмиссионного) развития, которая включает сельскохозяйственное производство. Она базируется, в том числе на оптимальном накоплении органического вещества (ОВ) в почвах России. Черноземы теряют значительную часть ОВ, причем среди факторов снижения его запасов, помимо эрозии, доминирует возделывание сельскохозяйственных культур [2, 9].

При прямом посеве растительные остатки находятся на поверхности почвы в течение всего года, что служит отличительной чертой технологии. Постоянное накопление и разложение ОВ определяет тренд увеличения содержания гумуса в поверхностных слоях почвы [10].

Цель исследований – показать роль нулевой обработки почвы в трансформации гумусового профиля черноземов и изменении содержания гумуса во времени и пространстве на примере типичных черноземов.

Методика. Объектом исследования служил старопашотный участок площадью 10 га с координатами по GPS 51°37'46" с.ш.; 36°15'40" в.д. стационара НИИ АПП («Курский ФАНЦ») с доминированием черноземов типичных (82 %) в почвенном покрове. На участке, начиная с 2013 г. по 2016 г. были последовательно заложены 4 опытных поля (повторности), площадью 2,4 га каждое. Поля разделены на 4 делянки (варианта) по 0,6 га (100×60 м), на которых использовали технологии с различными способами основной обработки почвы: вспашка с оборотом пласта на 20...22 см, комбинированная (ежегодное дискование до 8 см + чизелевание на глубину 20...22 см), минимальная (дискование на глубину до 8 см) и без обработки (прямой посев). Перед закладкой каждой повторности проводили уравнильный посев горохо-овсяной смеси. Внесение основных удобрений осуществляли фоном по всем вариантам опыта. Исследования выполняли в зерновом севообороте (озимая пшеница – кукуруза – ячмень – горох). Фактически каждая делянка представляла собой самостоятельный участок,

на котором было представлено все разнообразие почв, встречающихся на территории стационара.

В полевых экспериментах проводили крупномасштабное картирование рельефа и почв опытных полей с оценкой репрезентативности, морфометрических параметров (мощность горизонтов A1 и A1+AB, глубина вскипания от 10 %-ной HCl) и урожайности культур. Скважины бурили до глубины горизонта B_{ca} (45 скважин на каждое поле) и характеризовали структуру почвенного покрова (СПП) всех 4-х полей до начала опыта и поля 1 после первой ротации.

Отбор образцов на содержание гумуса из поверхностных слоев чернозема (0...10 и 10...20 см) выполняли в каждом поле по вариантам-делянкам в одних и тех же точках (пять на каждый вариант) в послеуборочный период в августе до начала опыта и после ротации. Содержание гумуса определяли по Тюрину в лаборатории Почвенного института им. В.В. Докучаева. При сравнении результатов исследования использовали дисперсионный анализ [11].

Результаты и обсуждение. За первую ротацию содержание гумуса при НО возросло относительно почвы в вариантах с отвальной, комбинированной и минимальной обработками в слое 0...10 см на 0,07, 0,17 и 0,15 % соответственно, 10...20 см – на 0,04, 0,16 и 0,20 %. В среднем содержание гумуса в поверхностном и подповерхностном слоях почвы при НО увеличилось, относительно других вариантов. Прибавка содержания гумуса при НО достоверно превосходит величину этого показателя в вариантах с комбинированной и минимальной обработками, в то же время различия с отвальной обработкой можно характеризовать только как положительную тенденцию [12].

Общее увеличение содержания гумуса в эксперименте, обусловлено влиянием как природных процессов, так и применяемых способов обработки. Причем существенные различия между ростом содержания гумуса в слоях 0...10 и 10...20 см при НО и в других вариантах в большей степени связаны с особенностями этих способов. Формирование на поверхности почвы слоя из растительных остатков при нулевой обработке создает благоприятные условия для образования легко подвижного органического вещества, которое затем

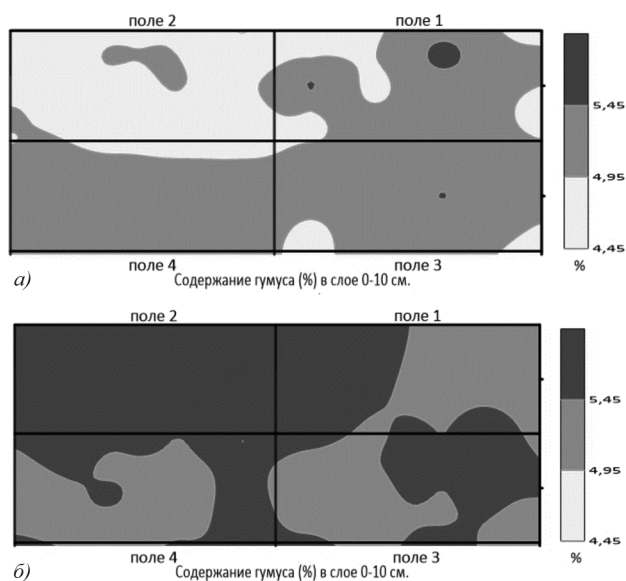


Рис. 1. Содержание гумуса в черноземах опытных полей: а) до начала опыта; б) после ротации.

Влияние структуры почвенного покрова, опытных полей на содержание гумуса (%) в почве после ротации

Опытное поле	Слой почвы 0...10 см			Слой почвы 10...20 см		
	до начала опыта	после ротации	+ / -	до начала опыта	после ротации	+ / -
1	5,01	5,46	+0,45	4,97	5,42	+0,45
2	4,81	5,44	+0,63	4,75	5,22	+0,47
3	5,12	5,45	+0,33	5,07	5,37	+0,30
4	5,21	5,44	+0,23	5,18	5,30	+0,12
Средняя	5,04	5,45	+0,41	4,99	5,33	+0,33
НСР _{0,5 по полям}	0,34	0,02	-	0,35	0,17	-
НСР _{0,5 за ротацию}	-	-	0,13	-	-	0,19

поступает в почву [6]. В остальных вариантах перемешивание пожнивных остатков с почвой приводит к ускорению минерализации органического вещества и, как следствие, потере гумуса.

До начала эксперимента и после первой ротации отмечается разница в содержании гумуса между черноземами на всех полях (рис. 1). Сильнее всего это проявляется на поле 2 в обоих слоях (см. табл.). Такая ситуация обусловлена топогенно-зоогенным генезисом структур почвенного покрова (СПП) отдельно взятого поля, что характеризует его естественную неоднородность и разнообразие почв.

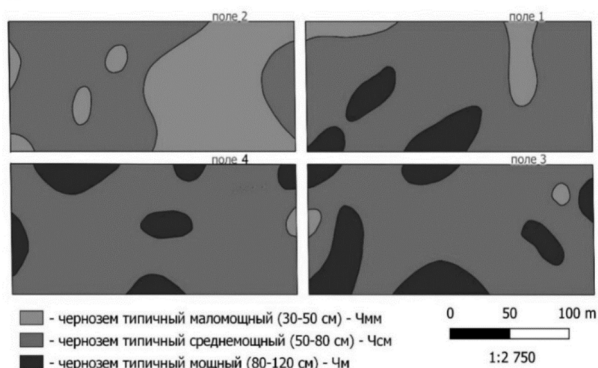


Рис. 2. Мощность горизонта А1 черноземов

Особенности СПП были выявлены при детальном картографировании полей, что позволило выделить на фоне типичных черноземов элементарные почвенные ареалы (ЭПА) *перерывтых* – высоко карбонатных и *выщелоченных* – глубоко карбонатных черноземов.

Детальное картографирование полей позволило выделить на фоне типичных черноземов элементарные почвенные ареалы (ЭПА) *перерывтых* – высоко карбонатных и *выщелоченных* – глубоко карбонатных черноземов, наличие которых обусловлено топогенно-зоогенным генезисом СПП отдельно взятого поля, что характеризует его естественную неоднородность и разнообразие почв.

Встречаемость перерывтых и выщелоченных черноземов по опыту составляла в среднем 12,0 и 6,0 %, на полях 1-4 отмечали соответственно 1,7 – 23,0 – 6,5 – 17,1 % перерывтых и 2,8 – 6,8 – 5,3 – 8,9 % выщелоченных. Формирование этих почв на каждом из полей создает уникальную СПП, компоненты которой в разной степени реагируют на внешние (природные) и внутренние (агротехнологии) изменения, что фиксируется в показателях содержания гумуса за период первой ротации.

На уровне вида почвы по мощности А1 (рис. 2) и карбонатности (рис. 3) особенности структуры почвенного покрова полей проявляются еще контрастней. В нашем опыте доминируют два вида черноземов: среднемошные и средне карбонатные. Дифференциация по мощности А1 и карбонатности хорошо видна на полях 2 и 3, причем на поле 2 значительную площадь занимают маломощные и высоко карбонатные черноземы – соответственно 40 и 25,3 %, а на поле 3, напротив, 20 % площади приходится на мощные черноземы, а на высоко карбонатные – 4 %.

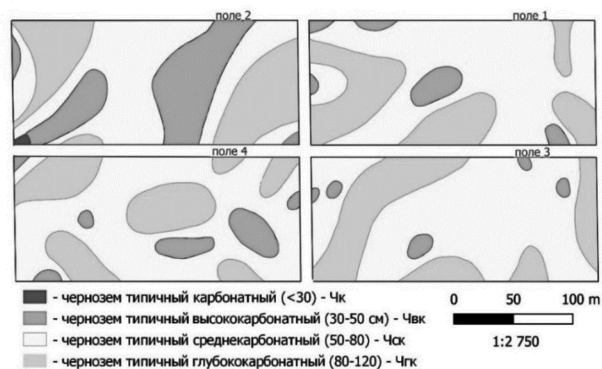


Рис. 3. Карбонатность черноземов.

Ареалы и контуры перерывтых (зоогенных) черноземов поля 2 приурочены к запаханым микроповышениям сурчинно-слепышового микрорельефа и вследствие этого имеют маломощный гумусовый горизонт А1 и высоко карбонатный профиль. Глубокие внутрпочвенные ложбины стока и депрессионные воронки в суглинистой лессовидной толще, маркируют выщелоченные глубоко карбонатные черноземы поля 3, создавая дополнительную неоднородность почвенного покрова.

Таким образом, нулевая обработка типичных черноземов выполняет одну из важнейших функций, направленных на поддержание плодородия почв. Отмечен рост содержания гумуса при нулевой обработке почвы за ротацию, как в поверхностном, так и подповерхностном слоях, по сравнению с другими вариантами.

Наибольшие различия по содержанию гумуса выявлены между нулевой обработкой с одной стороны, и комбинированной и минимальной обработками с другой. При сравнении со вспашкой, нулевая обработка обеспечивает только тенденцию роста величины этого показателя.

Компоненты структуры почвенного покрова через свойства почв (карбонатность, зоогенную турбированность профиля, мощность гумусового горизонта и др.) влияют на характер формирования и содержание органического вещества, отражают вариабельность и устойчивость процесса гумусонакопления в пространстве.

Литература.

1. *Методические рекомендации по разработке минимальных систем обработки почвы и прямого посева* / В.И. Кирюшин, В.К. Дриидгер, А.Н. Власенко и др. М.: ООО «Издательство МБА», 2019. 36 с.
2. *Методологические подходы формирования единой Национальной системы мониторинга и учета баланса углерода и выбросов парниковых газов на землях сельскохозяйственного фонда Российской Федерации* / А.Л. Иванов, И. Ю. Савин, В. С. Столбовой и др.

- др. // *Бюллетень Почв. ин-та им. В.В. Докучаева*. 2021. № 108. С.175-218. doi: 10.19047/0136-1694-2021-108-175-218.
3. *Глобальный климат и почвенный покров – последствия для землепользования России* / А.Л. Иванов, И. Ю. Савин, В. С. Столбовой и др. // *Бюллетень Почв. ин-та им. В.В. Докучаева*. 2021. № 107. С. 5-32. doi: 10.19047/0136-1694-2021-107-5-32.
 4. *Национальный доклад “Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство)”* / под ред. Р.С.-Х. Эдельгериева. М.: ООО “Издательство МВА”. 2019. Т. 2. 476 с.
 5. *Реестр индикаторов качества почв сельскохозяйственных угодий Российской Федерации. Версия 1.0: коллективная монография*. Иваново: ПресСто. 2021. 260 с. doi: 10.51637401961/9785604
 6. *Восстановление свойств почв в технологии прямого посева* / В.К. Дридигер, А.Л. Иванов, В.П. Белобров и др. *Почвоведение*. 2020. №9. С. 1111–1120.
 7. *Ecological management of intensively cropped agroecosystems improves soil quality with sustained productivity* / A. Bhardwaja, P. Jasrotia, S. Hamiltona, et al. // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2011. 140. P. 419–429. doi: 10.1016/j.agee.2011.01.005.
 8. *Дридигер В.К. Особенности проведения научных исследований по минимизации обработки почвы и прямому посеву (методические рекомендации)*. Ставрополь: ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», 2020. 68 с.
 9. *О целесообразности освоения системы прямого посева на черноземах России* / А.Л. Иванов, В.В. Кулинцев, В.К. Дридигер и др. // *Достижения науки и техники АПК*. 2021. № 4. Т. 35. С. 8–16.
 10. *Influence of No-Till System on the Distribution of Organic Carbon and Nitrogen by Aggregate Size Fractions in Protocalcic, Endocalcic, and Pantocalcic Chernozems* / V.A. Kholodov, V.P. Belobrov, N.V. Yaroslavtseva, et al. // *Eurasian Soil Science*. 2021. Vol. 54. No. 2. P. 285–290.
 11. *Доспехов Б.А. Методика полевого опыта*. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с
 12. *Чернозем типичный. Прямой посев, Курская область. Опыт, ротация 1.1.* / гл. редактор А.Л. Иванов. М.: ГЕОС, 2021. 150 с. doi: 10.34756/GEOS.2021.16.37873

Поступила в редакцию 15.02.2022

После доработки 24.04.2022

Принята к публикации 30.05.2022