

ДЕЙСТВИЕ ПРИЕМОВ И СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ НА ДИНАМИКУ ГУМУСА В ОСУШАЕМОЙ ПОЧВЕ

Юрий Иванович Митрофанов, кандидат сельскохозяйственных наук
ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва, Россия
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Аннотация. *Опыты проводили на полях Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель (Тверская область). Цель работы — изучить влияние приемов и систем обработки на динамику гумуса в осушаемой почве. Почвы — окультуренные дерново-подзолистые легкосуглинистые глееватые, сформировавшиеся на морене или маломощном двучлене. В севооборотах изучали приемы минимизации и углубления пахотного слоя (вспашка и безотвальное рыхление на 28–32 см, трехъярусная вспашка на 40–45 см), приемы агромелиорации (рыхление на 50–60 см, объемное щелевание на 45–50 см, гребнистая вспашка на 20–22 см), системы агромелиоративной и разноглубинной обработки почвы. Установлено, что приемы и системы обработки почвы — важный фактор, влияющий на скорость и направленность изменений содержания гумуса. Их действие зависит от способа, глубины и частоты обработки почвы в севообороте. Положительные результаты по динамике гумуса получены при гребневой, комбинированной и минимальной системах с объемным щелеванием. По сравнению с традиционной, при гребневой технологии обработки почвы содержание гумуса в пахотном слое за семь лет увеличилось на 0,23%, комбинированной — 0,37, минимальной — 0,46%. На карбонатной морене положительные изменения в динамике гумуса наблюдали при вспашке плугом с вырезными корпусами и мелиоративном рыхлении. Мелиоративное рыхление вызывало дополнительные трудности в формировании бездефицитного баланса органического вещества. Такая обработка должна сопровождаться известкованием и увеличением норм внесения органических удобрений в расчете на 1 га севооборотной площади, по сравнению с рекомендуемыми.*

Ключевые слова: осушаемая почва, система обработки, мелиоративное рыхление, объемное щелевание, углубление пахотного слоя, гребнистая вспашка, минимизация, гумус, урожайность

INFLUENCE OF PRIMARY SOIL CULTIVATION METHODS AND SYSTEMS ON THE DYNAMICS OF HUMUS IN DRAINED SOIL

Yu.I. Mitrofanov, PhD in Agricultural Sciences
FRC V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Abstract. *The research was carried out on the experimental fields of the All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands (Tver Region). The purpose of the research is to study the influence of soil cultivation techniques and systems on the dynamics of humus in drained soil. The soils of the experimental plots are cultivated sod-podzolic, light loamy, gleyic, formed on a moraine or thin binomial. In 5 experiments in crop rotations, methods of minimizing and deepening the arable layer were studied (plowing and moldless loosening at 28–32 cm, three-tier plowing at 40–45 cm), agro-reclamation methods (reclamation loosening at 50–60 cm, volumetric slitting at a depth of 45–50 cm, ridge plowing at 20–22 cm), agro-reclamation and mixed-depth soil cultivation systems. It has been established that soil cultivation techniques and systems are an important factor influencing the speed and direction of changes in humus content in the soil. Their influence was determined, first of all, by the method, depth and frequency of tillage in crop rotation. Positive results on the dynamics of humus were obtained with ridge, combined and minimal tillage systems with volumetric slicing of the soil. Compared with traditional ridge tillage technology, the humus content in the arable layer increased by 0.23% over 7 years, with combined tillage — by 0.37 and minimum — by 0.46%. In soils on carbonated moraine, positive changes in the dynamics of humus were observed when plowing with a plow with cut-out bodies and during reclamation loosening of the soil. In conditions of complex soil cover, on soils formed on thin soil and moraine, the use of reclamation loosening caused additional difficulties in the formation of a deficit-free balance of organic matter. Reclamation loosening of such soils should be accompanied by liming and an increase in the application rates of organic fertilizers per hectare of crop rotation area, compared to the recommended ones.*

Keywords: drained soil, cultivation system, reclamation loosening, volumetric slitting, deepening of the topsoil, ridge plowing, minimization, humus, productivity

Обработка почвы во-многом определяет современный уровень экономической, экологической и технологической эффективности земледелия. [5, 7, 11] В ее задачи входит повышение плодородия почв, регулирование их водно-воздушного режима, устранение избыточного увлажнения, накопление, сохранение и рациональное использование почвенной влаги, создание благоприятных условий для своевременного посева культур. [9, 10] Важный аспект — улучшение фитосанитарного состояния полей: уменьшение засоренности посевов и пахотного слоя почвы семенами и вегетативными органами сорных растений; подавление

болезней и вредителей сельскохозяйственных культур; повышение эффективности органических и минеральных удобрений. [1, 12] Адаптивно организованная система обработки почвы должна соответствовать почвенно-климатическим условиям и зональным особенностям основных типов ландшафтов, способствовать устранению факторов, лимитирующих уровень продуктивности сельскохозяйственных культур. [4] На осушаемых землях важную роль в таких системах выполняют агромелиоративные приемы (АП). Их применение направлено на усиление осушающего действия дренажа, устранение причин, вызывающих нарушения

водно-воздушного режима из-за избыточного увлажнения, улучшение температурного режима почвы, влагообеспеченности растений в засушливые периоды. [3, 13, 15] Агроэкологическая эффективность приемов и систем обработки почвы тесно связана с проблемой сохранения почвенного плодородия (содержание гумуса). [2, 14]

На осушаемых землях основной прием традиционной системы обработки — обычная вспашка, в полевых севооборотах рекомендуется отвальная система с элементами безотвальной и мелкой обработки почвы. [5] Из АП наибольшего внимания, как показали наши исследования, заслуживают гребнистая вспашка в системе зяблевой подготовки почвы под ранние яровые культуры, глубокое мелиоративное рыхление (МР), шелевание, комбинированные ресурсосберегающие системы в севооборотах с агро-мелиоративными приемами. [6, 8] Они вносят изменения в динамику агрофизических, агрохимических и биологических процессов в почве, оказывают влияние на скорость и направленность трансформации органического вещества.

Цель работы — изучить влияние отдельных приемов и систем обработки на динамику гумуса в полевых севооборотах на осушаемой почве.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в Тверской области на трех объектах мелиорации (Терехово, Кузьминское болото-2, Губино). В пяти полевых опытах изучали приемы углубления пахотного слоя и минимизации обработки почвы, агро-мелиорации (мелиоративное рыхление и шелевание), системы агро-мелиоративной и разноглубинной обработки в севооборотах. Характеристика пахотного слоя опытных участков приведена в таблице 1.

В первом опыте рассмотрено четыре способа основной обработки: вспашка на 20...22 см (контроль); вспашка плугом с почвоуглубительными вырезными корпусами на 30...32 см; безотвальное рыхление, 30...32 см; дискование, 8...10 см. Для каждого варианта был развернут плодосменный севооборот: однолетние травы, озимая рожь, картофель, ячмень.

Во втором сравнивали системы разноглубинной обработки почвы (10 вариантов), смоделированные с участием приемов углубления корнеобитаемого слоя и четырех глубин: 10...12, 20...22, 28...32 и 40...45 см. Глубину обработки почвы увеличивали под первую культуру севооборота с рыхлением подпахотного слоя без активного примешивания его к пахотному, путем разовой припашки 8 см подпахотного слоя с двойным оборотом пласта и внесением органических удобрений в вовлеченный в обработку слой почвы и специальной трехъярусной вспашки (40...45 см) со сменой местами подзолистого и иллювиального горизонтов. Рыхление подпахотного слоя на глубину 30...32 см осуществляли плугом с вырезными корпусами, мелкую обработку — лемешным луцильником, среднюю и глубокую вспашку — обычным плугом ПН-3-35 и трехъярусным — ПТН-40.

Опыты с МР (третий и четвертый) проводили на двух объектах мелиорации с разными почвами. Способ мелиоративного рыхления полосной (ленточный) на глубину 50...60 см, шаг — 140 см. В третьем опыте МР изучали в прямом действии и последствии на второй-шестой годы после его проведения в паровом поле севооборота, в четвертом — один раз в два-три года под однолетние травы (мелиоративно-паровое поле), картофель, ячмень. Исследования в опытах два-четыре осуществляли в полевых плодосменных севооборотах.

В пятом опыте изучали объемное шелевание и системы основной агро-мелиоративной обработки почвы: традиционная (отвальная), гребневая, комбинированная, традиционная с шелеванием, минимальная с шелеванием. Объемное шелевание проходило поперек расположения дрен специально разработанным орудием, позволяющим формировать щели шириной 16 см и заполнять нижнюю их часть стерней и измельченной соломой озимой ржи в смеси с гумусовым слоем (патенты на устройства для объемного шелевания: № 132302 от 20.09.2013 г. и № 153090 от 08.06.2015 г.). Глубина шелевания — 45...50 см, шаг — 140 см. Для гребнистой вспашки был переоборудован четырехкорпусный навесной плуг ПН-4-35. Ширина гребней в основании — 70 см, высота — 22...25 см. Шелевание изучали в прямом действии (2014–2015 годы)

Таблица 1.

Основные параметры пахотного слоя почвы опытных участков

№ опыта	Объект мелиорации, способ осушения, междреннее расстояние, год завершения строительства	Годы	Почва	Кф, м/сут.	Содержание гумуса, %	P ₂ O ₅ , K ₂ O		рН	Насыщенность основаниями, %
						мг/100 г почвы			
1	Терехово, закрытый дренаж, г = 20 м, 1967	1968–1976	дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая, глееватая на морене	0,18	1,6...2,0	12,0...15,0	15,0	5,8...6,3	–
2	Кузьминское болото-2, закрытый дренаж, г = 20 м, 1972	1978–1986	дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая на закарбонатной морене	0,89	1,80...1,95	12,1...17,4	11,0...13,4	5,7...6,5	92,0
3	Губино, закрытый дренаж, г = 20 м, 1982–1984	1978–1986	дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая на малоомощном двучлене и морене	0,43...0,46	2,31...2,41	14,2...14,8	5,5...6,0	6,6...6,9	96,5
4	Губино, закрытый дренаж, г = 20 м, 1982–1984	1984–1994	дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая на малоомощном двучлене и морене	0,26...0,38	2,25	15,2...18,4	5,8...8,5	5,5...6,5	92,0...95,0
5	Губино, закрытый дренаж, г = 20 м, 1982–1984	2014–2022	дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая на малоомощном двучлене и морене	0,26...0,38	2,75	22,4	10,4	5,7	92,0...95,0

Примечание. Глубина заложения дрен — 0,9...1,1 м; мощность гумусового слоя в опытах 1...4 — 20...22 см, 5 — 25...27 см; содержание гумуса в подпахотном слое: в опыте 1 (20...30 см) — 1,21%, в слое 20...40 см: 2 — 0,57...0,70%, 3 — 0,57...0,58, 4 — 0,39...0,72, 5 — 1,20%.

и последствии на второй-восьмой год после проведения (2016–2022). Исследования вели в звеньях севооборотов: рапс яровой – овес (2015–2018) и овес с подсевом трав – многолетние травы первого-третьего года пользования (2019–2022).

Органическое вещество в почву поступало в виде удобрений, соломы, растительных остатков от выращиваемых культур (многолетние травы). В опытах 1...4 органические удобрения (торфонавозный компост) вносили из расчета 10...15 т/га севооборотной площади (в паровом поле и под картофель), минеральные – 215...240 кг/га в действующем веществе. В пятом опыте применяли только минеральные удобрения ($N_{50-60}P_{50-60}K_{50-60}$), позволяющие получать 3...4 т/га зерна.

Повторность – трех-четырёхкратная. Варианты размещали перпендикулярно дренам. Учет урожая проводили сноповым и сплошным способом уборки, площадь делянки – 50...80 м². Агротехника культур общепринятая, за исключением изучаемых приемов и систем обработки почвы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено положительное влияние приемов углубления пахотного слоя, минимизации и агромелиорации на агрофизическое состояние почв, плотность сложения пахотного и подпахотного слоев, водопроницаемость, влагообеспеченность растений, состояние посевов и их продуктивность. Наиболее отзывчивые на углубление корнеобитаемого слоя почвы – озимые зерновые культуры в паровом звене севооборота. Однолетние бобово-злаковые травы, картофель, овес и ячмень практически не реагировали на глубокую обработку почвы. Лучшие результаты по урожайности были получены в вариантах вспашки плугом с вырезными корпусами (ВК) на глубину 30...32 см и трехъярусной – 40...45 см.

Мелиоративное рыхление, в среднем по двум опытам, повышало урожайность однолетних трав на 13,7%, зерновых культур – 11,3...15,5, картофеля – 15,6, многолетних трав – 12,0%. Объемное щелевание почвы, в среднем за пять лет, повысило урожайность овса на 0,46...0,60 т/га (13,7...20,0%). Его устойчивый прирост был получен при гребневой системе обработки почвы (без щелевания), прибавка составила 0,36 т/га (12,0%). При совместном действии щелевания и гребнистой вспашки урожайность овса, по сравнению с контролем, увеличилась на 0,82 т/га (27,3%). Долевое участие щелевания в суммарной пятилетней прибавке урожая – 73,2%, гребнистой вспашки – 26,8%.

В отличие от глубоких обработок, длительная мелкая приводила к расслоению пахотного слоя по агрофизическим критериям, ухудшению водно-воздушного режима в корнеобитаемом слое почвы, снижению водопроницаемости почвы, увеличению засоренности посевов и уменьшению их продуктивности. Кратковременная замена вспашки поверхностной обработкой или безотвальным рыхлением возможна и экономически оправдана в звене севооборота горохо-овсяная смесь – озимая рожь, только под одну из этих культур.

Во всех проведенных опытах общий баланс гумуса в севооборотах был положительным. Влияние обработки почвы на его динамику определяли спо-

собами и глубиной, интенсивностью воздействия на агрофизическое состояние пахотного и подпахотного слоев.

В первых двух опытах наиболее существенная трансформация в балансе гумуса была связана с увеличением обрабатываемого слоя, приемами обработки почвы, вызывающими перераспределение гумуса между пахотным и подпахотными слоями почвы при их частичном механическом перемешивании. При этом глубокие обработки снижали содержание гумуса в пахотном слое и повышали его в подпахотном. В первом опыте, при общем положительном балансе гумуса в севообороте, максимальное его увеличение в пахотном слое за семь лет произошло в контроле – на 0,64% (до 2,44%) и с дискованием – 0,58 (до 2,38), наименьшее – при вспашке плугом с ВК – 0,24 (до 2,04) и безотвальным рыхлением – 0,36% (до 2,16%). По окончании опыта в вариантах с глубокой обработкой содержание гумуса в пахотном слое было меньше контроля на 0,28...0,40%, а в слое 20...30 см, наоборот, на 0,39...0,77% больше. Длительная вспашка плугом с ВК привела к созданию практически гомогенного по содержанию гумуса тридцатисантиметрового обрабатываемого слоя. При безотвальном рыхлении изменения были менее значительными. Мелкая обработка почвы, при отсутствии оборота пласта и поверхностной заделке растительных остатков и органических удобрений, привела к расслоению пахотного слоя – увеличению содержания гумуса в слое 0...10 см до 2,63% и уменьшению в нижней – 1,18%. По общему содержанию гумуса в слое 0...30 см различия между вариантами обработки почвы были незначительными – в контроле 2,03%, при вспашке плугом с ВК – 2,02, с безотвальным рыхлением – 1,97, при мелкой обработке – 1,98%.

В опыте с разноглубинными системами обработки почвы наиболее существенную трансформацию баланса гумуса как в пахотном, так и подпахотном слоях почвы, также наблюдали в вариантах с углублением пахотного слоя. Динамика гумуса в слое 0...20 см по основным вариантам опыта приведена на рисунке 1.

После первых глубоких обработок (под однолетние травы) содержание гумуса в слое 0...20 см, вследствие перемешивания его с нижними горизонтами, упало с 1,81 до 1,35...1,55%, при вспашке плугом с ВК – 0,26, в варианте с двойным оборотом пласта – на 0,36 и при трехъярусной вспашке – на 0,46%. Далее по севообороту (после перестройки профиля почвы) более интенсивное накопление гумуса наблюдали в вариантах с глубокими обработками. К концу ротации севооборота (по отношению к однолетним травам) содержание гумуса в вариантах с трехъярусной вспашкой и плугом с ВК увеличилось на 0,62%, при вспашке на 28...30 см – на 0,50%, в контроле оно за этот период изменилось на 0,43%. Общий баланс гумуса в севообороте во всех вариантах опыта был положительным. За ротацию севооборота содержание гумуса, в зависимости от вариантов обработки почвы, по сравнению к исходному, увеличилось на 0,14...0,40%. При вспашке плугом с ВК в пахотном слое по окончании ротации севооборота оно составило 2,17%, с двойным оборотом пласта – 1,95, при трехъярусной – 1,97 и в контроле – 2,21%. Некоторое преимущество обычной вспашки связано с отсутствием механического перемешивания пахотного слоя с подпахотным. Накопление гумуса из-за более интенсивной гумификации органического

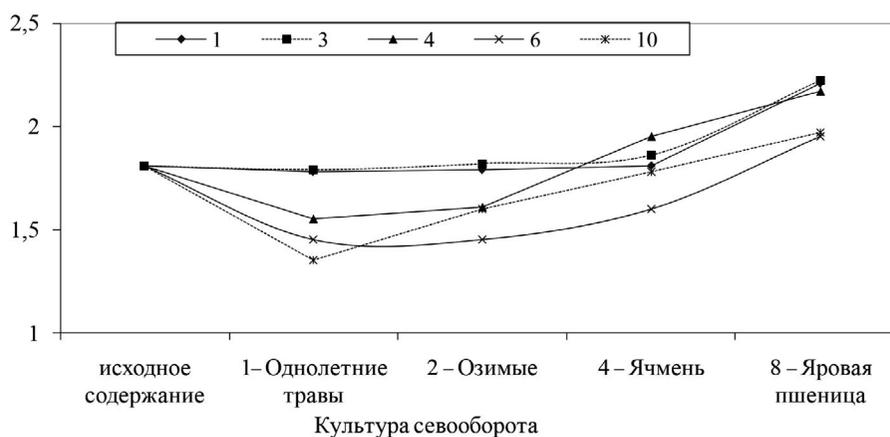


Рис. 1. Динамика гумуса (%) в полевом севообороте при разных системах обработки почвы, пахотный слой: 1 – традиционная (20...22 см) – контроль, 3 – разноглубинная (1, 7 – 20...22 см; 2, 3, 4, 8 – 10...12 см), 4 – глубокая плугом с ВК, 6 – глубокая, 28...30 см, 10 – традиционная с трехъярусной вспашкой под первую культуру севооборота.

вещества активнее протекало в вариантах с глубокими обработками.

В подпахотном слое при глубоких обработках содержание гумуса увеличилось из-за перемешивания слоев почвы на 0,11...0,30% к концу ротации, благодаря лучшей гумификации органического вещества – 0,78...0,82% (контроль – 0,41%).

Более объективное представление о влиянии приемов углубления пахотного слоя почвы на баланс гумуса дали наблюдения за его динамикой в слое 0...40 см, в том числе по количественным запасам. За ротацию севооборота содержание гумуса в нем по вариантам опыта выросло на 0,41...0,63% (22,6...33,9 т/га). Наиболее значительным это увеличение было со вспашкой плугом с ВК и трехъярусной вспашкой. За ротацию севооборота масса гумуса стала больше, по сравнению с контролем на 4,9...11,3 т/га (21,7...50,0%) (рис. 2).

Положительное влияние глубоких обработок на запасы гумуса объясняется увеличением продуктивности культур, количества растительных остатков, благоприятными агрофизическими условиями для гумификации. При этом радикальное изменение глубины пахотного слоя почвы методом разовой припашки значительной массы подпахотного, при двойном обороте пласта, не привело к росту запасов гумуса, по сравнению с контролем. Замена вспашки на 20...22 см лемешным лущением на 10...12 см изменяла динамику в лучшую сторону, но незначительно.

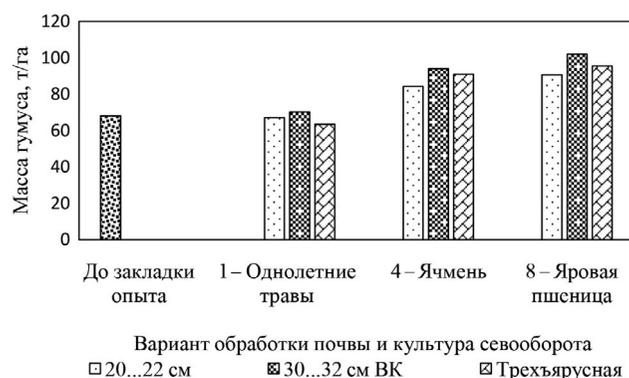


Рис. 2. Влияние севооборота и систем основной обработки на массу гумуса в почве, слой 0...40 см.

Таким образом, для сформированных на закарбоначенной морене почвах, вовлечение в обработку слабокультуренных подпахотных горизонтов их рыхлением без интенсивного разового примешивания к пахотному слою почвы, или смены местами почвенных горизонтов, можно рассматривать в качестве способов более активного накопления гумуса.

Из изучаемых приемов обработки наиболее интенсивное физическое воздействие на почву оказывало мелиоративное рыхление (МР). Свое положительное влияние на урожайность культур оно сохраняет более двух-трех лет. Баланс гумуса в севооборотах с МР в обоих опытах был положительным. Содержание гумуса в пахотном слое за восемь лет, по отношению к исходному состоянию, увеличилось на 0,94...1,16%. В вариантах с МР дополнительное накопление гумуса за ротацию севооборота, по сравнению с контролем, составило 0,14...0,22% (14,9...23,0% относительно прироста). Динамика гумуса в севообороте по вариантам приведена на рисунке 3.

Масса гумуса в пахотном слое при одноразовом проведении МР почвы выросла на 5,6 т/га. Положительные изменения в балансе гумуса связаны с увеличением количества растительных остатков, поступающих в почву, и благоприятными условиями для гумификации органического вещества (улучшение водно-воздушного режима). За шесть лет (без учета пласта трав) в варианте с МР в пахотный слой поступило 26,8 т/га растительных остатков, на 19,3% больше, по сравнению с контролем, после многолетних трав – 44,5%.

В подпахотном слое почвы баланс гумуса во всех вариантах опыта также был положительным, но изменения в его содержании были менее значительными, чем в пахотном. С одноразовым МР содержание гумуса за ротацию практически не увеличилось (+0,02%), в контроле – на 0,16% (4,8 т/га). В отличие от пахотного слоя, в подпахотном (вариант с МР) к концу ротации севооборота количество гумуса, по сравнению с контролем, уменьшилось на 2,4...3,6 т/га. Это объясняется частичным перемещением гуминовых веществ при МР в более глубокие слои почвы (40...60 см), затрагиваемые обработкой в процессе рыхления. Определение гумуса в слое 0...40 см показало, что в конце ротации севооборота (после многолетних трав) его запасы по вариантам опыта были близкими (кон-

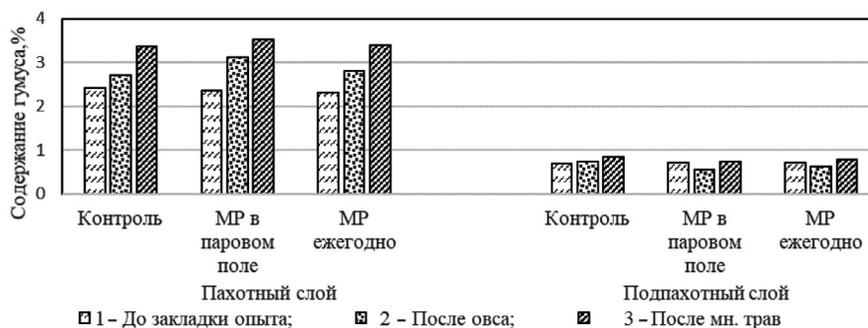


Рис. 3. Динамика гумуса в полевом севообороте с мелиоративным рыхлением почвы.

троль – 112,6 т/га, с одноразовым MR – 113,4, ежегодным MR – 111,2 т/га).

Во втором опыте, в условиях сложного почвенного покрова и интенсивного севооборота, мелиоративное рыхление делало баланс гумуса в пахотном слое более напряженным. За 10 лет исследований (после осушения) в контроле средневзвешенное по опытному участку содержание гумуса увеличилось на 0,12% (с 2,48 до 2,60), при мелиоративном рыхлении – 0,05 (с 2,90 до 2,95%). Наиболее значительные изменения при MR произошли в глеевой почве. При отрицательном балансе гумуса, снижение его содержания в контроле составило 0,23, при MR – 0,65%. В слабооглеенной почве баланс гумуса в обоих вариантах был положительным, но при мелиоративном рыхлении его количество увеличилось на 0,22, в контроле – 0,38%. В глееватой почве изменения были наименее значительными как во времени, так и по вариантам опыта (табл. 2). Установлено, что MR усиливает подкисление почвы и улучшает качественный состав гумуса. Соотношение свободных гуминовых и фульвокислот в пахотном слое увеличилось на 0,06...0,16 пункта: в слабооглеенной почве с 1,06 до 1,12, в глееватой с 0,74 до 0,86 и глеевой с 0,57 до 0,73. Наблюдается та же зависимость, что и у почвенных вариантов – улучшение водно-воздушного режима способствует росту количества гуминовых кислот и улучшению их соотношения с фульвокислотами.

Таким образом, в полевых плодосменных и зерно-травяных севооборотах с легкосуглинистыми глееватыми почвами на закарбонированной морене, при положительном общем балансе органического вещества, применение MR способствует накоплению гумуса в пахотном слое почвы (0...20 см), усиливает напряженность в балансе органического вещества в подпахотном (20...40 см) и не вызывает негативных изменений в слое 0...40 см. В севооборотах на легкосуглинистых и супесчаных глееватых почвах, сформировавшихся на слабоомощных двучленах и морене, применение MR

может более интенсивно подкислять почву, усиливать напряженность в балансе органического вещества пахотного слоя.

С объемным щелчеванием и осенним гребневанием почвы, в отличие от других опытов, баланс гумуса формировался без участия органических удобрений. В этих условиях в пахотном слое (0...20 см) при традиционной системе обработки почвы он был отрицательным – в контроле содержание гумуса за семь лет (2015–2022) снизилось на 0,16%, с щелчеванием – 0,02%. В варианте с гребневой системой обработки почвы баланс гумуса был положительным (рис. 4). В слое 0...20 см его содержание повысилось на 0,07...0,12%, преимущество гребневой системы по пахотному слою, по отношению к традиционной, составило 0,23...0,28%. Более устойчивые изменения в содержании гумуса (0...20 см) отмечены с комбинированной (гребневание + щелчевание) и минимальной (дискование + щелчевание) системами основной обработки почвы. В первом случае содержание гумуса за семь лет увеличилось на 0,16...0,21, втором – 0,30...0,32%.

В слоях 0...40 и 20...40 см баланс гумуса был положительным во всех вариантах опыта. В подпахотном слое почвы содержание гумуса в контроле увеличилось на 0,67% (с 1,20 до 1,87%), 0...40 см – 0,25% (с 1,98 до 2,23%). При гребневой системе в подпахотном слое почвы изменения были аналогичными (рост на 0,70%). В слое 0...40 см содержание гумуса при гребневой системе из-за пахотного слоя выросло на 0,39...0,41%, это на 0,14...0,16% больше, чем в контроле.

Объемное щелчевание также положительно повлияло на процесс накопления гумуса в почве. С щелчеванием и обычной вспашкой гумуса в слое 0...20 см стало больше на 0,14...0,16%, в системе с гребневой – 0,04...0,14%. В слое 20...40 см объемное щелчевание, в среднем по трем вариантам, в прямом действии (2014–2015 годы) увеличивало содержание гумуса на 0,38% (с 1,20 до 1,58), в последствии (2015–2022) – 0,50 (с 1,58 до 2,08%). По отношению к исходно-

Таблица 2.

Влияние мелиоративного рыхления на количественные и качественные параметры гумуса в осушаемой почве

№ опыта	Почва	Изменение в содержании гумуса за время проведения опыта, ±		Соотношение свободных гуминовых и фульвокислот в почве после окончания опыта		
		Вспашка на 20...22 см (контроль)	Вспашка на 20...22 см + рыхление на 50...60 см	Вспашка на 20...22 см (контроль)	Вспашка на 20...22 см + рыхление на 50...60 см	+ к контролю
1	Осушаемая слабооглеенная	+0,38	+0,22	1,06	1,12	+0,06
2	Осушаемая глееватая	+0,06	+0,05	0,74	0,86	+0,12
3	Осушаемая глеевая	-0,23	-0,65	0,57	0,73	+0,16

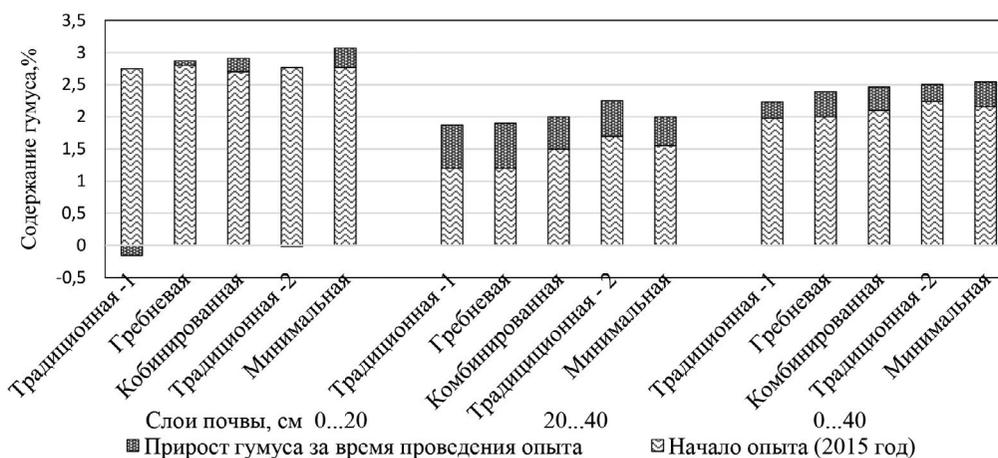


Рис. 4. Влияние разных систем обработки на содержание гумуса в осушаемой почве.

му состоянию (2014 год) содержание гумуса в слое 20...40 см к концу опыта увеличилось на 0,88%, что на 0,20% больше, чем без шеления. В слое 0...40 см объемное шеление, в среднем по трем вариантам, повысило его в прямом действии на 0,18% (с 1,98 до 2,17) и в последствии – 0,33 (до 2,50%). Содержание гумуса в слое 0...40 см при объемном шелении за время проведения опыта увеличилось на 0,52%, это на 0,19% больше.

Таким образом, применение гребневой системы обработки и объемного шеления почвы создает, по сравнению с традиционной, благоприятные условия для сохранения запасов гумуса и их накопления в осушаемых глееватых почвах из-за улучшения агрофизического состояния почвы и условий гумификации органического вещества.

Обработка почвы – важное технологическое звено систем земледелия, определяющее процесс воспроизводства почвенного плодородия и условия формирования бездефицитного баланса гумуса. Приемы и системы обработки почвы существенно различаются по своему влиянию на скорость и направленность динамики гумуса в севооборотах. Это необходимо учитывать при разработке программ воспроизводства плодородия почв и сохранения органического вещества.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Байбеков Р.Ф., Кирпичников Н.А., Бижан С.П., Белек А.Н. Влияние длительного применения удобрений на показатели плодородия дерновоподзолистой почвы в зернотравном севообороте // *Земледелие*. 2021. № 7. С. 12–15. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2021-7-12-15>
- Борин А.А., Лошинина А.Э. Продуктивность севооборота и плодородие почвы при различных технологиях её обработки // *Плодородие*. 2015. № 2 (83). С. 25–27.
- Дубовик Д.В., Чуян О.Г. Качество сельскохозяйственных культур в зависимости от агротехнических приемов и климатических условий // *Земледелие*. 2018. № 2. С. 9–13. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10202>
- Кирюшин В.И. Состояние и проблемы развития адаптивно-ландшафтного земледелия // *Земледелие*. 2021. № 2. С. 3–7. <https://doi.org/10.244/0044-3913-2021-10201>
- Кирюшин В.И. Система научно-инновационного обеспечения технологий адаптивно-ландшафтного земледелия // *Земледелие*. 2022. № 2. С. 3–7. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-2-3-7>
- Митрофанов Ю.И. Гребнистая обработка почвы под зернофуражные культуры // *Мелиорация и водное хозяйство* // 2011. № 4. С. 14–17.
- Митрофанов Ю.И. Агрофизические основы повышения продуктивности осушаемых почв: Монография. Изд-во: LAP (Lambert Academic Publishing), GmbH & Co. KG, Heinish-BockKing – Str. Saarbrucken, Deutschland. 2017. 196 с.
- Митрофанов Ю.И., Гуляев М.В., Пугачева Л.В., Первушина Н.К. Новый способ шеления осушаемых почв // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2022. 5 (389). С. 541–545. https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_5_541
- Немченко В.В., Волюнкина О.В., Дерябин В.П. Системы обработки почвы и ее плодородие // *Агротехнический вестник*. 2022. № 3. С. 86–96. <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2022-3-016>
- Новоселов С.И., Кузьминых А.Н., Еремеев Р.В. Плодородие почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур в зависимости от основной обработки и севооборота // *Плодородие*. 2019. № 6 (111). С. 22–25. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.111.06>
- Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Элементы плодородия и продуктивность пашни в зависимости от обработки почвы // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2020. Т. 50. № 1. С. 5–12. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-1-1>
- Пургин Д.В., Усенко В.И., Кравченко В.И. и др. Формирование засоренности посевов в зернопаровом севообороте в зависимости от способа обработки почвы и применения средств химизации. *Земледелие*. 2019. № 8. С. 8–13. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10802>
- Тютюнов С.И., Солнцев П.И., Хорошилова Ю.В. и др. Влияние приемов основной обработки почвы, удобрений и средств защиты растений на продуктивность озимой пшеницы // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т. 34. № 5. С. 18–23. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10503>
- Цыгуткин А.С., Азаров А.В. Изучение влияния технологического возделывания сельскохозяйственных культур и почвы, как саморазвивающейся системы, на содержание гумуса // *Достижения науки и техники АПК*. 2021. Т. 35. № 6. С. 44–49. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2021-10608>
- Шевченко В.А., Соловьев А.М., Бубер А.Л. Влияние приемов обработки почвы на агрофизические показатели плодородия при возделывании ячменя на мелио-

рированных землях Верхневолжья // Плодородие. 2018. № 4 (103). С. 40–43.

REFERENCES

1. Baybekov R.F., Kirpichnikov N.A., Bizhan S.P., Belek A.N. Vliyaniye dlitel'nogo primeneniya udobreniy na pokazateli plodorodiya dernovopodzolistoy pochvy v zernotravyanom sevooborote // Zemledeliye. 2021. № 7. S. 12–15. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2021-7-12-15>
2. Borin A.A., Loshchinina A.E. Produktivnost' sevooborota i plodorodiye pochvy pri razlichnykh tekhnologiyakh yeyo obrabotki // Plodorodiye. 2015. № 2 (83). S. 25–27.
3. Dubovik D.V., Chuyan O.G. Kachestvo sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v zavisimosti ot agrotekhnicheskikh priyemov i klimaticheskikh usloviy // Zemledeliye. 2018. № 2. S. 9–13. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10202>
4. Kiryushin V.I. Sostoyaniye i problemy razvitiya adaptivno-landshaftnogo zemledeliya // Zemledeliye. 2021. № 2. S. 3–7. <https://doi.org/10.244/0044-3913-2021-10201>
5. Kiryushin V.I. Sistema nauchno-innovatsionnogo obespecheniya tekhnologiy adaptivno-landshaftnogo zemledeliya // Zemledeliye. 2022. № 2. S. 3–7. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-2-3-7>
6. Mitrofanov Yu.I. Grebnistaya obrabotka pochvy pod zernofurazhnyye kul'tury // Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo // 2011. № 4. S. 14–17.
7. Mitrofanov Yu.I. Agrofizicheskiye osnovy povysheniya produktivnosti osushayemykh pochv: Monografiya. Izd-vo: LAP (Lambert Academic Publishing), GmbH & Co. KG, Heinsberg-Bockling – Str. Saarbrücken, Deutschland. 2017. 196 s.
8. Mitrofanov Yu.I., Gulyayev M.V., Pugacheva L.V., Pervushina N.K. Novyy sposob shchelevaniya osushayemykh pochv // Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal. 2022. 5 (389). С. 541–545. https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_5_541
9. Nemchenko V.V., Volynkina O.V., Deryabin V.P. Sistemy obrabotki pochvy i yeye plodorodiye // Agrokhimicheskii vestnik. 2022. № 3. S. 86–96. <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2022-3-016>
10. Novoselov S.I., Kuz'minykh A.N., Yermeyev R.V. Plodorodiye pochvy i produktivnost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v zavisimosti ot osnovnoy obrabotki i sevooborota // Plodorodiye. 2019. № 6 (111). S. 22–25. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.111.06>
11. Perfil'yev N.V., V'yushina O.A. Elementy plodorodiya i produktivnost' pashni v zavisimosti ot obrabotki pochvy // Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki. 2020. T. 50. № 1. S. 5–12. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-1-1>
12. Purgin D.V., Usenko V.I., Kravchenko V.I. i dr. Formirovaniye zasorennosti posevov v zernoparovom sevooborote v zavisimosti ot sposoba obrabotki pochvy i primeneniya sredstv khimizatsii. Zemledeliye. 2019. № 8. S. 8–13. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10802>
13. Tyutyunov S.I., Solntsev P.I., Khoroshilova Yu.V. i dr. Vliyaniye priyemov osnovnoy obrabotki pochvy, udobreniy i sredstv zashchity rasteniy na produktivnost' ozimoy pshenitsy // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. T. 34. № 5. S. 18–23. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10503>
14. Tsygutkin A.S., Azarov A.V. Izucheniye vliyaniya tekhnologiy vozdeleyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur i pochvy, kak samorazvivayushcheysya sistemy, na sodержaniye gumusa // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2021. T. 35. № 6. S. 44–49. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2021-10608>
15. Shevchenko V.A., Solov'yev A.M., Buber A.L. Vliyaniye priyemov obrabotki pochvy na agrofizicheskiye pokazateli plodorodiya pri vozdeleyvanii yachmenya na meliorirovannykh zemlyakh Verkhnevolszh'ya // Plodorodiye. 2018. № 4 (103). S. 40–43.

Поступила в редакцию 24.06.2024

Принята к публикации 08.07.2024

УДК 631.8:631.461:631.559

DOI: 10.31857/S2500208224060164, EDN: WSXSNL

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕТЕОУСЛОВИЙ*

Наталья Викторовна Фомичёва, кандидат биологических наук
Юлия Дмитриевна Смирнова, кандидат биологических наук
Галина Юрьевна Рабинович, доктор биологических наук, профессор
 ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва, Россия
 E-mail: vniimz@list.ru

Аннотация. В статье представлены результаты изучения влияния препаратов различной природы на микробиологическую активность почвы и урожайность яровой пшеницы при нестабильных погодных условиях. Яровую пшеницу выращивали на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Годы проведения исследований отличались по влагообеспеченности: 2020 – избыточно влажный, 2021 – засушливый, 2022 – оптимальный. Использовали гуминовый препарат (ГП) и биопрепарат микробной природы (БП) для предпосевной обработки семян (20 л рабочего раствора ГП или БП 1%-й концентрации на 1 т семян), для двукратной некорневой обработки растений в фазах кущения и колошения (ГП – 1 л/га, БП – 3 л/га, норма расхода рабочих растворов – 300 л/га). В фазе кущения статистически значимо увеличилась численность доминирующих микроорганизмов в вариантах с обработкой семян препаратами: в 2020 году – на 25,4 (ГП) и 53,3% (БП), 2022 – 51,8 и 43,9% соответственно. В среднем за три года максимальный эффект от применения ГП наблюдали в засушливом 2021 году: увеличение численности микроорганизмов составило 59,3–94,2%,

* Исследования выполнены в рамках государственного задания ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» по теме FGUR-2024-0008 «Разработка конкурентоспособной технологии устойчивого возделывания яровой пшеницы для центра Нечерноземной зоны России в условиях изменяющегося климата» / The research was carried out within the framework of the state task of the Federal Research Centre V.V. Dokuchaev Soil Science Institute on the topic FGUR-2024-0008 “Development of competitive technology for sustainable cultivation of spring wheat for the center of the Non-Chernozem zone of Russia in a changing climate”.