

ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ НА СОДЕРЖАНИЕ И ЗАПАСЫ МОТМАССЫ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Е. Н. Богатырева, Т. М. Серая, Т. М. Кирдун,
Ю. А. Симанкова, М. М. Торчило

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

К настоящему времени наукой и практикой доказано, что органическое вещество почвы является главным фактором, определяющим почвенное плодородие. Согласно В. М. Семенову и Б. М. Когуту [1], органическое вещество почвы представляет собой «многокомпонентный, гетерогенный и полифункциональный континуум отдельных частиц и ансамблей биомолекул частично и полностью трансформировавшихся остатков биоты, которые различаются по размеру, массе, химической структуре, возрасту и защищенности, имеют разную природу и прочность внутренних и внешних химических связей, характеризуются объемной конфигурацией и пространственной неравномерностью расположения в конгломерате минеральных частиц».

По мнению некоторых авторов, при агрономической оценке органического вещества почвы наиболее целесообразно разделение его компонентов на две большие части – консервативную (инертную) и лабильную (легкоминерализуемую) [2–5].

Под лабильным органическим веществом понимают ту часть органического вещества, которая наиболее легко минерализуется, определяет скорость и емкость биологического круговорота, предохраняет от деструкции консервативную часть органического вещества почвы, является энергетическим материалом для микроорганизмов и обеспечивает растения элементами питания, и прежде всего, азотом [6, 7]. При сельскохозяйственном использовании земель именно лабильное органическое вещество представляет особый интерес как наиболее динамичная и легкотрансформирующаяся составляющая часть органического вещества почв, которая формирует их эффективное плодородие. В составе лабильного органического вещества почв можно выделить две основные группы, которые различаются между собой по составу, свойствам, методам экстрагирования – это лабильные гумусовые вещества (подвижный гумус) и легкоразлагаемое органическое вещество (ЛОВ).

Легкоразлагаемое органическое вещество состоит из разнородных фракций: живой фитомассы, свежих и полуразложившихся растительных и животных остатков, подвергшихся первичной минерализации, микроорганизмов, остатков органических удобрений и др. [6, 8]. На практике наибольшее внимание уделяют двум основным фракциям – детриту и мотмассе. Детрит в переводе с латинского означает «истертый», «продукт распада тканей» (труха), включает промежуточные продукты

разложения и гумификации источников гумуса, не связанные с минеральной частью почвы [9]. Мортмасса – свежие и полуразложившиеся остатки, не утратившие анатомического строения, отделяемые от почвы методом деконтации водой на сите с диаметром ячеек 0,25 мм [10]. К сожалению, данные о содержании и запасах этих фракций в почвах в научной литературе практически не затрагиваются. Исследования в этом направлении в странах СНГ в основном проводили российские ученые [11–18]. В Республике Беларусь данная тематика освещена недостаточно, поэтому этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Цель исследований – установление содержания и запасов мортмассы и углерода мортмассы в дерново-подзолистой супесчаной почве при традиционной и поверхностной обработке в зависимости от применяемых систем удобрения.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для изучения влияния приемов основной обработки почвы и систем удобрения на содержание и запасы мортмассы (ММ) и углерода мортмассы (C_{MM}) заложена полевая опыт с озимой пшеницей на опытном поле Института почвоведения и агрохимии, расположенном в ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского» на среднеокультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве. В опыте изучали три фактора: фактор А – приемы основной обработки почвы (вспашка на глубину 20–22 см и дискование на глубину 10–12 см); фактор В – системы удобрения; фактор С – глубина отбора почвенных образцов (0–10 см и 10–20 см).

Перед закладкой опыта поделяночно отобраны почвенные образцы. Агрохимическая характеристика пахотного слоя, следующая: pH_{KCl} 5,17–5,91, содержание гумуса – 1,75–2,40 %, подвижных форм фосфора – 133–186 мг/кг и калия – 146–239 мг/кг почвы, обменных соединений СаО – 882–1162 мг/кг и MgO – 128–205 мг/кг почвы.

После уборки предшественника солому измельчали и равномерно распределяли по делянкам. Под озимую пшеницу в среднем запахано 3,0 т/га соломы горохо-овсяной смеси, затем согласно схеме опыта вносили удобрение микробиологическое Жыцень в дозе 3 л/га или компенсирующую дозу азота в виде КАС (по д. в. – N_{20}) и задисковывали. Через две недели в 1-м блоке проводили вспашку, во 2-м – дискование в один след. Фосфорные и калийные удобрения внесены под основную обработку почвы, азотные – в три подкормки: в начале ранневесенней вегетации, в фазы «первый узел» и «флаг-лист» (из расчета $N_{70+40+40}$). В варианте с внесением 40 т/га подстилочного навоза КРС дозы внесения азота в первые две подкормки были на 10 кг/га ниже и составили $N_{60+30+40}$.

В течение вегетации растений озимой пшеницы поделяночно отбирали почвенные образцы: в период возобновления ранневесенней вегетации (1-й отбор), в фазу выхода флаг-листа перед подкормкой азотными удобрениями посевов (2-й отбор) и перед ее уборкой (3-й отбор).

В почвенных образцах основные агрохимические показатели определены по общепринятым методикам: гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91); обменная кислотность pH_{KCl} – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85); подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207-91), обменные кальций и магний в 1 М KCl-вытяжке с определением на атомно-абсорбционном спектрофотометре AAS-30 (ГОСТ 26487-85).

Мортмассу отделяли от почвы по следующей методике: навеску почвы 200 г, пропущенную через сито с диаметром ячейки 2 мм, заливали в колбе 400 мл воды, настаивали 30 мин. Затем содержимое колбы интенсивно перемешивали и быстро выливали на сито с диаметром ячеек 0,25 мм. С помощью промывалки почву на сите отмывали до чистой воды, всю массу с сита переносили в химический стакан, заливали водой, взбалтывали и всплывшую часть ММ переносили вновь на сито. Так делали до полного перенесения мортмассы из стакана на сито. Затем ее высушивали при температуре 60 °С [11]. Содержание углерода в мортмассе определяли по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91).

Для оценки количественных изменений содержания углерода мортмассы под влиянием приемов обработки почвы и систем удобрения дополнительно рассчитан индекс чувствительности (ИЧ) по формуле [13]:

$$ИЧ = (C_{\text{вариант}} - C_{\text{контроль}}) / C_{\text{контроль}}$$

где $C_{\text{вариант}}$ – содержание углерода мортмассы в исследуемом варианте; $C_{\text{контроль}}$ – содержание углерода в варианте без удобрений.

Плотность почвы определяли буровым методом при помощи колец Капечкого (метод «режущих колец»). Независимо от приемов обработки супесчаной почвы в начале вегетации в среднем по вариантам измеренные плотности в слоях 0–10 см и 10–20 см близки друг к другу и соответствовали оптимальным показателям [19], в то время как при дисковании в верхнем слое она составила 1,31 г/см³, в нижнем – 1,41 г/см³ (табл. 1).

Таблица 1

Плотность дерново-подзолистой супесчаной почвы в период вегетации озимой пшеницы

Способ обработки почвы	Глубина отбора, см	Плотность почвы, г/см ³		
		возобновление вегетации	фаза выхода флаг-листа	перед уборкой
Вспашка	0–10	1,37	1,32	1,46
	10–20	1,36	1,35	1,41
Дискование	0–10	1,31	1,31	1,26
	10–20	1,41	1,45	1,43

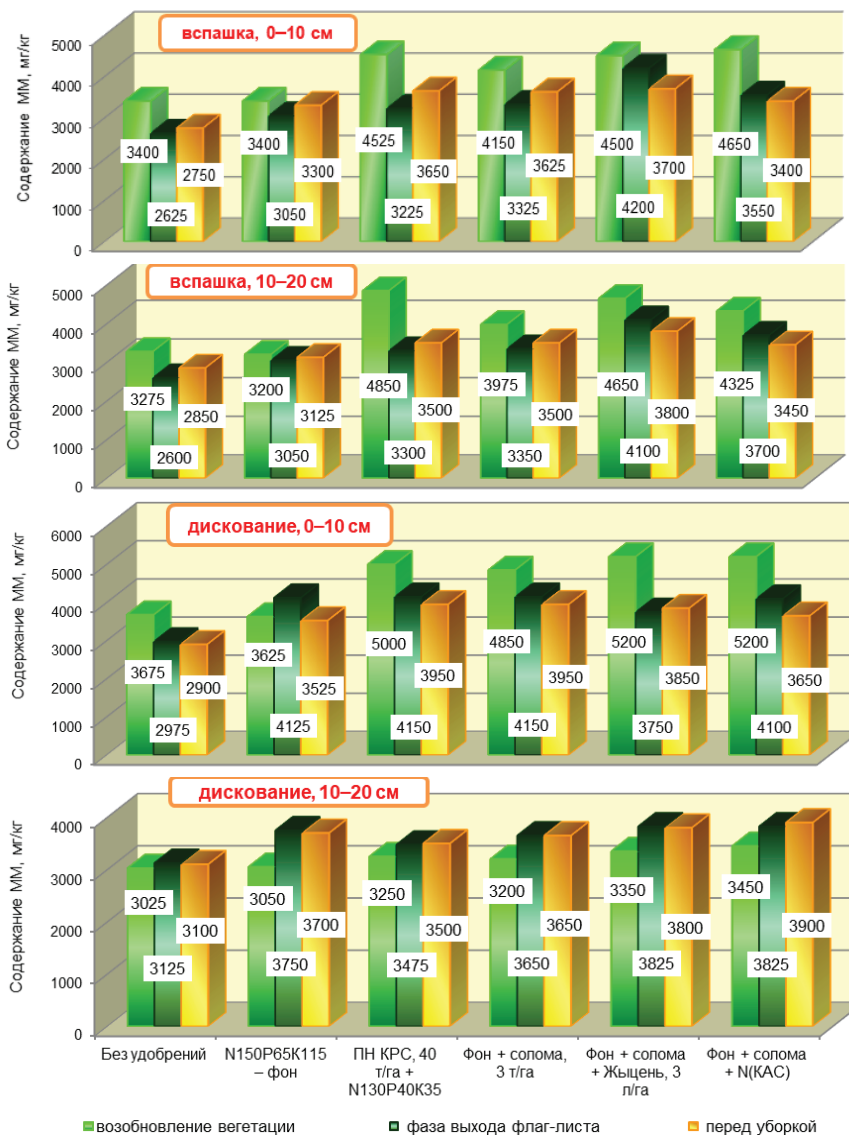
К концу вегетации наблюдалось небольшое повышение плотности в изучаемой почве по вспашке, в блоке с дискованием в слое 10–20 см изменений не наблюдалось, в слое 0–10 см – некоторое снижение.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В среднекультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве в период от начала активной вегетации озимой пшеницы до уборки вспашка обеспечила достаточно равномерное распределение ММ и $C_{\text{ММ}}$ в слоях 0–10 см и 10–20 см; большее влияние на эти показатели оказали применяемые системы удобрения (рис. 1, табл. 1).

Так, весной при возобновлении вегетации озимой пшеницы в варианте без удобрений при запашке только пожнивно-корневых остатков содержание ММ было

на уровне 3275–3400 мг/кг; C_{MM} – 664–697 мг/кг. На фоне применения фосфорных и калийных удобрений в дозе $P_{65}K_{115}$ осенью в основное внесение существенных различий данных показателей по сравнению с неудобренным вариантом не обнаружено. Применение подстилочного навоза в дозе 40 т/га и внесение на этом фоне $P_{40}K_{35}$ достоверно увеличило количество мортмассы на 1125–1525 мг/кг или на 33–48 % относительно варианта без удобрений. Содержание C_{MM} достигло 957–1032 мг/кг, что выше относительно контроля на 37–55 %.



HCP_{05} 1 отбор: фактор А – 330 мг/кг, фактор В – 427 мг/кг, фактор С – 340 мг/кг;
 2 отбор: фактор А – 337 мг/кг, фактор В – 265 мг/кг, фактор С – 300 мг/кг;
 3 отбор: фактор А – 350 мг/кг, фактор В – 310 мг/кг, фактор С – 310 мг/кг.

Рис. 1. Содержание мортмассы в разных слоях дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от систем удобрения и приемов обработки почвы

Запашка 3 т/га соломы горохо-овсяной смеси без компенсирующей дозы азота в блоке с традиционной обработкой почвы способствовала более высокому накоплению ММ по сравнению с осенним внесением $P_{65}K_{115}$, прирост в слоях 0–10 и 10–20 см составил 750–775 мг/кг (22–24 %). При этом полученные показатели были ниже, чем в варианте с применением навоза, что, по-видимому, обусловлено невысоким урожаем запаханной соломы и ее однократной заделкой.

Таблица 1

Содержание углерода мортмассы в разных слоях дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от систем удобрения и приемов обработки почвы

Вариант	Глубина отбора, см	1-й отбор			2-й отбор			3-й отбор		
		в ММ, мг/кг	% от массы почвы	ИЧ	в ММ, мг/кг	% от массы почвы	ИЧ	в ММ, мг/кг	% от массы почвы	ИЧ
Вспашка										
1. Без удобрений (контроль 1)	0–10	697	0,07	–	499	0,05	–	683	0,07	–
	10–20	664	0,07	–	477	0,05	–	740	0,07	–
2. $N_{70+40+40}P_{65}K_{115}$ – фон	0–10	694	0,07	–0,004	655	0,07	0,31	968	0,10	0,42
	10–20	643	0,06	–0,03	617	0,06	0,29	972	0,10	0,31
3. ПН КРС, 40 т/га + $N_{60+30+40}P_{40}K_{35}$	0–10	957	0,10	0,37	705	0,07	0,41	973	0,10	0,42
	10–20	1032	0,10	0,56	696	0,07	0,46	1000	0,10	0,35
4. Фон + солома, 3 т/га	0–10	992	0,10	0,42	789	0,08	0,58	879	0,09	0,29
	10–20	943	0,09	0,42	739	0,07	0,55	891	0,09	0,21
5. Фон + солома + Жыцень, 3 л/га	0–10	1100	0,11	0,58	924	0,09	0,85	1056	0,11	0,55
	10–20	1150	0,12	0,73	880	0,09	0,85	1019	0,10	0,38
6. Фон + солома + $N_{20(КАС)}$	0–10	1083	0,11	0,55	815	0,08	0,63	950	0,09	0,39
	10–20	1057	0,11	0,59	821	0,08	0,72	984	0,10	0,33
Дискование										
1. Без удобрений (контроль 2)	0–10	748	0,07	–	599	0,06	–	853	0,09	–
	10–20	730	0,07	–	641	0,06	–	911	0,09	–
2. $N_{70+40+40}P_{65}K_{115}$ – фон	0–10	761	0,08	0,02	1002	0,10	0,67	1138	0,11	0,33
	10–20	713	0,07	–0,02	839	0,08	0,31	1043	0,10	0,14
3. ПН КРС, 40 т/га + $N_{60+30+40}P_{40}K_{35}$	0–10	1246	0,12	0,67	836	0,08	0,40	1190	0,12	0,39
	10–20	770	0,08	0,05	837	0,08	0,31	1097	0,11	0,20
4. Фон + солома, 3 т/га	0–10	1171	0,12	0,56	922	0,09	0,54	1131	0,11	0,33
	10–20	755	0,08	0,03	759	0,08	0,18	1013	0,10	0,11
5. Фон + солома + Жыцень, 3 л/га	0–10	1322	0,13	0,77	876	0,09	0,46	1186	0,12	0,39
	10–20	793	0,08	0,09	763	0,08	0,19	1018	0,10	0,12
6. Фон + солома + $N_{20(КАС)}$	0–10	1298	0,13	0,74	935	0,09	0,56	1112	0,11	0,30
	10–20	805	0,08	0,10	810	0,08	0,26	1014	0,10	0,11
НСР ₀₅ фактор А		78			80			110		
НСР ₀₅ фактор В		99			94			101		
НСР ₀₅ фактор С		85			75			85		

Отмечено стимулирующее влияние обработки соломы микробиологическим удобрением Жыцень в дозе 3 л/га и компенсирующей дозы азота по соломе (N_{20}) в виде КАС на содержание ММ и углерода в ней. Установлено, что при использовании удобрения Жыцень содержание ММ в почве было значимо выше в нижнем

слое (10–20 см) по сравнению с вариантом, где солома запахана без обработки, в то время как в слое 0–10 см наблюдалась четкая выраженная тенденция роста этого показателя, однако изменения были в пределах НСР₀₅. При внесении по соломе КАС, наоборот, в верхнем слое ММ накапливалось немного больше, чем на глубине 10–20 см.

Содержание C_{MM} в этих вариантах достигло 1057–1150 мг/кг, что характеризовалось наиболее высокими значениями в блоке со вспашкой и существенно превышало показатели варианта с запаханной соломой без дополнительных обработок (отсутствие достоверных различий отмечено только для слоя 0–10 см в варианте с применением КАС).

К фазе выхода флаг-листа озимой пшеницы по сравнению с почвенными пробами, отобранными в начале ранневесенней вегетации, содержание ММ по вспашке в слоях 0–10 см и 10–20 см на минеральном фоне, достигало 3050 мг/кг и было достоверно выше на 16–17 % относительно варианта без удобрений; по C_{MM} превышение составило 29–31 %.

В этот период в вариантах с внесением минеральных удобрений из расчета $P_{40}K_{35}$ по фону 40 т/га подстилочного навоза и запашкой соломы без компенсирующей дозы азота содержание мортмассы было примерно одинаковым (3225–3350 мг/кг), прирост в изучаемых слоях почвы на фоне применения навоза составил 600–700 мг/кг относительно варианта без удобрений, за счет запаханной соломы – 275–300 мг/кг. Что касается C_{MM} , то достоверных различий в его содержании между этими вариантами также не установлено.

Обработка соломы микробиологическим удобрением Жыцень при отборе образцов почвы в фазу выхода флаг-листа озимой пшеницы точно также, как и в начале активной вегетации оказала положительное влияние на формирование ММ, что свидетельствует о его пролонгированном действии на разложение соломы. Содержание мортмассы в слоях почвы 0–10 и 10–20 см увеличилось на 22–26 % по сравнению с вариантом, где запахивали солому без обработки, C_{MM} – на 17–19 % и составило 4100–4200 мг/кг и 880–924 мг/кг соответственно, что характеризовалось максимальными значениями по опытным вариантам в блоке с традиционной обработкой почвы, как и при 1-м отборе. Меньший эффект получен при внесении компенсирующей дозы азота по соломе в виде КАС: в отличие от 1-го отбора, в котором содержание ММ и C_{MM} достигало приблизительно одного уровня с аналогичными показателями в варианте с применением удобрения Жыцень, при 2-м отборе в исследуемых слоях эти значения были меньше на 10–15 % по ММ и на 7–12 % по C_{MM} . Относительно варианта с запашкой соломы дополнительное применение КАС обеспечило тенденцию роста мортмассы и C_{MM} на 225–350 мг/кг и 26–82 мг/кг соответственно, однако полученные различия были в пределах НСР₀₅.

К моменту уборки озимой пшеницы в супесчаной почве в блоке со вспашкой в слоях 0–10 см и 10–20 см точно также, как и при 2-м отборе (в фазу выхода флаг-листа) в вариантах с внесением минеральных удобрений, подстилочного навоза и соломы без компенсирующей дозы азота наблюдалось существенное увеличение содержания мортмассы на 11–20 %, 23–33 % и 10–12 % соответственно, относительно сравниваемых вариантов (без удобрений и $N_{70+40+40}P_{65}K_{115}$). В конце вегетационного периода дополнительная обработка соломы удобрением Жыцень и внесение по соломе КАС значимо не влияло на образование ММ в отличие от

первых двух отборов. Несколько иная картина получена по C_{MM} : его содержание заметно повышалось (на 31–42 %) при внесении минеральных удобрений в полной дозе и по фону подстилочного навоза, в то время как при запашке соломы наблюдалась тенденция снижения по сравнению с фоновым вариантом ($N_{70+40+40}P_{65}K_{115}$). При этом по опытным вариантам в блоке со вспашкой наибольшее количество C_{MM} (1019–1056 мг/кг), как и при первых 2-х отборах, отмечено в варианте с применением удобрения Жыцень, что выше на 128–177 мг/кг или 14–20 % относительно варианта, где солому запахивали без обработки. Осеннее внесение компенсирующей дозы азота по соломе в виде КАС существенно не влияло на содержание C_{MM} в почвенных образцах, отобранных перед уборкой озимой пшеницы.

В блоке с дискованием в один след в качестве основной обработки почвы, в отличие от вспашки, в начале активной вегетации озимой пшеницы наблюдалась достаточно ярко выраженная дифференциация в накоплении мортмассы и содержащегося в ней углерода в слоях 0–10 см и 10–20 см, что обусловлено большей концентрацией растительных остатков и вносимых удобрений в верхнем 10-сантиметровом слое почвы. Содержание ММ в слое 10–20 см было на 18–36 % меньше, чем в слое 0–10 см. По отношению к слою 0–10 см содержание C_{MM} в вариантах с заделкой соломы и внесением подстилочного навоза было ниже на 36–40 %, в варианте без удобрений и фоновом варианте характеризовалось примерно одинаковым количеством. К фазе выхода флаг-листа озимой пшеницы разница в содержании ММ и C_{MM} между верхним и нижним слоями почвы характеризовалась значительно меньшей разбегкой – различия либо отсутствовали, либо уменьшение по ММ не превышало 16 %, по C_{MM} – 18 %. Причина выявленных тенденций при поверхностной обработке почвы, по-видимому, заключается в том, что при достаточном количестве осадков в мае и более высокой температуре активизировались темпы разложения мортмассы в верхнем 10-сантиметровом слое, что и отразилось на ее содержании. В нижележащем слое (10–20 см) вследствие нарастания температуры и улучшения аэрации за счет развития корневой системы озимой пшеницы, наоборот, создались условия для образования мортмассы из ранее накопленных в почве органических остатков при возделывании предшествующих культур и свежих растительных остатков в отличие от 1-го отбора. К моменту уборки урожая дифференциация почвенных слоев по содержанию мортмассы и C_{MM} нивелировалась.

При дисковании под влиянием систем удобрения содержание ММ и C_{MM} в почве в слое 0–10 см изменялось по аналогии с вариантами в блоке с традиционной обработкой почвы. Минимальное количество ММ (3675 мг/кг) и C_{MM} (748 мг/кг) характерно для варианта без удобрений. Осеннее внесение $P_{65}K_{115}$ под основную обработку почвы не влияло на данные показатели. В варианте с применением подстилочного навоза и за счет заделки соломы без компенсирующей дозы азота содержание ММ в верхнем 10 см слое почвы достоверно увеличилось на 1225–1325 мг/кг, C_{MM} – на 410–498 мг/кг. Наибольшее накопление ММ (5200 мг/кг) и C_{MM} (1298–1322 мг/кг) в блоке с дискованием установлено в вариантах с обработкой соломы удобрением Жыцень и внесением компенсирующей дозы азота в виде КАС. Отмечено, что в слое 0–10 см при дисковании за счет заделки соломы как в «чистом» виде, так и при обработке удобрением Жыцень или КАС содержание ММ относительно фона увеличилось на 34–43 %, C_{MM} – на 54–74 %. В блоке

со вспашкой в аналогичных вариантах их прирост характеризовался меньшими величинами: ММ – 22–37 %, C_{MM} – 43–58 %. Применение по соломе удобрения Жыцень и КАС увеличило количество ММ на 7 %, C_{MM} – на 11–13 %.

Ранневесенняя подкормка посевов озимой пшеницы азотными удобрениями в дозе N_{70} по фону $P_{65}K_{115}$ при поверхностной обработке, как и по вспашке, оказала положительное влияние на формирование ММ в слое 0–10 см к фазе выхода флаг-листа. Ее содержание достигло 4125 мг/кг, что выше относительно варианта с заделкой только пожнивно-корневых остатков (без удобрений) на 1150 мг/кг (39 %). Концентрация C_{MM} в этом варианте характеризовалась максимальным показателем по опыту – 1002 мг/кг (+67 %). Количество ММ в варианте с внесением подстильного навоза было на уровне ее содержания на минеральном фоне; при этом концентрация C_{MM} , достигая 836 мг/кг, существенно ниже (на 17 %), однако прирост относительно варианта без удобрений составил 237 мг/кг (+40 %). При 2-м отборе, в отличие от 1-го, не отмечено влияния заделанной в верхний слой соломы, как без компенсирующей дозы азота, так и с ней в виде КАС на содержание ММ и C_{MM} по сравнению с вариантом, где внесены только минеральные удобрения, наблюдаемые различия не превышали ошибки опыта. При этом наименьшее накопление мортмассы (3750 мг/кг) в слое 0–10 см в блоке с дискованием к фазе выхода флаг-листа озимой пшеницы обнаружено в варианте с дополнительной обработкой соломы удобрением Жыцень, что достоверно меньше на 400 мг/кг (или 10 %) относительно варианта с заделкой необработанной соломы. По содержанию C_{MM} (876 мг/кг) в этом варианте по сравнению с вариантом, где заделывали солому без обработки, наблюдалась лишь тенденция снижения.

Перед уборкой озимой пшеницы изменения в содержании ММ в верхнем слое в блоке с дискованием под действием удобрений сопоставимы с таковыми по вспашке: минеральные удобрения в дозе $N_{70+40+40}P_{65}K_{115}$ достоверно увеличили ее выход на 625 мг/кг (22 %), внесение $N_{60+30+40}P_{40}K_{35}$ по фону подстильного навоза – на 1050 мг/кг (36 %), заделка соломы без обработки – на 425 мг/кг (12 %). Применение по соломе удобрения Жыцень и КАС не приводило к росту ММ, наблюдалось даже некоторое ее снижение в этих вариантах относительно варианта с необработанной соломой. Содержание C_{MM} при поверхностной обработке почвы при 3-м отборе, как и при 2-м, значительно увеличилось на минеральном фоне (+33 %) и в варианте с внесением навоза (+39 %), прибавка в вариантах как с обработкой соломы, так и без – отсутствовала.

В слое 10–20 см в блоке с дискованием содержание ММ при 1-м отборе практически не зависело от систем удобрения и варьировало в пределах 3025–3450 мг/кг; сравнительно небольшие различия по вариантам опыта установлены также для C_{MM} – 713–805 мг/кг. К фазе выхода флаг-листа наименьшее содержание ММ (3125 мг/кг) и C_{MM} (641 мг/кг) в нижнем слое получено в варианте без удобрений. В вариантах с внесением минеральных удобрений и подстильного навоза накоплено 3475–3750 мг/кг ММ и 837–839 мг/кг углерода в ней, что существенно выше (по ММ – на 11–20 %, по C_{MM} – на 31 %), чем в неудобренном варианте. В вариантах с заделкой соломы, как без компенсирующей дозы азота, так и при ее внесении в виде КАС, а также при обработке удобрением Жыцень не установлено значимых изменений в содержании ММ и C_{MM} по сравнению с фоновым вариантом. Увеличение данных показателей в вариантах с внесением минеральных удобрений и подстильного навоза, по-видимому, обусловлено

некоторой их миграцией в слой 10–20 см. Перед уборкой урожая по содержанию ММ и $C_{\text{ММ}}$ в слое 10–20 см отмечена такая же зависимость от систем удобрения, как и при 2-м отборе, т. е. значимый прирост на минеральном фоне и варианте с внесением навоза – 13–19 % и 14–20 % соответственно и отсутствие прибавок в вариантах с заделкой соломы.

Рассчитанные значения ИЧ показали, что в супесчаной почве в начале возобновления весенней вегетации озимой пшеницы существенным фактором, влияющим на накопление $C_{\text{ММ}}$, является органоминеральная система удобрения по сравнению с минеральной; от фазы выхода флаг-листа до уборки урожая $C_{\text{ММ}}$ отзывчив на все применяемые системы удобрения. При этом по вспашке в пахотном слое (0–20 см) наибольшая степень отзывчивости в период исследований (в среднем ИЧ = 0,47–0,85) характерна для варианта с внесением по соломе удобрения Жыцень. При дисковании в слое 0–10 см в начале вегетации максимальные показатели (ИЧ = 0,74–0,77) получены в вариантах с обработкой соломы удобрением Жыцень и КАС, в фазу выхода флаг-листа – при минеральной системе удобрения (ИЧ = 0,67), перед уборкой урожая $C_{\text{ММ}}$ характеризовался практически одинаковой отзывчивостью на внесенные удобрения (ИЧ = 0,30–0,39).

Установлено, что характер изменения содержания и запасов ММ и $C_{\text{ММ}}$ в течение наблюдаемого периода имел практически одинаковую направленность. Поэтому в данной статье мы акцентируем внимание только на динамике их запасов. Для сезонной динамики мортмассы в блоке со вспашкой в пахотном слое (0–20 см) супесчаной почвы характерно уменьшение ее запасов от начала активной вегетации озимой пшеницы к фазе выхода флаг-листа на 5–32 % (рис. 2).

Убыль мортмассы ко 2-му отбору при запашке соломы достигла 16–22 % по сравнению с 1-м отбором, в то время как по фону навоза – 31–32 %, что обусловлено его более сильным влиянием на процессы ее трансформации. К моменту уборки урожая наблюдаемые тенденции по запасам ММ зависели от систем удобрения: при обработке соломы удобрением Жыцень и КАС они мало менялись относительно предыдущего отбора, на минеральном фоне, в вариантах с внесением подстилочного навоза и запашкой «чистой» соломы – повышались на 9–25 %. Динамика запасов $C_{\text{ММ}}$ по вспашке имела тенденцию к снижению от начала вегетации озимой пшеницы к фазе выхода флаг-листа на 5–33 % и увеличения к уборке – на 21–64 %.

В блоке с дискованием в слое 0–10 см исследуемых почв в целом отмечено постепенное уменьшение запасов ММ от начала вегетации озимой пшеницы до уборки на 15–32 %. При этом в супесчаной почве сезонные колебания по этому показателю при минеральной системе удобрения, в отличие от остальных вариантов, имели тенденцию возрастания к фазе выхода флаг-листа (+14 %) и затем снижения к уборке на 18 %.

Особенностью динамики запасов ММ в нижнем слое супесчаной почвы при дисковании являлось увеличение ее накопления в период от начала активной вегетации к фазе выхода флаг-листа в удобренных вариантах на 10–26 % (в варианте с заделкой только пожнивно-корневых остатков отмечена лишь тенденция роста) и стабилизация к уборке

В сезонной динамике $C_{\text{ММ}}$ в слое 0–10 см супесчаной почвы при дисковании наблюдалось заметное уменьшение его запасов на 20–34 % от начала весенней вегетации к фазе выхода флаг-листа и их повышение к уборке на 14–37 % (кроме

варианта с применением минеральных удобрений, для которого установлено увеличение от 1-го отбора до 3-го на 44 %). Динамика запасов C_{MM} в нижнем слое изучаемой почвы характеризовалась довольно выраженным постоянством от начала вегетации до фазы выхода флаг-листа (только на минеральном фоне и при внесении навоза их накопление повысилось на 12–21 % и увеличением к уборке на 23–40 %).

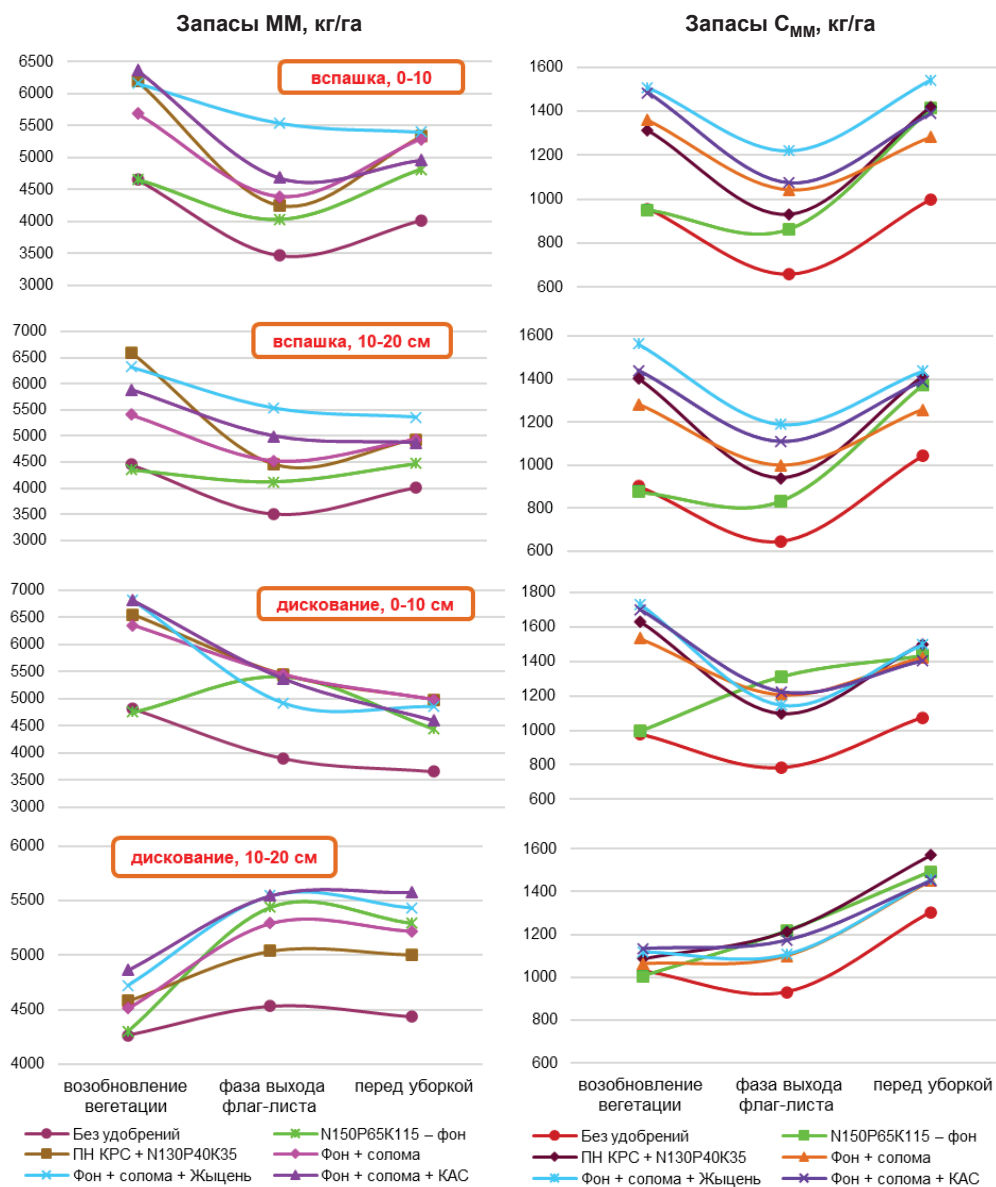


Рис. 2. Динамика запасов мортмассы и углерода мортмассы в дерново-подзолистой супесчаной почве в зависимости от систем удобрения и приемов обработки почвы, кг/га

В целом, более высокие запасы ММ в удобренных вариантах в блоке со вспашкой в изучаемых слоях среднекультуренной дерново-подзолистой супесчаной почвы отмечены в начале активной вегетации озимой пшеницы; по C_{MM} четко выраженный их минимум отмечен в фазу выхода флаг-листа, в начале и конце вегетации полученные величины были приблизительно одинаковы. В блоке с дискованием в слое 0–10 см наибольшие запасы ММ и C_{MM} обнаружены весной в начале вегетации (кроме варианта с внесением минеральных удобрений); в слое 10–20 см по C_{MM} – в предуборочный период, по ММ – в фазу выхода флаг-листа при дальнейшей стабилизации до уборки.

С точки зрения накопления запасов ММ и C_{MM} наиболее благоприятным агрохимическим фоном в супесчаной почве во все сроки отбора являлась органоминеральная система удобрения с обработкой соломы удобрением Жыцьень по вспашке.

В среднем по опытным вариантам в блоке со вспашкой в почве установлено довольно равномерное распределение запасов ММ и C_{MM} в слоях 0–10 и 10–20 см, точно также, как и их содержания (рис. 3).

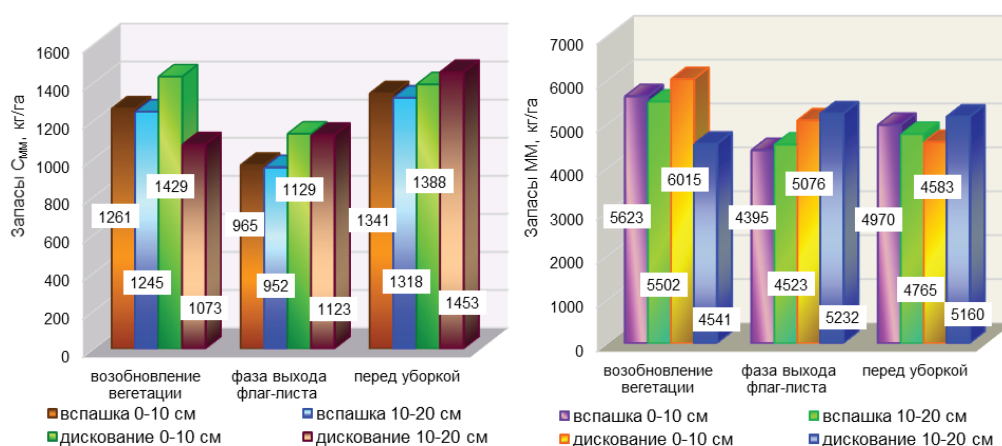


Рис. 3. Влияния приемов основной обработки почвы на запасы мортмассы и углерода мортмассы в дерново-подзолистой супесчаной почве (в среднем по блоку), кг/га

В блоке с дискованием в начале активной вегетации озимой пшеницы запасы ММ и C_{MM} в слое 0–10 см супесчаной почвы в среднем на 33 % выше, чем в слое 10–20 см, в фазу выхода флаг-листа различия практически отсутствовали; в предуборочный период – в верхнем слое накопление ММ ниже на 13 %, C_{MM} – равноценно.

В исследуемой почве при дисковании запасы ММ и C_{MM} в слое 0–10 см в начале активной вегетации в среднем на 7 и 13 % выше, чем по вспашке, в фазу выхода флаг-листа – на 15 и 17 %, к уборке, наоборот, запасы ММ снизились на 8 %, по C_{MM} – на одном уровне.

ВЫВОДЫ

В период наблюдений в среднекультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве наиболее высокие показатели по содержанию и запасам ММ и C_{MM} в опыте отмечены в блоке с дискованием в слое 0–10 см весной в начале вегетации озимой пшеницы при органоминеральной системе удобрения с обработкой соломы микробиологическим удобрением Жыцень или внесении компенсирующей дозы азота в виде КАС (содержание ММ было на уровне 5200 мг/кг, C_{MM} – 1298–1322 мг/кг; запасов – 6812 и 1112–1186 кг/га соответственно). При этом наиболее благоприятным агрохимическим фоном в почве с точки зрения накопления запасов ММ и C_{MM} во все сроки отбора являлась органоминеральная система удобрения с обработкой соломы удобрением Жыцень по вспашке.

В блоке со вспашкой установлено довольно равномерное распределение содержания и запасов мортмассы и C_{MM} в слоях 0–10 и 10–20 см супесчаной почвы в течение наблюдаемого периода. В блоке с дискованием при возобновлении вегетации озимой пшеницы запасы ММ и C_{MM} в слое 0–10 см в среднем на 33 % выше, чем в слое 10–20 см, в фазу выхода флаг-листа – различия практически отсутствовали; перед уборкой урожая – в верхнем слое накопление ММ ниже на 13 %, C_{MM} – равноценно; по содержанию ММ и C_{MM} превышение при 1-м отборе составило 43 %, при 2-м – 7 и 11 %; к концу вегетации – различия не наблюдалось.

Запасы ММ и C_{MM} при дисковании в верхнем слое почвы в начале активной вегетации в среднем по блоку были только на 7 и 13 % выше, чем по вспашке, в фазу выхода флаг-листа – на 15 и 17 %, к уборке запасы ММ немного уменьшились (на 8 %), по C_{MM} – остались на прежнем уровне.

Для динамики мортмассы и C_{MM} в изучаемых слоях супесчаной почвы по вспашке в удобренных вариантах характерно уменьшение запасов к фазе выхода флаг-листа в среднем на 17–23 % и повышение к уборке C_{MM} на 36–37 %; по ММ в слое 0–10 см наблюдаемые тенденции зависели от систем удобрения, а в слое 10–20 см – мало менялись относительно предыдущего отбора. В блоке с дискованием в слое 0–10 см от начала вегетации к уборке запасы ММ в почве снижались в среднем на 24 %; в слое 10–20 см – повышались ко 2-му отбору на 17 % и стабилизировались к концу вегетации. При этом запасы C_{MM} в верхнем слое почвы уменьшались от начала вегетации к фазе выхода флаг-листа на 29 % (кроме минерального фона – прирост 32 %) и повышались к уборке на 21 %. Динамика запасов C_{MM} в нижнем слое в среднем по блоку в удобренных вариантах имела довольно выраженное постоянство от начала вегетации до фазы выхода флаг-листа и увеличение к уборке на 28 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенов, В. М. Почвенное органическое вещество / В. М. Семенов, Б. М. Когут. – М.: ГЕОС – 2015. – 233 с.
2. Тейт, Р. Органическое вещество почв: Биологические и экологические аспекты: пер. с англ. / Р. Тейт. – М.: Мир. – 1991. – 400 с.
3. Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах / В. И. Кирюшин [и др.]. – М.: МСХА. – 1994. – 99 с.
4. Ганжара, Н. Ф. Гумус, свойства почв и урожай // Почвоведение. – 1998. – № 7. – С. 812–819.

5. *Мамонтов, В. Г.* К вопросу о лабильном органическом веществе почв / В. Г. Мамонтов, Р. А. Афанасьев, Л. П. Родионова // Плодородие. – 2008. – № 2. – С. 20–22.
6. Воспроизводство гумуса как составная часть системы управления плодородием почвы: методическое пособие / И. Н. Шарков [и др.]; под ред. И. Н. Шаркова; Россельхозакадемия, СибНИИЗиХ. – Новосибирск: СибНИИЗиХ Россельхозакадемии, 2010. – 36 с.
7. *Мамонтов, В. Г.* Лабильные гумусовые вещества – особая группа органических соединений чернозема обыкновенного / В. Г. Мамонтов, Р. А. Афанасьев, Е. Л. Соколовская // Плодородие. – 2008. – № 5. – С. 15–19.
8. *Титлянова, А. А.* Легкоразлагаемое органическое вещество пахотных почв / А. А. Титлянова // Математические модели и информационные технологии в сельскохозяйственной биологии: итоги и перспективы: материалы Всероссийской конф. (с межд. участ.), С.-Петербург, 14–15 октября 2010 г. / АФИ Россельхозакадемии, СибФТИ Россельхозакадемии. – С.-Петербург, 2010. – С. 149–153.
9. *Ганжара, Н. Ф.* Почвоведение / Н. Ф. Ганжара. – М.: Агроконсалт. – 2001. – С. 114.
10. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России / В. Н. Кудеяров [и др.]. – М.: Наука. – 2007. – 315 с.
11. Влияние пожнивных остатков на состав органического вещества чернозема, выщелоченного в лесостепи Западной Сибири / И. Н. Шарков [и др.] // Почвоведение. – 2014. – № 4. – С. 473–479.
12. *Шарков, И. Н.* Влияние длительного антропогенного воздействия на содержание и состав органического вещества чернозема, выщелоченного в лесостепи Приобья / И. Н. Шарков, А. А. Данилова // Сибирский экологический журнал. – 2012. – № 5. – С. 693–701.
13. *Русакова, И. В.* Теоретические основы и методы управления плодородием почв при использовании растительных остатков в земледелии. – Владимир: ФГБ-НУ ВНИИОУ, 2016. – 131 с.
14. *Русакова, И. В.* Влияние соломы и пожнивного сидерата на запасы мортмассы и содержание в ней элементов питания / И. В. Русакова // Владимирский земледелец. – 2019. – № 4(90). – С. 46–50.
15. *Русакова, И. В.* Биологические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы при длительном использовании соломы на удобрение / И. В. Русакова // Почвоведение. – 2013. – № 12. – С. 1485–1493.
16. *Балабанова, Н. Ф.* Влияние длительного применения удобрений на органическое вещество лугово-черноземной почвы и урожайность зерна яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04; СибНИИСХ. – Новосибирск, 2013. – 19 с.
18. *Власенко, О. А.* Запасы легкоминерализуемого органического вещества при возделывании пропашных кормовых культур в Красноярской лесостепи / О. А. Власенко // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 9. – С. 157–165.
19. *Данилова, А. А.* Содержание мортмассы и биодинамика пахотной почвы в условиях реальных агротехнологий в Сибири / А. А. Данилова // Живые и биокосные системы (Науч. электр. период. изд. ЮФУ). – 2018. – № 23.
20. Атлас почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / В. В. Лапа и [др.]; под общ. ред. В. В. Лапа, А. Ф. Черныша; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск; ИВЦ Минфина, 2017. – 170 с.

**THE INFLUENCE OF AGROTECHNOLOGICAL TECHNIQUES ON THE
MAINTENANCE AND RESERVES OF MOTRMASS IN SOD-PODZOLIC
SANDY LOAM SOIL**

**E. N. Bahatyrova, T. M. Seraya, T. M. Kirdun,
Y. A. Simankova, M. M. Torchilo**

Summary

The influence of tillage methods and fertilizer systems on the content and reserves of mortmass and C_{MM} in layers of 0–10 cm and 10–20 cm of sandy loam soil was assessed, their dynamics during the growing season of winter wheat was established. During the observation period, the highest rates in the experiment were noted when disking in a layer of 0–10 cm in spring at the beginning of growing season with an organic-mineral fertilizer system with treatment of straw with Zhytsen microbiological fertilizer or applying a compensating dose of nitrogen in the form of CAS (the content of mortmass was at the level of 5200 mg/kg, carbon – 1298–1322 mg/kg; reserves – 6812 and 1112–1186 kg/ha, respectively).

Поступила 11.05.23