

## 2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.81:631.445

### СОДЕРЖАНИЕ И ЗАПАСЫ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В МОРТМАССЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ И ПРИЕМОВ ОБРАБОТКИ ВЫСОКО- И СРЕДНЕОКУЛЬТУРЕННЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

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

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

#### ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей основой устойчивого развития сельскохозяйственного производства, обеспечивающей получение конкурентоспособной продукции с наименьшими затратами при максимизации прибыли, является рациональное управление почвенными процессами, определяющими плодородие почв. К числу главных показателей, определяющих качество земель, относятся органическое вещество почвы и его основной компонент – гумус, которые, являясь крупнейшим аккумулятивным резервуаром вещества и энергии в биосфере, представляют собой незаменимый агропроизводственный ресурс, способствующий оптимизации жизненно важных для растений свойств почвы.

Однако в ряде научных публикаций [1–6] показано, что между содержанием гумуса в почве и продуктивностью возделываемых культур не всегда существует прямая связь, в некоторых случаях малогумусные почвы имеют высокое эффективное плодородие и, наоборот, урожай невелик при высоком содержании гумуса. В связи с этим, по мнению многих ученых [7–10], определение только содержания гумуса не раскрывает всей сути положительного воздействия органического вещества на продукционную способность почв, поскольку в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства урожайность культур лимитируется другими факторами.

И. Н. Шарков отмечал, что почвы с большей емкостью круговорота биогенных элементов будут обладать и более высоким уровнем эффективного плодородия, который целесообразно оценивать по содержанию в почве легкоминерализуемого (лабильного) органического вещества (ЛОВ) [7]. 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.

Согласно А. А. Титляновой, легкоразлагаемое органическое вещество состоит из разнородных фракций: живой фитомассы, мертвой фитомассы – мортмассы, измельченных перемешанных остатков фитомассы, мортмассы, животных тканей – детрит, микроорганизмов и др., являясь ближайшим резервом биогенных элементов для растений [11].

В научной литературе данные о содержании и запасах элементов питания в мортмассе (ММ) представлены довольно ограничено. В России исследования в этом направлении проводили И. В. Русакова, О. А. Власенко, Н. Ф. Балабанова и Н. А. Воронкова [12–15]. В Республике Беларусь этот вопрос изучен довольно слабо.

Цель исследований – установление содержания и запасов элементов питания в мортмассе в разнокультурных дерново-подзолистых почвах при традиционной и поверхностной обработке в зависимости от применяемых систем удобрения.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевые опыты с озимой пшеницей заложены на опытных полях Института почвоведения и агрохимии, расположенных в ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского» на среднекультурной дерново-подзолистой супесчаной почве и в ОАО «Гастелловское» на высококультурной дерново-подзолистой суглинистой почве. В опытах изучали три фактора: А – приемы основной обработки почвы (вспашка на глубину 20–22 см и дискование на глубину 10–12 см); В – системы удобрения; С – глубина отбора почвенных образцов. Схемы опытов представлена в таблицах 1 и 2.

Перед закладкой опытов поделано отобраны почвенные образцы. Пахотный слой среднекультурной почвы имел следующие агрохимические показатели:  $pH_{KCl}$  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. Высококультурная почва характеризовалась показателями:  $pH_{KCl}$  5,99–6,93, содержание гумуса – 1,93–2,62 %, подвижных форм фосфора – 409–583 мг/кг и калия – 250–345 мг/кг почвы, обменных соединений СаО – 1539–2689 мг/кг и MgO – 214–393 мг/кг почвы.

После уборки солому измельчали и равномерно распределяли по делянкам. Согласно схеме опытов, на супесчаной почве под озимую пшеницу в среднем запахано 3,0 т/га соломы горохо-овсяной смеси, на суглинистой – 2,5 т/га соломы озимого рапса; затем вносили удобрение микробиологическое «Жыцень» в дозе 3 л/га или компенсирующую дозу азота в виде КАС 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  $N_{70+40+40}$  на супесчаной почве и  $N_{90+40+50}$  – на суглинистой). В варианте с внесением 40 т/га подстильного навоза КРС на среднекультурной почве дозы внесения азота в первые две подкормки были на 10 кг/га ниже и составили  $N_{60+30+40}$ ; на высококультурной почве только в первую подкормку доза азота была снижена на 30 кг/га, всего внесено  $N_{60+40+50}$ .

В течение вегетации растений озимой пшеницы поделано отбирали почвенные образцы: весной в фазу кущения (главный побег и 2 побега кущения) (1-й отбор), в фазы выхода флаг-листа перед подкормкой азотными удобрениями посевов (2-й отбор) и созревания (перед 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 методике, изложенной в работе [16]: 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. В образцах мортмассы общий азот определяли по ГОСТ 13496.4-93, фосфор – по ГОСТ 26657-85, калий – по ГОСТ 30504-97.

Для выявления зависимостей между изучаемыми показателями проведен парный корреляционно-регрессионный анализ согласно методике полевого опыта Б. А. Доспехова с использованием соответствующих программ пакета MSExcel [17].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В среднекультуренной почве в период наблюдений применяемые агроприемы практически не влияли на содержание элементов питания в мортмассе в слоях 0–10 см и 10–20 см (табл. 1). Однако отмечено, что в блоке со вспашкой внесенные удобрения обеспечили либо положительную тенденцию повышения N в мортмассе, либо его достоверное увеличение относительно контроля в начале активной вегетации озимой пшеницы и к фазе выхода флаг-листа. Независимо от приемов основной обработки почвы в сезонной динамике N в ММ в этой почве наблюдалось увеличение его содержания в изучаемых слоях с 1,20–1,49 % весной при возобновлении вегетации до 1,78–2,34 % к фазе выхода флаг-листа и затем снижение к моменту уборки урожая до показателей, полученных при 1-м отборе (1,26–1,55 %). По фосфору отмечено постепенное повышение его содержания в ММ от начала вегетации озимой пшеницы к фазе созревания с 0,55–0,67 % до 0,66–0,78 %, в то время как для калия, наоборот, снижение с 0,33–0,42 % до 0,27–0,36 %.

В суглинистой почве, точно также, как и в супесчаной в изучаемых слоях независимо от приемов обработки в ходе исследований не установлено достоверных различий в содержании фосфора и калия в ММ под влиянием применяемых систем удобрения (табл. 2). Что касается концентрации азота в ММ в удобренных вариантах, то сложно выявить определенный тренд. Наибольшее влияние на его накопление в ММ внесенные удобрения оказали при обоих способах обработки ко 2-му отбору. Отличительной особенностью суглинистой почвы в слое 0–10 см при замене традиционной обработки почвы на поверхностную являлось более высокое содержание азота и фосфора в ММ в отдельных вариантах к фазам выхода флаг-листа и созревания, чего не наблюдалось в супесчаной почве.

В распределении азота и фосфора в ММ в суглинистой почве при дисковании также обнаружены некоторые отличия от супесчаной: установлена дифференциация

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

почвенных слоев по содержанию азота и фосфора к фазе выхода флага-листа (исключение N в варианте с внесением КАС по соломе). Так, в слое 0–10 см концентрация N по вариантам составила 1,32–1,59 %, фосфора – 0,43–0,45 % против 1,19–1,33 % и 0,33–0,39 % соответственно в слое 10–20 см. Для динамики азота и фосфора при обоих способах обработки в изучаемых слоях этой почвы характерно увеличение содержания в ММ от фазы кущения к фазе выхода флага-листа и последующее снижение к уборке, в то время как для калия наблюдалась тенденция снижения ко 2-му отбору и повышения к 3-му.

Таблица 1

**Содержание элементов питания в мортмассе дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от систем удобрения и приемов обработки почвы, % на сухое вещество**

Вариант	Глубина отбора, см	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
		отбор								
		1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й
<b>Вспашка</b>										
1. Без удобрений (контроль 1)	0–10	1,29	1,96	1,44	0,56	0,61	0,68	0,41	0,38	0,34
	10–20	1,20	1,78	1,26	0,60	0,67	0,67	0,36	0,39	0,33
2. N <sub>70+40+40</sub> P <sub>65</sub> K <sub>115</sub> – фон	0–10	1,49	2,33	1,44	0,63	0,62	0,70	0,38	0,36	0,35
	10–20	1,48	2,25	1,43	0,67	0,70	0,69	0,41	0,39	0,34
3. ПН КРС, 40 т/га + N <sub>60+30+40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>35</sub>	0–10	1,49	2,27	1,47	0,62	0,64	0,70	0,40	0,38	0,36
	10–20	1,42	2,24	1,44	0,61	0,71	0,70	0,42	0,38	0,33
4. Фон + солома, 3 т/га	0–10	1,47	2,11	1,32	0,59	0,60	0,70	0,42	0,37	0,35
	10–20	1,40	2,14	1,44	0,62	0,68	0,78	0,38	0,38	0,34
5. Фон + солома + Жы- цень, 3 л/га	0–10	1,44	2,03	1,55	0,60	0,61	0,68	0,38	0,38	0,33
	10–20	1,39	2,03	1,51	0,63	0,65	0,73	0,33	0,34	0,32
6. Фон + солома + N <sub>20(КАС)</sub>	0–10	1,31	2,12	1,50	0,57	0,62	0,66	0,40	0,37	0,32
	10–20	1,40	2,05	1,44	0,61	0,65	0,71	0,34	0,36	0,33
<b>Дискование</b>										
1. Без удобрений (контроль 2)	0–10	1,30	2,09	1,44	0,55	0,62	0,69	0,40	0,37	0,31
	10–20	1,35	1,95	1,40	0,61	0,61	0,69	0,33	0,35	0,28
2. N <sub>70+40+40</sub> P <sub>65</sub> K <sub>115</sub> – фон	0–10	1,44	2,10	1,55	0,62	0,69	0,76	0,38	0,38	0,33
	10–20	1,49	1,89	1,47	0,64	0,69	0,70	0,36	0,36	0,27
3. ПН КРС, 40 т/га + N <sub>60+30+40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>35</sub>	0–10	1,37	2,15	1,47	0,62	0,66	0,72	0,40	0,39	0,32
	10–20	1,40	2,02	1,47	0,62	0,69	0,71	0,36	0,36	0,27
4. Фон + солома, 3 т/га	0–10	1,32	2,09	1,36	0,64	0,64	0,71	0,41	0,39	0,36
	10–20	1,38	1,81	1,42	0,59	0,65	0,71	0,32	0,36	0,28
5. Фон + солома + Жыцень, 3 л/га	0–10	1,43	2,34	1,40	0,61	0,65	0,67	0,41	0,42	0,32
	10–20	1,38	2,03	1,30	0,63	0,69	0,73	0,35	0,39	0,29
6. Фон + солома + N <sub>20(КАС)</sub>	0–10	1,35	2,10	1,33	0,62	0,69	0,66	0,35	0,41	0,36
	10–20	1,28	2,07	1,31	0,64	0,68	0,70	0,36	0,34	0,28
НСР <sub>05</sub> фактор А		0,18	0,27	0,18	0,08	F <sub>факт</sub> <F <sub>05</sub>	0,09	F <sub>факт</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>факт</sub> <F <sub>05</sub>	0,04
НСР <sub>05</sub> фактор В		0,16	0,23	0,17	0,07	0,08	0,07	0,05	0,05	0,05
НСР <sub>05</sub> фактор С		0,10	0,28	0,16	0,06	0,09	0,08	F <sub>факт</sub> <F <sub>05</sub>	0,04	F <sub>факт</sub> <F <sub>05</sub>



**Содержание элементов питания в мортмассе дерново-подзолистой суглинистой почвы в зависимости от систем удобрения и приемов обработки почвы, % на сухое вещество**

Вариант	Глубина отбора, см	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
		отбор								
		1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й
<b>Вспашка</b>										
1. Без удобрений (контроль 1)	0–10	0,91	1,16	0,98	0,14	0,28	0,16	0,50	0,38	0,55
	10–20	0,93	1,12	1,05	0,16	0,29	0,20	0,46	0,39	0,50
2. N <sub>90+40+50</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub> – фон	0–10	1,06	1,26	1,08	0,17	0,30	0,17	0,57	0,41	0,57
	10–20	1,01	1,19	1,12	0,20	0,29	0,26	0,50	0,38	0,50
3. ПН КРС, 40 т/га + N <sub>60+40+50</sub>	0–10	1,01	1,24	0,98	0,16	0,33	0,18	0,56	0,42	0,59
	10–20	0,96	1,23	1,12	0,20	0,34	0,20	0,54	0,39	0,52
4. Фон + солома, 2,5 т/га	0–10	0,90	1,23	1,14	0,15	0,29	0,22	0,52	0,39	0,58
	10–20	0,96	1,18	1,12	0,22	0,35	0,21	0,50	0,42	0,51
5. Фон + солома + Жыцень, 3 л/га	0–10	1,06	1,33	1,13	0,19	0,36	0,21	0,55	0,42	0,53
	10–20	1,11	1,33	1,12	0,22	0,38	0,22	0,53	0,36	0,56
6. Фон + солома + N <sub>25(КАС)</sub>	0–10	0,98	1,37	1,19	0,16	0,34	0,23	0,58	0,45	0,52
	10–20	1,05	1,33	1,12	0,19	0,38	0,24	0,51	0,43	0,50
<b>Дискование</b>										
1. Без удобрений (контроль 2)	0–10	1,04	1,32	1,00	0,16	0,39	0,24	0,51	0,37	0,57
	10–20	1,05	1,19	1,09	0,20	0,39	0,22	0,47	0,38	0,54
2. N <sub>90+40+50</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub> – фон	0–10	1,11	1,59	1,16	0,19	0,48	0,27	0,55	0,45	0,59
	10–20	0,98	1,33	1,12	0,19	0,43	0,27	0,52	0,48	0,58
3. ПН КРС, 40 т/га + N <sub>60+40+50</sub>	0–10	1,05	1,44	1,21	0,17	0,45	0,24	0,50	0,41	0,57
	10–20	0,96	1,23	1,02	0,20	0,39	0,25	0,53	0,39	0,61
4. Фон + солома, 2,5 т/га	0–10	0,96	1,51	1,25	0,19	0,45	0,27	0,50	0,46	0,62
	10–20	1,04	1,26	1,12	0,23	0,49	0,23	0,54	0,45	0,60
5. Фон + солома + Жыцень, 3 л/га	0–10	1,23	1,59	1,33	0,18	0,49	0,33	0,50	0,47	0,56
	10–20	0,99	1,31	1,10	0,20	0,47	0,25	0,58	0,52	0,58
6. Фон + солома + N <sub>25(КАС)</sub>	0–10	1,19	1,33	1,24	0,20	0,44	0,32	0,56	0,46	0,59
	10–20	1,09	1,26	1,12	0,19	0,47	0,27	0,54	0,43	0,57
НСР <sub>05</sub> фактор А		F <sub>факт</sub> < F <sub>05</sub>	0,16	0,16	F <sub>факт</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>факт</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>факт</sub> < F <sub>05</sub>	0,08	F <sub>факт</sub> < F <sub>05</sub>	0,07
НСР <sub>05</sub> фактор В			0,16	0,18	0,15	F <sub>факт</sub> < F <sub>05</sub>	0,05	0,04	0,07	F <sub>факт</sub> < F <sub>05</sub>
НСР <sub>05</sub> фактор С			0,14	0,14	0,15	F <sub>факт</sub> < F <sub>05</sub>	0,05	F <sub>факт</sub> < F <sub>05</sub>	0,08	0,08

Анализ показал, что в почвах запасы элементов питания в ММ в большей степени зависели от ее количества в вариантах опыта и срока отбора почвенных проб и в меньшей мере от применяемых агроприемов (табл. 3 и 4).

Таблица 3

**Запасы элементов питания в мортмассе в разных слоях дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от систем удобрения и приемов обработки почвы, кг/га**

Вариант	Глубина отбора, см	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
		отбор								
		1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й
Вспашка										
1. Без удобрений (контроль 1)	0–10	60	68	58	26	21	27	19	13	14
	10–20	53	62	51	27	24	27	16	14	13
2. N <sub>70+40+40</sub> P <sub>65</sub> K <sub>115</sub> – фон	0–10	69	94	69	29	25	34	18	14	17
	10–20	64	93	64	29	29	31	18	16	15
3. ПН КРС, 40 т/га + N <sub>60+30+40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>35</sub>	0–10	92	97	78	38	27	37	25	16	19
	10–20	94	100	71	40	31	35	27	17	16
4. Фон + солома, 3 т/га	0–10	84	93	70	34	26	37	24	16	19
	10–20	75	97	71	33	31	38	20	17	17
5. Фон + солома + Жыцень, 3 л/га	0–10	89	113	84	37	34	36	23	21	18
	10–20	88	112	81	40	36	39	21	19	17
6. Фон + солома + N <sub>20(КАС)</sub>	0–10	83	99	75	36	29	33	25	17	16
	10–20	82	102	70	36	32	35	20	18	16
Дискование										
1. Без удобрений (контроль 2)	0–10	63	81	52	26	24	25	19	14	11
	10–20	57	88	62	26	27	31	14	16	12
2. N <sub>70+40+40</sub> P <sub>65</sub> K <sub>115</sub> – фон	0–10	68	113	69	29	37	34	18	21	14
	10–20	64	103	78	27	38	37	15	19	14
3. ПН КРС, 40 т/га + N <sub>60+30+40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>35</sub>	0–10	90	117	73	40	36	36	26	21	16
	10–20	64	102	74	28	35	36	16	18	13
4. Фон + солома, 3 т/га	0–10	84	114	68	41	35	35	26	21	18
	10–20	62	96	74	26	34	37	14	19	15
5. Фон + солома + Жыцень, 3 л/га	0–10	97	115	68	41	32	33	28	20	16
	10–20	65	113	70	30	38	39	17	21	16
6. Фон + солома + N <sub>20(КАС)</sub>	0–10	92	113	61	42	37	30	24	22	16
	10–20	62	115	73	31	37	39	18	19	16

Таблица 4

**Запасы элементов питания в мортмассе в разных слоях дерново-подзолистой суглинистой почвы в зависимости от систем удобрения и приемов обработки почвы, кг/га**

Вариант	Глубина отбора, см	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
		отбор								
		1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й
Вспашка										
1. Без удобрений (контроль 1)	0–10	35	49	35	5	12	6	19	16	19
	10–20	35	47	49	6	12	9	17	16	23
2. N <sub>90+40+50</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub> – фон	0–10	41	57	47	7	14	7	22	18	25
	10–20	38	58	58	8	14	13	19	18	26

Вариант	Глубина отбора, см	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
		отбор								
		1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й
3. ПН КРС, 40 т/га + N <sub>60+40+50</sub>	0–10	38	65	49	6	17	9	21	22	30
	10–20	37	71	69	8	19	12	21	22	32
4. Фон + солома, 2,5 т/га	0–10	39	64	43	6	15	8	23	20	22
	10–20	40	67	54	9	20	10	21	24	25
5. Фон + солома + Жы-цень, 3 л/га	0–10	35	65	40	6	18	8	18	21	19
	10–20	38	70	54	8	20	10	18	19	25
6. Фон + солома + N <sub>25(КАС)</sub>	0–10	36	62	44	6	15	9	21	20	21
	10–20	38	62	59	7	18	12	19	20	26
Дискование										
1. Без удобрений (контроль 2)	0–10	47	46	36	7	14	9	23	13	21
	10–20	35	39	40	7	13	8	16	12	20
2. N <sub>90+40+50</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub> – фон	0–10	54	55	55	9	17	13	27	16	28
	10–20	32	43	45	6	14	11	17	15	23
3. ПН КРС, 40 т/га + N <sub>60+40+50</sub>	0–10	64	81	62	10	25	12	30	23	29
	10–20	35	50	46	7	16	11	19	16	28
4. Фон + солома, 2,5 т/га	0–10	54	61	49	10	18	11	28	19	24
	10–20	37	44	45	8	17	9	19	16	24
5. Фон + солома + Жы-цень, 3 л/га	0–10	59	70	53	8	22	13	24	21	22
	10–20	35	47	44	7	17	10	21	18	23
6. Фон + солома + N <sub>25(КАС)</sub>	0–10	48	68	56	8	22	15	22	23	27
	10–20	40	45	41	7	17	10	20	15	21

Наибольшие запасы азота в ММ в удобренных вариантах независимо от приемов обработки почв отмечены в фазу выхода флаг-листа (исключение вариант с внесением минеральных удобрений как по вспашке, так и дискованию в слое 10–20 см суглинистой почвы).

По фосфору четко выраженный максимум запасов в ММ суглинистой почвы также отмечен в эту фазу; супесчаной – наблюдаемые тенденции зависели от применяемых агроприемов: в блоке со вспашкой при минеральной системе удобрения и по запаханной соломе несколько более высокое накопление этого элемента приурочено к уборке урожая, в остальных вариантах – весной при возобновлении вегетации; в блоке с дискованием в слое 0–10 см также наибольшие показатели получены при 1-м отборе (кроме минерального фона), в слое 10–20 см – при 3-м.

В период наблюдений наиболее высокие запасы калия в ММ супесчаной почвы по вспашке (0–20 см) и дискованию в слое 0–10 см обнаружены в фазу кущения (главный побег и 2 побега кущения), в слое 10–20 см – к фазе выхода флаг-листа. В суглинистой почве максимум запасов калия в нижнем слое по вспашке и дискованию установлен перед уборкой; его ярко выраженного максимума в верхнем слое по вспашке не наблюдалось, по дискованию запасы калия в начале и конце вегетации были практически равноценны и меньше – в фазу выхода флаг-листа.

Что касается применяемых систем удобрения, то в суглинистой почве наибольшие запасы элементов питания в ММ во все сроки отбора получены при дисковании

в слое 0–10 см при органоминеральной системе удобрения с внесением 40 т/га подстилочного навоза (прибавка азота в зависимости от срока отбора составила 36–76 %, фосфора – 30–79 %, калия – 30–77 %). В супесчаной почве наиболее благоприятным агрохимическим фоном с точки зрения накопления этих элементов в ММ весной в фазу кущения (главный побег и 2 побега кущения) являлась органоминеральная система удобрения с обработкой соломы удобрением Жыцень также по дискованию в слое 0–10 см (прирост по азоту достиг 54 %, по фосфору – 58 %, по калию – 47 %); в последующие сроки отбора – четких тенденций не выявлено.

По вариантам опыта в изучаемых слоях обеих почв по вспашке установлено довольно равномерное распределение запасов элементов питания, сосредоточенных в ММ, только перед уборкой в нижнем слое суглинистой почвы накапливалось азота в мортмассе в среднем на 33 % больше, чем в верхнем, фосфора – на 38 %, по калию превышение установлено лишь в вариантах с обработанной соломой (+24–32 %).

В блоке с дискованием весной в фазу кущения озимой пшеницы запасы элементов питания в ММ в слое 10–20 см супесчаной почвы в удобренных вариантах в среднем на 27–38 % ниже, чем в слое 0–10 см (кроме минерального фона, где различий не наблюдалось); к фазе выхода флага-листа – разница практически отсутствовала, что сохранялось до созревания, а по фосфору в вариантах с заделкой соломы даже было выше на 14–29 % в слое 10–20 см, по азоту – на 10–19 % в вариантах с обработанной соломой и внесением только минеральных удобрений.

В суглинистой почве при дисковании в течение всего срока исследований наблюдалась дифференциация почвенных слоев по накоплению элементов питания: в слое 10–20 см их запасы в ММ в удобренных вариантах в фазы кущения и выхода флага-листа озимой пшеницы были меньше в среднем на 20–36 %; к моменту уборки по азоту и фосфору – на 20–23 %, по калию – на 17–22 % при минеральной системе удобрения и при обработке соломы компенсирующей дозой азота в виде КАС, в остальных вариантах разница отсутствовала.

В сезонной динамике азота в ММ при обоих способах обработки в изучаемых слоях среднекультуренной почвы наблюдалось увеличение его запасов от начала активной вегетации озимой пшеницы к фазе выхода флага-листа на 11–84 % и затем снижение к фазе созревания на 15–46 %; при этом при органоминеральной системе удобрения с внесением подстилочного навоза КРС по вспашке, в отличие от остальных вариантов, этот показатель мало менялся от 1-го ко 2-му отбору.

Для динамики азота в высококультуренной почве характерны свои особенности. В блоке со вспашкой его запасы в мортмассе, как и в супесчаной почве, повышались к фазе выхода флага-листа на 33–92 % с последующим уменьшением к уборке в слое 0–10 см на 19–38 %, в то время как в слое 10–20 см они незначительно отличались от показателей, полученных при 2-м отборе, отклонения не превышали 6 % (исключение варианты с заделкой соломы и ее обработкой удобрением Жыцень, где снижение достигло 19–24 %). В блоке с дискованием в слое 0–10 см суглинистой почвы наблюдаемые тенденции по азоту зависели от применяемых систем удобрения. При минеральной системе удобрения отмечена относительная стабильность в его запасах на протяжении всего периода наблюдений. При органоминеральной системе удобрения в вариантах с внесением подстилочного навоза, заделкой соломы и ее обработкой удобрением Жыцень или компенсирующей дозой азота в виде КАС установлено увеличение запасов азота,

сосредоточенных в ММ, от начала активной вегетации к фазе выхода флаг-листа на 12–42 %, в варианте без удобрений изменений в этот срок не наблюдалось. К фазе созревания снижение запасов азота в ММ составило 18–25 % по сравнению со 2-м отбором. В нижнем слое при поверхностной обработке почвы отмечено увеличение запасов к фазе выхода флаг-листа на 12–42 % по сравнению с 1-м отбором, которые оставались на таком же уровне к уборке.

В супесчаной почве для сезонной динамики фосфора в блоке со вспашкой в пахотном слое характерно уменьшение его запасов в ММ от фазы кущения озимой пшеницы к фазе выхода флаг-листа на 11–30 % и увеличение к созреванию на 12–41 %. При этом в варианте с применением удобрения Жыцень в обоих слоях, а также в слое 10–20 см на фоне внесения минеральных удобрений и при обработке соломы КАС запасы фосфора в ММ практически не менялись на протяжении всего периода исследований. В нижнем слое при запашке чистой соломы ко 2-му отбору запасы фосфора снизились всего на 8 %, а к 3-му – выросли на 24 %.

В блоке с дискованием характер динамики запасов фосфора в мортмассе в слое 0–10 см супесчаной почвы различался в зависимости от системы удобрения. В вариантах с внесением подстилочного навоза, заделкой соломы в верхний слой и ее обработкой удобрением Жыцень от начала вегетации к фазе выхода флаг-листа отмечена убыль запасов фосфора в ММ на 12–23 % по сравнению с 1-м отбором и стабилизация к уборке. В то же время при минеральной системе удобрения максимальная величина по этому показателю приурочена к фазе выхода флаг-листа (+28 % по сравнению с 1-м отбором) при небольшом снижении к уборке (на уровне 9 %); в варианте с применением КАС запасы фосфора в ММ снижались на протяжении всего срока исследований – убыль к концу вегетационного сезона достигла 29 % по сравнению с 1-м отбором.

В сезонной динамике фосфора в высококультуренной почве наблюдался резкий скачок в приросте его запасов в ММ по вспашке и дискованию в слоях 0–10 см и 10–20 см от начала вегетации к фазе выхода флаг-листа (+73–187 %) и затем снижение к уборке урожая на 21–58 % (кроме варианта с применением минеральных удобрений по вспашке, в котором в слое 10–20 см от 2-го отбора к 3-му запасы фосфора в ММ мало менялись).

Для динамики калия в супесчаной почве в блоке со вспашкой в слое 0–10 см характерно уменьшение его запасов в ММ на 18–36 % от начала вегетации к фазе выхода флаг-листа и повышение к уборке на 15–19 % относительно 2-го отбора. Исключение составили только варианты, где солому обрабатывали удобрением Жыцень и КАС, в которых наблюдалось постепенное снижение запасов калия в мортмассе от фазы кущения к созреванию на 22–36 %. Аналогичная тенденция в период исследований отмечена также по вспашке в слое 10–20 см и дискованию в слое 0–10 см: к уборке убыль его запасов в ММ по опытным вариантам составила 15–41 % и 32–44 % соответственно по сравнению с 1-м отбором. При минеральной системе удобрения в верхнем слое при дисковании, в отличие от остальных вариантов, данный показатель возрастал к фазе выхода флаг-листа (+14 %) и затем уменьшался к уборке на 30 %. Для динамики калия в нижнем слое этой почвы по дискованию характерно увеличение его накопления в ММ от фазы кущения к выходу флаг-листа на 8–30 % и снижение к уборке на 17–27 %.

Особенностью высококультуренной почвы являлось сходство в характере изменения запасов калия в мортмассе в период наблюдений независимо от приемов

ее обработки. В сезонной динамике наблюдалось снижение его запасов как по вспашке в слое 0–10 см (на 17 %), так и дискованию в слоях 0–10 см и 10–20 см (на 23–44 % и 9–22 %) к фазе выхода флаг-листа. К фазе созревания его прирост по сравнению со 2-м отбором составил 20–33 %, 26–80 % и 26–76 % соответственно. При этом в некоторых вариантах в слое 0–10 см наблюдалось постепенное увеличение запасов калия в ММ от возобновления вегетации к уборке: по вспашке при внесении подстилочного навоза (+43 %); по дискованию – в варианте, где солому обрабатывали КАС (+23 %). В верхнем слое исключение также составили варианты в блоке с традиционной обработкой почвы с запашкой соломы и при дисковании в варианте, где заделывали солому, обработанную удобрением Жыцень – запасы калия были довольно постоянными в течении всего срока наблюдений. В блоке со вспашкой в слое 10–20 см суглинистой почвы запасы калия в ММ постепенно увеличивались к уборке на 17–53 %.

В среднем по блокам при обоих способах обработки среднеокультуренной супесчаной почвы для сезонной динамики запасов N в мортмассе характерно увеличение к фазе выхода флаг-листа на 19–63 % и снижение к созреванию 23–40 % (рис. 1).

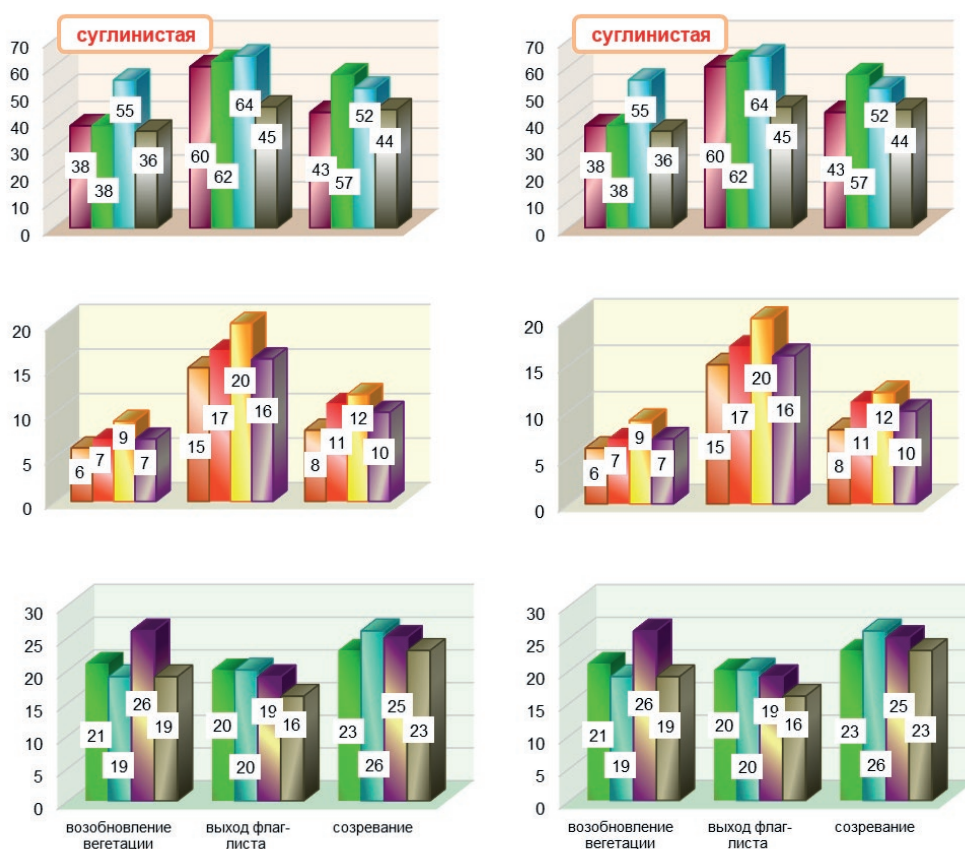


Рис. Влияния приемов основной обработки почвы на запасы элементов питания в мортмассе в дерново-подзолистых почвах разной степени окультуренности (в среднем по блоку), кг/га



В высококультурной суглинистой почве в слое 0–10 см как по вспашке, так и дискованию отмечена такая же тенденция, т. е. повышение запасов азота к середине вегетации (на 16–58 %) и уменьшение к ее завершению (на 19–28 %); в слое 10–20 см этот показатель также возрастал к фазе выхода флаг-листа на 25–63 % при дальнейшей относительной стабильности до уборки.

Для динамики фосфора в слое 0–10 см супесчаной почвы по вспашке отмечено уменьшение его запасов на 18 % от весеннего кущения к фазе выхода флаг-листа с последующим ростом к созреванию на 26 %, в слое 10–20 см они оставались практически постоянными на протяжении всего срока наблюдений; по дискованию в слое 0–10 см его запасы в ММ немного снижались от начала вегетации к уборке; в слое 10–20 см, наоборот, повышались (на 22 %). В суглинистой почве при используемых способах обработки в обоих слоях в среднем по опытным вариантам наблюдался довольно резкий прирост в запасах фосфора в мортмассе от начала весенней вегетации к фазе выхода флаг-листа (на 122–150 %) и затем снижение к уборке на 35–47 %.

По запасам калия в ММ в супесчаной почве по вспашке в обоих слоях отмечено уменьшение к середине вегетации (на 15–27 %), что сохранялось до уборки; в блоке с дискованием в слое 0–10 см – постепенное снижение к уборке в среднем на 35 %, в слое 10–20 см – некоторое повышение ко 2-му отбору (на 19 %) и уменьшение к 3-му (на 24 %). В суглинистой почве при отвальной обработке в изучаемых слоях запасы калия в ММ в среднем мало менялись от начала активной вегетации до фазы выхода флаг-листа, увеличиваясь только к фазе созревания на 15–30 %; при дисковании – его запасы снижались к середине вегетации на 16–27 % с последующим ростом к уборке на 32–44 %.

При обсуждении корреляционных связей между признаками предполагается, что показатели по запасам элементов питания, накопленных в мортмассе, в пахотном слое исследуемых дерново-подзолистых почв отражают их интегральное «накопленное» влияние в промежутке между отбором почвенных образцов.

По результатам исследований установлено, что на супесчаной почве при изучаемых способах обработки зависимость урожайности зерна от запасов азота мортмассы описывалась квадратичными уравнениями при высоком уровне коэффициента детерминации, который был довольно близким в период роста и развития растений озимой пшеницы ( $\eta^2_N = 0,87–0,97$ ) (табл. 5). Коэффициент детерминации на уровне 0,75 отмечен только в фазе кущения при традиционной обработке почвы, тем не менее связь урожая с запасами азота в ММ существенна при рассматриваемом объеме данных.

Выявлено также, что запасы в почве фосфора ММ значительно влияли на процесс формирования урожайности зерна в течение вегетации, что наглядно демонстрируют коэффициенты детерминации. Взаимосвязь между двумя этими показателями возрастала в межфазный период от кущения до выхода флаг-листа и затем несколько снижалась к фазе созревания. При этом на фоне дискования теснота связи между урожаем и запасами фосфора в мортмассе в начале и конце вегетации была немного выше, чем по вспашке; в середине – равноценна.

Урожайность зерна достоверно коррелировала с запасами в почве калия мортмассы в межфазный период от кущения до созревания как по дискованию ( $R^2_K = 0,73–0,92$ ), так и по вспашке (коэффициент детерминации 0,74–0,76); от посева до кущения – теснота связи была не существенной (по вспашке –  $\eta^2_K = 0,45$ , по дискованию –  $R^2_K = 0,60$ ).

На среднекультуренной супесчаной почве как по вспашке, так и дискованию лимитирующее влияние на формирование урожайности зерна озимой пшеницы от посева до кущения, а также период от фазы выхода флаг-листа до созревания оказали запасы азота мортмассы ( $\eta^2_N = 0,75-0,87$  и  $\eta^2_N = 0,91-0,93$  соответственно). В межфазный период от кущения до выхода флаг-листа по значимости влияния на урожай по вспашке превалировали азот ( $\eta^2_N = 0,96$ ) и фосфор ( $\eta^2_P = 0,89$ ), сосредоточенные в ММ, по дискованию – азот, фосфор и калий ( $\eta^2 = 0,89-0,97$ ).

Таблица 5

**Математические модели зависимости урожайности озимой пшеницы от запасов элементов питания в мортмассе в дерново-подзолистой супесчаной почве в отдельные фазы роста и развития**

Запас элемента питания	Межфазный период развития растений	Уравнения регрессии <sup>1</sup>	Коэффициент детерминации <sup>2</sup>
Вспашка			
Азот	посев – фаза кущения (главный побег и 2 побега кущения)	$y = -0,0068x^2 + 2,2775x - 134,25$	0,75 <sup>3</sup>
	кущение – фаза выхода флаг-листа	$y = -0,0044x^2 + 1,7861x - 124,29$	0,96
	фаза выхода флаг-листа – созревание	$y = -0,014x^2 + 4,1866x - 256,77$	0,93
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	посев – фаза кущения (главный побег и 2 побега кущения)	$y = -0,06x^2 + 8,5249x - 245,07$	0,66
	кущение – фаза выхода флаг-листа	$y = -0,0801x^2 + 9,9758x - 252,32$	0,89
	фаза выхода флаг-листа – созревание	$y = 0,9758x - 14,734$	0,70 <sup>3</sup>
K <sub>2</sub> O	посев – фаза кущения (главный побег и 2 побега кущения)	$y = -0,0506x^2 + 5,2854x - 79,86$	0,45
	кущение – фаза выхода флаг-листа	$y = -0,3004x^2 + 21,367x - 321,32$	0,76
	фаза выхода флаг-листа – созревание	$y = 2,4179x - 27,605$	0,74
Дискование			
Азот	посев – фаза кущения (главный побег и 2 побега кущения)	$y = -0,0121x^2 + 3,9696x - 261,56$	0,87
	кущение – фаза выхода флаг-листа	$y = -0,00003x^2 + 0,4434x - 36,7619$	0,97
	фаза выхода флаг-листа – созревание	$y = -0,046x^2 + 12,604x - 801,46$	0,91
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	посев – фаза кущения (главный побег и 2 побега кущения)	$y = -0,0669x^2 + 9,2717x - 259,81$	0,76
	кущение – фаза выхода флаг-листа	$y = -0,0656x^2 + 9,1494x - 258,56$	0,89
	фаза выхода флаг-листа – созревание	$y = 1,4094x - 40,86$	0,84
K <sub>2</sub> O	посев – фаза кущения (главный побег и 2 побега кущения)	$y = 1,4884x - 2,3804$	0,60
	кущение – фаза выхода флаг-листа	$y = 2,1916x - 28,461$	0,92
	фаза выхода флаг-листа – созревание	$y = 2,2137x - 9,3866$	0,73

<sup>1</sup> y – урожай озимой пшеницы, ц/га, x – запасы элементов питания в мортмассе, кг/га (слой 0–20 см); <sup>2</sup> – существенность связи при рассматриваемом объеме данных обнаруживается при R<sup>2</sup> ≥ 0,64; <sup>3</sup>R<sup>2</sup> – коэффициент детерминации для линейной связи,  $\eta^2$  – коэффициент детерминации для нелинейной связи.

При возделывании озимой пшеницы на высококультуренной суглинистой почве по вспашке наличие достоверной линейной корреляционной зависимости урожайности зерна с запасами азота, фосфора и калия, сосредоточенными в мортмассе, отмечено лишь в межфазный период от кущения до выхода флаг-листа ( $R^2_N = 0,72$ ,  $R^2_P = 0,66$ ,  $R^2_K = 0,67$ ) (табл. 6). Следует отметить, что эти данные согласуются с результатами, что касается запасов мортмассы в целом.

Таблица 6

**Коэффициенты детерминации урожайности зерна озимой пшеницы с запасами элементов питания в мортмассе в дерново-подзолистой суглинистой почве в течение вегетационного периода**

Способ обработки почвы	Межфазный период развития растений	$R^2_N$	$R^2_P$	$R^2_K$
Вспашка	посев – фаза кущения (главный побег и 2 побега кущения)	0,25	0,42	0,31
	кущение – фаза выхода флаг-листа	0,72	0,66	0,67
	фаза выхода флаг-листа – созревание	0,30	0,55	0,38
Дискование	посев – фаза кущения (главный побег и 2 побега кущения)	0,49	0,14	0,50
	кущение – фаза выхода флаг-листа	0,81	0,76	0,69
	фаза выхода флаг-листа – созревание	0,80	0,70	0,37

По дискованию урожайность зерна достоверно коррелировала с запасами в почве азота и фосфора мортмассы от кущения до созревания ( $R^2_N = 0,80-0,81$ ,  $R^2_P = 0,70-0,76$ ); до фазы кущения – теснота связи была не существенной. По взаимосвязи между урожайностью озимой пшеницы и запасами калия в мортмассе выявлено, что корреляция статистически значима только от фазы кущения до фазы выхода флаг-листа ( $R^2_K = 0,69$ ).

На дерново-подзолистой суглинистой почве ни один из исследуемых показателей к фазе кущения (главный побег и 2 побега кущения) не был доминирующим по влиянию на урожайность зерна озимой пшеницы, поскольку теснота связи между ними не существенна. В межфазный период от кущения до выхода флаг-листа по вспашке и дискованию лимитирующее влияние на урожайность оказывали запасы азота в мортмассе ( $R^2_N = 0,72-0,81$ ). К фазе созревания по дискованию значимость запасов азота мортмассы по влиянию на урожай также доминирует ( $R^2_N = 0,80$ ), в то время как по вспашке можно говорить лишь об устойчивой тенденции его зависимости от запасов фосфора в мортмассе ( $R^2_P = 0,55$ ).

## ВЫВОДЫ

В высоко- и среднекультуренных почвах концентрация азота, фосфора и калия в мортмассе практически не зависела от применяемых агроприемов, различия по их запасам в большей степени определялись ее количеством в вариантах опыта и сроком отбора почвенных образцов.

Наибольшие запасы азота в ММ в удобренных вариантах независимо от приемов обработки исследуемых почв отмечены к фазе выхода флаг-листа. По фосфору четко выраженный максимум запасов в суглинистой почве также отмечен в эту фазу; в супесчаной – наблюдаемые тенденции зависели от применяемых агроприемов. Наиболее высокие запасы калия в ММ в супесчаной почве по вспашке (0–20 см) и дискованию в слое 0–10 см обнаружены в начале вегетации, в слое 10–20 см – к фазе выхода флаг-листа. В суглинистой почве наибольшие запасы калия в нижнем слое по вспашке и дискованию установлены перед уборкой; ярко выраженного максимума в верхнем слое по вспашке не наблюдалось, по дискованию его запасы в начале и конце вегетации были практически равноценны и меньше в фазу выхода флаг-листа.

По опыту максимальные запасы элементов питания в ММ в суглинистой почве получены в блоке с дискованием в слое 0–10 см при органоминеральной системе удобрения с внесением 40 т/га подстилочного навоза – прирост по азоту, фосфору и калию в зависимости от срока отбора составил 30–79 %. В супесчаной почве наиболее благоприятным агрохимическим фоном с точки зрения накопления элементов питания в мортмассе весной в фазу кущения (главный побег и 2 побега кущения) являлась органоминеральная система удобрения с обработкой соломы удобрением Жыцень также по дискованию в слое 0–10 см (их запасы увеличились на 47–58 %); в последующие сроки отбора – четких тенденций не выявлено.

Установлена взаимосвязь между урожайностью зерна и запасами элементов питания, сосредоточенных в мортмассе, на высоко- и среднеокультуренных дерново-подзолистых почвах. На супесчаной почве как по вспашке, так и по дискованию лимитирующее влияние на формирование урожая зерна от посева до кущения, а также в период от фазы выхода флаг-листа до созревания оказали запасы азота мортмассы ( $\eta^2_N = 0,75-0,87$  и  $\eta^2_N = 0,91-0,93$  соответственно). В межфазный период от кущения до выхода флаг-листа по значимости влияния на урожай по вспашке превалировали азот ( $\eta^2_N = 0,96$ ) и фосфор ( $\eta^2_P = 0,89$ ), сосредоточенные в ММ, по дискованию – азот, фосфор и калий ( $\eta^2 = 0,89-0,97$ ). На суглинистой почве ни один из исследуемых показателей в фазе кущения (главный побег и 2 побега кущения) не был доминирующим по влиянию на урожайность зерна, поскольку теснота связи между ними не существенна. В межфазный период от кущения до выхода флаг-листа по вспашке и дискованию лимитирующее влияние на урожайность оказывали запасы азота в мортмассе ( $R^2_N = 0,72-0,81$ ). К фазе созревания по дискованию значимость запасов азота мортмассы по влиянию на урожай также доминирует ( $R^2_N = 0,80$ ), в то время как по вспашке можно говорить лишь об устойчивой тенденции его зависимости от запасов фосфора в мортмассе ( $R^2_P = 0,55$ ).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ганжара, Н. Ф.* Гумус, свойства почв и урожай / Н. Ф. Ганжара // Почвоведение. – 1998. – № 7. – С. 812–819.
2. *Жуков, А. И.* Потери и воспроизводство гумуса в земледелии Нечерноземной зоны РСФСР / А. И. Жуков // Химизация сельского хозяйства. – 1990. – № 5. – С. 8–11.
3. *Горбылева, А. М.* Совершенствование методов оценки показателей, характеризующих оптимальные свойства дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы / А. М. Горбылева // Почва – удобрение – плодородие – урожай: материалы

Международ. науч.-практ. конф., Минск, 16–18 фев. 2009 г. / Ин-т почвоведения и агрохимии; редкол.: В. В. Лапа [и др.]. – Минск, 2009. – С. 35–36.

4. *Ганжара, Н. Ф.* Гумусообразование и агрономическая оценка органического вещества почв / Н. Ф. Ганжара, Б. А. Борисов. – М.: Агроконсалт, 1997. – 82 с.

5. Роль гумуса в формировании урожая сельскохозяйственных культур / В. Б. Воробьев [и др.] // Современные проблемы повышения плодородия почв и защиты их от деградации: материалы Международ. науч.-практ. конф., Минск, 27–29 июня 2006 г. / Ин-т почвоведения и агрохимии; редкол.: В. В. Лапа [и др.]. – Минск, 2006. – С. 63–65.

6. *Шевцова, Л. К.* Содержание гумуса в почвах Нечерноземья при длительном удобрении / Л. К. Шевцова, Ю. А. Дробков // Почвоведение. – 1981. – № 10. – С. 113–120.

7. *Шарков, И. Н.* Концепция воспроизводства гумуса в почвах / И. Н. Шарков // Агрохимия. – 2011. – № 12. – С. 21–27.

8. *Завьялова, Н. Е.* Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на трансформацию органического вещества дерново-подзолистой почвы / Н. Е. Завьялова, А. И. Косолапова, В. Р. Ямалтдинова // Агрохимия. – 2005. – № 6. – С. 5–10.

9. *Жуков, А. И.* Гумус и урожайность зерновых культур на дерново-подзолистой супесчаной почве / А. И. Жуков, Л. В. Сорокина, В. В. Мосалева // Почвоведение. – 1993. – № 1. – С. 55–61.

10. *Шевцова, Л. К.* Моделирование трансформации и баланса гумуса дерново-подзолистых почв на основе информационной базы длительных опытов / Л. К. Шевцова, И. В. Володарская, Е. В. Горбунов // Агрохимия. – 2000. – № 9. – С. 5–10.

11. *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. участием), С.-Петербург, 14–15 октября 2010 г. / АФИ Россельхозакадемии, СибФТИ Россельхозакадемии. – С.-Петербург, 2010. – С. 149–153.

12. *Русакова, И. В.* Влияние соломы и пожнивного сидерата на запасы морт-массы и содержание в ней элементов питания / И. В. Русакова // Владимирский земледелец. – 2019. – № 4(90). – С. 46–50.

13. *Власенко, О. А.* Влияние Запасы легкоминерализуемого органического вещества при возделывании пропашных кормовых культур в Красноярской лесостепи / О. А. Власенко // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 9. – С. 157–165.

14. *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 / Н. Ф. Балабанова; СибНИИСХ. – Новосибирск, 2013. – 19 с.

15. *Балабанова, Н. Ф.* Влияние длительного применения удобрений в зернотравяном севообороте на содержание лабильного органического вещества в лугово-черноземной почве / Н. Ф. Балабанова, Н. А. Воронкова // Агрохимия. – 2015. – № 1. – С. 16–22.

16. Влияние пожнивных остатков на состав органического вещества чернозема, выщелоченного в лесостепи Западной Сибири / И. Н. Шарков [и др.] // Почвоведение. – 2014. – № 4. – С. 473–479.

17. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

**THE CONTENT AND STOCKS OF NUTRIENTS IN MORTMASS,  
DEPENDING ON FERTILIZER SYSTEMS AND PROCESSING  
TECHNIQUES OF HIGH- AND MEDIUM-CULTIVATED  
SOD-PODZOLIC SOILS**

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

**Summary**

The influence of tillage techniques and fertilizer systems on the content and stocks of nutrients in mortmass in layers of 0–10 cm and 10–20 cm of sod-podzolic soils has been established, the dynamics of stocks during the winter wheat vegetation has been studied; the relationship between grain yield and stocks of nitrogen, phosphorus and potassium mortmass in soils was determined.

*Поступила 13.12.23*