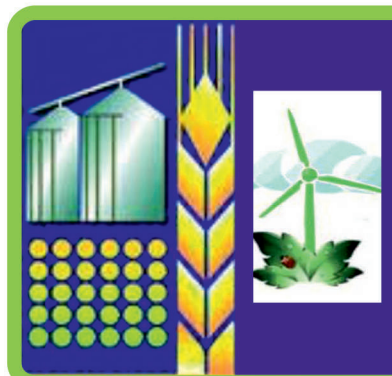




РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ, АГРОХИМИИ, СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВЕ

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE, AGROCHEMISTRY, BREEDING AND SEED PRODUCTION

УДК 631.81: 631.417.2 (445.4)

DOI:10.31677/2311-0651-2020-29-3-95-105

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ГУМУСОВОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЁМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ В АГРОЦЕНОЗАХ

Л. П. Галеева, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Новосибирский государственный аграрный университет

E-mail: liub.galeeva@yandex.ru

Ключевые слова: гумус, содержание и запасы гумуса, чернозём выщелоченный, агроценоз, минеральные удобрения, фракционный состав гумуса, микробный углерод.

Реферат. В мелкоделяночном и полевом опытах установлено, что содержание и запасы гумуса в слое 0–20 см чернозёма выщелоченного, используемого 20 и 50 лет в пашне, были средними. Азотно-фосфорные и полные минеральные удобрения, вносимые вразброс, в рядки и локально в почву, поддерживали их в пахотном и подпахотном слое почвы. Возделывание пшеницы без удобрений не влияло на количество общего органического углерода (С, %) и гуминовых кислот (ГК) в составе гумуса чернозёма, используемого 50 лет в пашне. Минеральные удобрения, с одной стороны, поддерживали содержание органического углерода в составе гумуса; с другой – изменяли его качество: уменьшали содержание ГК, а в их составе, прежде всего, фракций ГК1 и ГК3 и не влияли на содержание ГК2. Наибольшие изменения этих показателей происходили при локальном внесении удобрений. При выращивании пшеницы без удобрений в пахотном слое почвы увеличивалась доля фульвокислот (ФК), в основном за счёт фракций ФК 3. Удобрения при всех способах внесения в почву, кроме локального, не влияли на содержание ФК и фракции ФК 1а в их составе и значительно увеличивали ФК 1. Локализация удобрений в почву на глубину 10–12 см заметно уменьшала количество ФК и всех их фракций, кроме ФК 1. Использование чернозёма в пашне без применения удобрений приводило к уменьшению на 26 % в составе гумуса самой устойчивой его части – гуминов. Минеральные удобрения, в зависимости от способа внесения, повышали устойчивость гумуса за счёт увеличения в его составе на 18; 24 и 80 % гуминов по сравнению с контролем. Возделывание зерновых культур без применения удобрений уменьшало отношение $C_{ск} : C_{фк}$ с 1,7 до 1,4, увеличивая подвижность гумуса. Удобрения поддерживали качество гумуса по сравнению с контролем, а локальное их внесение увеличивало отношение $C_{ск} : C_{фк}$ до 1,8. Использование чернозёма выщелоченного в пашне более 50 лет способствовало большему накоплению микробного углерода в контроле, чем в 20-летней пашне, а при внесении минеральных удобрений в рядки – наоборот. Наибольшую эффективность минераль-

ные удобрения проявляли при рядковом внесении в дозах N43P43K43 в 50-ти летней пашне и P20 на фоне N60P20 в 20-летней пашне, позволяя получить прибавку урожайности яровой пшеницы к контролю 26 и 54 % в действии и 20 % овса в последствии.

INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS ON THE HUMUS STATE OF LEACHED CHERNOZEM NOVOSIBIRSK PROB'YA IN AGROCENOSIS

L. P. Galeeva, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor

Novosibirsk State Agrarian University

Key words: humus, humus content and reserves, leached chernozem, agrocenosis, mineral fertilizers, fractional composition of humus, microbial carbon.

Abstract. *In small-scale and field experiments, it was found that the content and reserves of humus in the 0–20 cm layer of leached Chernozem used for 20 and 50 years in arable land were average. Nitrogen-phosphorus and full mineral fertilizers, applied randomly, in rows and locally in the soil, supported them in the arable and sub-arable soil layer. Wheat cultivation without fertilizers did not affect the amount of total organic carbon (C, %) and humic acids (ha) in the humus of Chernozem used for 50 years in arable land. Mineral fertilizers, on the one hand, supported the content of organic carbon in the humus; on the other hand, they changed its quality: they reduced the content of ha, and in their composition, first of all, the fractions of GK1 and GK3, and did not affect the content of GK2. The greatest changes in these indicators occurred during local fertilization. When growing wheat without fertilizers in the arable soil layer, the proportion of fulvic acids (FC) increased, mainly due to the fractions of FC 3. Fertilizers with all methods of application to the soil, except local, did not affect the content of FC and the fraction of FC 1A in their composition and significantly increased FC 1. Localization of fertilizers in the soil to a depth of 10–12 cm significantly reduced the number of FC and all their fractions, except FC 1. The use of Chernozem in arable land without the use of fertilizers led to a 26% reduction in the composition of humus of its most stable part – humins. Mineral fertilizers, depending on the method of application, increased the stability of humus by increasing its composition by 18; 24 and 80% of humins compared to the control. Cultivation of grain crops without the use of fertilizers reduced the ratio of SGC: SFC from 1.7 to 1.4, increasing the mobility of humus. Fertilizers maintained the quality of humus in comparison with the control, and their local application increased the ratio of SGC: The use of leached Chernozem in arable land for more than 50 years contributed to a greater accumulation of microbial carbon in the control than in 20-year-old arable land, and when applying mineral fertilizers to rows – the opposite. Mineral fertilizers showed the greatest efficiency when applied in a row in doses of N43P43K43 in 50-year-old arable land and P20 against the background of N60P20 in 20-year-old arable land, allowing you to get an increase in the yield of spring wheat to the control of 26 and 54% in action and 20% of oats in aftereffect.*

Органическое вещество почв – главный элемент их плодородия. Интенсивное воздействие на почву в условиях агроценозов нередко приводит к ухудшению её гумусного состояния [1–4]. На территории Западной Сибири на долю почв с низким и очень низким содержанием гумуса приходится 30 %, со средним и повышенным – 57, а почвы с высоким и очень высоким содержанием гумуса составляют всего 13 % площади [5].

В почвах агроценозов по сравнению с их целинными аналогами за счёт ускорения процесса минерализации гумуса создаётся разомкнутый баланс органического вещества, приводящий к повышению доступных для растений форм питательных веществ. Содержание гумуса в почве постепенно уменьшается, в основном за счёт так называемого молодого, активного, наиболее подвижного гумуса, принимающего непосредственное участие в образовании структуры почвы, пополнении в ней содержания питательных веществ и их влиянии на урожайность культур [6, 7].

Потери гумуса за период экстенсивного использования чернозёмов на протяжении последних 100–150 лет по сравнению с их целинными аналогами составили 29–36 % от их основных запасов [8]. Установлено, что при трансформации природных фитоценозов снижение содержания гумуса происходит до определенного уравновешенного уровня с не большими изменениями (стабилизация или увеличение) его содержания и запасов и зависит от системы земледелия. При этом происходит расширение отношения $C_{гк} : C_{фк}$, повышается подвижность гумуса, а также возрастает его обеднение азотом. Интенсивность и глубина изменений количественных и качественных показателей гумуса зависят также от длительности использования почв и климатических факторов. Если с начала распашки целины и залежи систематически вносить удобрения, то можно поддерживать исходный уровень содержания гумуса в почвах. Стабилизация содержания гумуса в почве стационарных опытов происходит в течение 30–50 лет. Установлено, что в окультуренных почвах, в которые постоянно вносили повышенные дозы удобрений, запасы гумуса на 10–15 % больше, чем в старопахотных почвах, длительно используемых в экстенсивном земледелии без систематического применения органических или органоминеральных удобрений, а иногда и в целинных аналогах. В чернозёмах лесостепной зоны относительная разница в содержании гумуса может составлять 7–30 % к исходному, а в отдельных слоях некоторых почв она уменьшается более чем на 50 %. Такая разница обусловлена или перераспределением органического вещества по профилю при перепашке, или эрозионными процессами [2, 4, 5].

По данным исследований И. Н. Шаркова и др. [9], в условиях Западной Сибири наибольшие потери углерода за вегетационный период происходят в выщелоченных чернозёмах – 1,9–3,7 т/га, в тёмно-серых лесных – 1,3–2,1 и каштановых почвах – 0,8–1,5 т/га. В целом за вегетационный период минерализуется примерно 50 % углерода биомассы, при этом минерализация растительных остатков в почве под покровом растений протекает примерно на 15 % менее интенсивно, чем в пару. Поддержание равновесного уровня содержания гумуса в пределах 5–6 % в чернозёмах выщелоченных, используемых в длительных полевых севооборотах, возможно за счёт растительных остатков зерновых культур. Такое содержание превышает критический уровень гумуса в этих почвах – 3,5–4,0 %. Снижение урожайности сельскохозяйственных культур и связанное с ним уменьшение поступления в почву свежего органического вещества немного увеличивает консервативность гумуса, но не оказывает существенного влияния на его общее содержание в пахотном слое.

Цель данных исследований – изучить влияние минеральных удобрений на изменение гумусового состояния чернозёмов выщелоченных, используемых более 20 и 50 лет в пашне зерновых агроценозов.

Исследования выполнены на учебно-опытном поле в п. Краснообск (пашня более 20 лет) и учхозе «Тулинское» НГАУ (пашня более 50 лет) в северной лесостепи Приобья. Изучали влияние минеральных удобрений, внесённых разными способами, на гумусовое состояние чернозёмов выщелоченных среднесуглинистых иловато-крупнопылеватых.

Почти все агрохимические показатели пахотного слоя почв перед закладкой опытов, несмотря на прежнее разное использование и длительность, имели очень близкие агрохимические показатели: среднее содержание гумуса, слабощелочную pH, повышенное содержание подвижного (Q) и низкое легкодоступного (I) фосфора, высокое – обменного калия (табл. 1). Исключение составил нитратный азот, обеспеченность которым в слое почвы 0–40 см бывшего овощного агроценоза на орошении почти в 2 раза была выше, чем в зерновом [10].

Таблица 1

Агрохимические показатели чернозёмов выщелоченных (слой почвы 0–20 см)

Вариант	Гумус, %	рН	N	P	Обменные основания, ммоль-экв/100 г	Ca,%	N-NO ₃	P ₂ O ₅		K ₂ O
								I	Q	
			%					мг/кг		
Пашня более 20 лет, мел- коделяночный опыт (быв- ший овощной агроценоз)	5,70	7,17	0,266	0,191	38,8	77,1	13,1/19,3*	0,38	109,8	153,4
Пашня более 50 лет, поле- вой опыт (бывший зер- но-пропашной агроценоз)	5,52	7,11	0,231	0,172	37,3	78,8	5,3/10,8	0,44	121,9	134,5

* В числителе – в слое 0–20 см; в знаменателе – в слое 0–40 см.

Варианты мелкоделяночного опыта: 1. Контроль (без удобрений). 2. N₆₀P₄₀ вразброс под осеннюю перекопку. 3. N₆₀P₂₀ вразброс под осеннюю перекопку + P₂₀ весной в рядки при посеве с семенами. 4. N₆₀P₄₀ локально на глубину 10–12 см весной. Повторность опыта четырёхкратная, площадь делянки 3,5 м² (0,5 x 7). Азотные удобрения вносили в виде аммиачной селитры (34 %), фосфорные – в виде двойного гранулированного суперфосфата (43 %). В течение двух лет выращивали яровую пшеницу Новосибирская 29, на третий год – овёс Краснообский. Норма высева пшеницы – 500, овса – 600 зёрен на 1 м².

Варианты полевого опыта: 1. Контроль (без удобрений). 2. Разбросное внесение удобрений (вручную перед весенней культивацией). 3. Рядковое внесение (сеялкой СН-16 при посеве с семенами). 4. Локальное внесение (врезание сеялкой СН-16 на глубину 10–12 см перед посевом). Минеральные удобрения вносили в виде азофоски (16 % д.в. – 1:1:1) во все поля звена севооборота: «пар чистый – пшеница – пшеница – пшеница», кроме чистого пара в дозе 43 кг д.в./га. Повторность опыта четырёхкратная, площадь делянки 75 м² (5 x 15), расположение делянок – ярусное. В опыте выращивали яровую пшеницу сорта Новосибирская 29 и овёс сорта Краснообский.

Все работы в мелкоделяночном опыте выполнены вручную, а в полевом – согласно агротехнике возделывания зерновых культур, принятой для лесостепной зоны.

Урожайность зерновых культур учтена поделочно и пересчитана на 14 %-ю влажность и 100 %-ю чистоту. Борьбу с сорняками проводили опрыскиванием посевов препаратом Гепард-экстра КЭ (100 + 27 г/л) из расчёта 0,6 л /га. Отбор почвенных образцов выполнен с двух несмежных повторностей бурением до глубины 100 см через 20 см ежегодно весной до посева и осенью перед уборкой.

Содержание гумуса в почве определяли по методу Тюрина, фракционно-групповой состав гумуса – по полной схеме Пономарёвой и Плотниковой; рН – потенциометрически; обменные основания и обменный кальций – трилометрическим методом, общий азот – по Кьельдалю, Иодльбауэру; фосфор – по Гинзбург и др.; нитратный азот – по Грандваль-Ляжу; подвижный фосфор (фосфатная ёмкость Q) и обменный калий – по Чирикову [11]; легкодоступный фосфор (степень подвижности I) – по Карпинскому, Замятиной [12]; содержание микробного углерода – фумигационным способом [13].

Статистическая обработка данных выполнена методом вариационного и дисперсионного анализа с помощью пакета программ Снедекор [14].

Установлено [2], что основные потери гумуса из чернозёмов Западной Сибири в условиях длительного использования их в пашне происходят в первые 30 лет. Нами в условиях мелкоделяночного и полевого опытов показано, что содержание и запасы гумуса в слое 0–20 см чернозёмов, используемых 20 и 50 лет в пашне, были средними и варьировали в пределах 5,3–5,6 и 5,7–6,3 %, или 107–111 и 114–127 т/га соответственно. Удобрения, вносимые разными спо-

собами в течение трех лет, поддерживали их в пахотном и подпахотном слое обоих вариантов (рис. 1).

Согласно Н.Ф. Ганжара, В.А. Васильеву [15], заметное влияние на свойства почвы может оказывать изменение содержания в ней гумуса на 0,5% или на 0,3% – углерода (С). Следовательно, азотно-фосфорные и азотно-фосфорно-калийные удобрения, поддерживая содержание гумуса в чернозёме выщелоченном, не должны были оказать существенного влияния на изменение его свойств. Фосфорные удобрения, внесённые вразброс в дозе 120 кг д.в./га в почву в мелкоделяночном опыте, улучшая развитие корневой системы зерновых культур, поддерживали содержание и запасы гумуса в слое 0–20 и незначительно увеличивали их в слое 20–40 см.

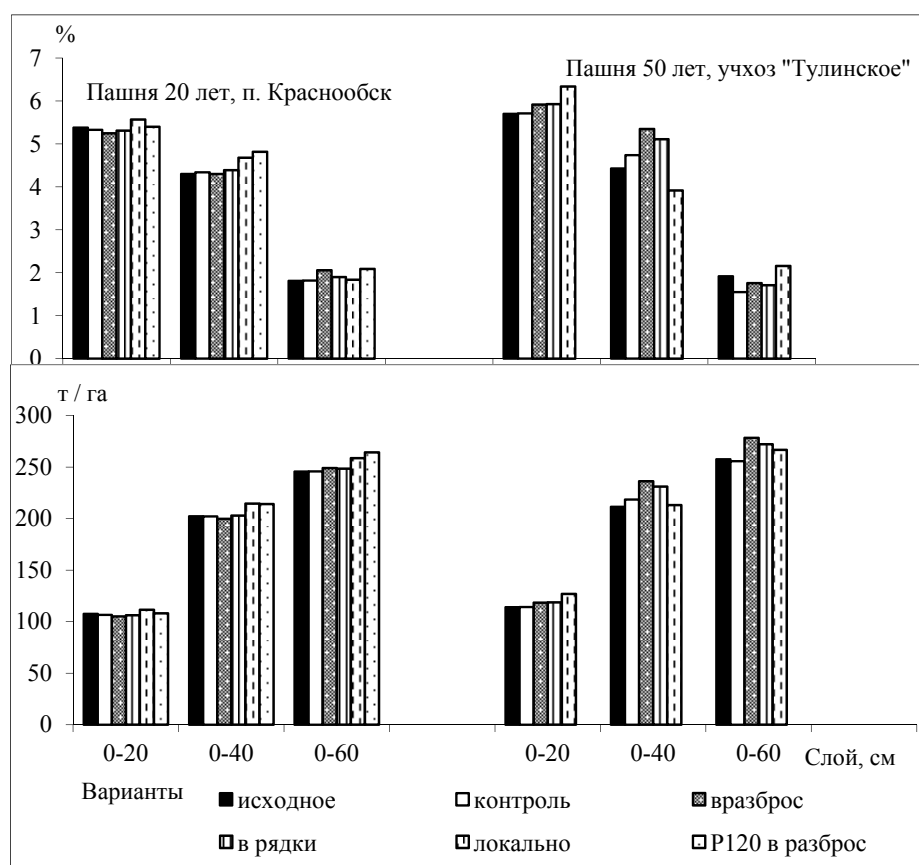


Рис. 1. Влияние способов внесения минеральных удобрений на содержание (%) и запасы (т/га) гумуса в чернозёме выщелоченном

Б.М. Кленов [2] указывает, что, распашка и последующее использование выщелоченных чернозёмов в земледелии приводят к значительному снижению гуматности и возрастанию фульватности гумуса, уменьшению количества ГК, связанных с Са, в основном фракций 2 и 3, и группы гумина, т.е. самых устойчивых фракций. По нашему же мнению [10], при систематическом внесении удобрений, особенно азотных, в составе гумуса повышается содержание гуминовых кислот и, в частности, ГК, связанных с кальцием и полуторными оксидами (фракции 2 и 3).

Анализ фракционного состава гумуса чернозёма учхоза, используемого более 50 лет в пашне, показал, что возделывание пшеницы в течение трех лет без внесения удобрений (контроль) не влияло на количество общего органического углерода (С,%) и гуминовых кислот (ГК). При этом в составе ГК на 43% увеличивалось содержание их наиболее активной фракции – ГК 1 (свободные и связанные с полуторными оксидами кислоты), а количество других фракций ГК

практически не изменялось (табл. 2). Минеральные удобрения (азофоска) в течение трех лет применения не влияли на содержание общего органического углерода, но приводили к уменьшению ГК. В составе ГК на 26–35 % по сравнению с контролем уменьшалась фракция ГК1, коэффициент вариации (К) составил 18,1 %. Удобрения, внесённые в рядки и локально, усиливали подвижность ГК 3, уменьшая их долю в составе ГК на 21 и 44 %, а коэффициент вариации при этом возрастал до 24,8 %. В целом, количество ГК достоверно уменьшалось только при локальном внесении удобрений (на 12 %).

Таблица 2

Фракционный состав гумуса чернозёма выщелоченного в слое 0–20 см при разных способах внесения минеральных удобрений в течение трех лет; (учхоз «Тулинское»)

Показатели		Исходное содержание	Контроль (без удобрений)	N ₄₃ P ₄₃ K ₄₃			Коэффициент вариации, %
				вразброс	в рядки	локально	
Общий органический C, % к почве		3,05	2,89	3,07	3,00	3,26	
Гуминовые кислоты	1	4,6	6,6	4,9	4,7	4,3	18,1
	2	30,1	30,1	29,6	30,3	31,0	1,7
	3	10,5	9,3	8,8	7,3	5,2	24,8
	сумма	45,2	46,0	43,3	42,3	40,5	
Фульвокислоты	1a	2,6	3,1	2,9	3,0	2,5	9,1
	1	3,3	1,7	2,3	5,0	3,4	40,0
	2	12,1	13,2	13,0	14,3	6,4	26,4
	3	9,2	15,6	13,0	11,3	10,4	20,9
	сумма	27,2	33,6	31,2	33,6	22,7	
Серноокислый гидролизат		72,4	79,6	74,6	76,0	63,2	
Негидролизуемый остаток		27,6	20,4	25,4	24,0	36,8	
C _{гк} : C _{фк}		1,7	1,4	1,4	1,3	1,8	

Следовательно, минеральные удобрения, с одной стороны, не влияли на количество органического углерода в составе гумуса, а с другой – изменяли его качественный состав: уменьшали содержание ГК, а в их составе, прежде всего, фракций ГК1 и ГК3 и не влияли на содержание ГК2. Наибольшие изменения происходили при локальном внесении удобрений.

Возделывание зерновых культур на чернозёме выщелоченном без применения удобрений увеличивало на 23 % в составе гумуса пахотного слоя количество фульвокислот (ФК). Оно пополнялось в основном за счёт увеличения на 70 % фракции ФК 3. Удобрения только при локальном внесении в почву достоверно уменьшали количество ФК (на 32 %), а в их составе на 19; 51 и 33 % содержание 1a, 2-й и 3-й фракций соответственно. При других способах внесения удобрения не влияли на содержание ФК и фракции ФК 1a в том числе, и увеличивали на 35; 100 и 194 % количество ФК 1. Наибольшие изменения в составе ФК происходили со всеми фракциями, кроме ФК1a, где коэффициенты вариации составили 40; 26 и 21 % соответственно.

Таким образом, возделывание пшеницы без удобрений увеличивало в пахотном слое чернозёма долю ФК, в основном за счёт фракций ФК 3. Удобрения при всех способах внесения в почву, кроме локального, не влияли на содержание ФК и ФК 1a и значительно увеличивали при этом количество ФК 1 в составе ФК. Локализация удобрений в почву на глубину 10–12 см значительно уменьшала количество всех фракций ФК, кроме ФК 1.

Самая устойчивая к растворению часть гумуса – негидролизуемый остаток, или гумины, это – та часть, которая остаётся после выделения из гумуса ГК и ФК. Использование чернозёма в пашне без применения удобрений приводило к потере этой части гумуса на 26 %. По мнению Б. М. Кленова [2], это может быть обусловлено природой гуминов, в составе которых преобладают лигнифицированные остатки, которые из-за своей неустойчивости обусловли-

вают в значительной степени общие потери углерода. ФК, наоборот, имеют более высокую устойчивость и обеспечивают некоторое восполнение углерода в почве. Минеральные удобрения, применяемые в течение трех лет, повышали устойчивость гумуса за счёт существенного роста в его составе гуминов. Их содержание в почве в зависимости от способа внесения удобрений возрастало на 18; 24 и 80 % соответственно по сравнению с контролем, а наибольшим оно было при локальном внесении удобрений.

Изменения содержания ГК и ФК в составе гумуса влияли на отношение $C_{гк} : C_{фк}$ – чем оно больше, тем устойчивее гумус и плодородие почвы. Возделывание зерновых без применения удобрений уменьшало это отношение с 1,7 до 1,4. Удобрения при всех способах их внесения поддерживали качество гумуса по сравнению с контролем, а локальное их внесение увеличивало отношение $C_{гк} : C_{фк}$ в пахотном слое с 1,3 до 1,8.

В условиях недостатка влаги и избытка тепла за вегетационный период в годы исследований азотно-фосфорные удобрения, внесённые вразброс, интенсивно потреблялись зерновыми культурами. Наилучшие условия для поглощения углерода микроорганизмами при применении минеральных удобрений в среднем за три года в чернозёме п. Краснообск складывались при рядковом внесении (рис. 2). Содержание микробиального углерода в пахотном и в слое 0–40 см было в 1,7 и 2 раза соответственно больше, чем при локальном. Меньше всего микробного углерода накапливалось в пахотном слое контроля (без удобрений), а в слое 0–40 см его содержалось столько же, сколько при локальном внесении удобрений.

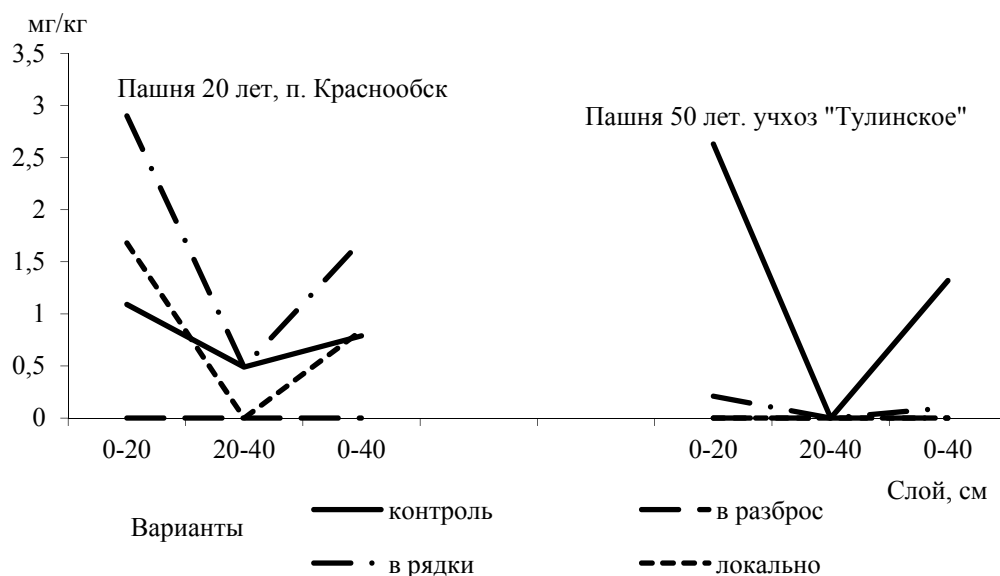


Рис. 2. Влияние удобрений, внесённых разными способами, на содержание микробного азота в чернозёме выщелоченном

В чернозёме учхоза «Тулинское» наибольшее количество микробного углерода накапливалось в контроле, где его было в 2,4 раза больше, чем в чернозёме п. Краснообск, что свидетельствовало о более высокой микробиологической активности первого, обусловленной более длительным использованием почвы в пашне (50 лет). Азотно-фосфорно-калийные удобрения только при рядковом внесении способствовали накоплению микробного углерода в пахотном слое почвы, но его было в 14 раз меньше, чем в чернозёме п. Краснообск. Следовательно, использование чернозёма выщелоченного в пашне более 50 лет обуславливало его бóльшую микробиологическую активность по сравнению с 20-летней пашней. Наибольшее количество микробного углерода в пахотном слое 20-летней пашни на чернозёме выщелоченном накапливалось при рядковом внесении минеральных удобрений.

Наибольшую эффективность в отношении урожайности яровой пшеницы в зерновом агроценозе на чернозёме выщелоченном п. Краснообск показывали фосфорные удобрения в дозе 20 кг д.в./га, внесённые в рядки при посеве с семенами на фоне $N_{60}P_{20}$ (табл. 3). В оба года исследований здесь получена высокая достоверная прибавка урожайности – 67 и 41 % к контролю. При возделывании овса заключительной культурой достоверная прибавка его урожайности отмечена только при разбросном внесении удобрений – 12 %, остальные способы внесения удобрений были неэффективны.

Абсолютная урожайность яровой пшеницы в первые 2 года исследований на чернозёме выщелоченном учхоза «Тулинское» в 1,3–1,8 раза превышала таковую в п. Краснообск. При этом в 1-й и 2-й год применения удобрений во всех вариантах прибавка урожайности к контролю была недостоверной. Лишь на 3-й год удобрения при разбросном и рядковом внесении проявили эффективное влияние на урожайность яровой пшеницы, прибавка которой к контролю составила 58 и 70 % соответственно. В среднем за 3 года наибольший эффект от удобрений получен при рядковым внесении P_{20} на фоне $N_{60}P_{20}$ вразброс. Такая же закономерность поведения минеральных удобрений в этом варианте наблюдалась и в 1-й год их последствий, когда прибавка урожайности овса составила 20 %.

Таблица 3

Влияние способов внесения удобрений на урожайность зерновых культур на чернозёмах выщелоченных, ц/га

Вариант (А) Культура севооборота (В)	Контроль (без удобрений)	$N_{60}P_{40}$ вразброс	$N_{60}P_{20}$ вразброс + P_{20} в рядки	$N_{60}P_{40}$ локально	P_{120} вразброс
<i>Пашня 20 лет, п. Краснообск</i>					
Пшеница по картофелю	9,3	<u>11,2 / +1,9*</u> 20,4**	<u>15,5 / +6,2</u> 66,7	<u>11,0 / +1,7</u> 18,3	-
Пшеница по пшенице	14,0	<u>17,0 / +3,0</u> 21,4	<u>19,8 / +5,8</u> 41,4	<u>16,2 / +2,2</u> 15,7	<u>18,1 / +4,1</u> 29,3
Овёс по пшенице	52,0	<u>58,4 / +6,4</u> 12,3	<u>51,9 / -0,1</u> 0,0	<u>48,0 / -4,0</u> 0,0	-
НСР ₀₅ А-5,6; НСР ₀₅ В-4,9					
<i>Пашня 50 лет, учхоз «Тулинское»</i>					
Вариант (А) Культура севооборота (В)	Контроль (без удобрений)	$N_{43}P_{43}K_{43}$			-
		в разброс	в рядки	локально	
Пшеница по картофелю	19,2	<u>20,0 / +0,8</u> 4,2	<u>21,5 / +2,3</u> 12,0	<u>20,2 / +1,0</u> 5,2	-
Пшеница по пшенице	23,5	<u>28,1 / +4,6</u> 19,6	<u>26,3 / +2,8</u> 11,9	<u>26,8 / +3,3</u> 14,0	-
Пшеница по пшенице	13,4	<u>21,2 / +7,8</u> 58,2	<u>22,8 / +9,4</u> 70,1	<u>13,9 / +0,5</u> 3,7	-
Средняя за 3 года	18,7	<u>23,1 / +4,4</u> 23,5	<u>23,5 / +4,8</u> 25,7	<u>20,3 / +1,6</u> 8,6	-
НСР ₀₅ А-4,9; НСР ₀₅ В-4,3					
Овёс по пшенице, последствие	34,6	<u>36,4 / +2,2</u> 6,4	<u>41,4 / +6,8</u> 19,7	<u>32,4 / -2,2</u> 6,4	
НСР ₀₅ А-5,2; НСР ₀₅ В-4,5					

* Прибавка урожайности к контролю, ц/га; ** прибавка урожайности к контролю, %.

Следовательно, рядковое внесение минеральных удобрений в дозах $N_{43}P_{43}K_{43}$ и P_{20} на фоне $N_{60}P_{20}$ позволило получить прибавку урожайности яровой пшеницы в среднем 26 и 54 % к контролю. В последствии наиболее эффективными оказались удобрения, внесённые в рядки в дозе $N_{43}P_{43}K_{43}$, где прибавка зерна овса составила около 20 %.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Содержание и запасы гумуса в слое 0–20 см чернозёмов, используемых более 20 и 50 лет в пашне, были средними и варьировали в пределах 5,3–5,6 и 5,7–6,3 %, или 107–111 и 114–127 т/га соответственно. Удобрения, вносимые разными способами в течение трех лет, поддерживали их в пахотном и подпахотном слое почвы.

2. Возделывание пшеницы в течение трех лет без применения минеральных удобрений (контроль) не влияло на количество общего органического углерода (С, %) и гуминовых кислот (ГК) в почве. Минеральные удобрения, с одной стороны, поддерживали содержание органического углерода в составе гумуса, а с другой – изменяли его качество: уменьшали содержание ГК, а в их составе, прежде всего, фракций ГК 1 и ГК 3 и не влияли на содержание ГК 2. Наибольшие изменения этих показателей происходили при локальном внесении удобрений.

3. При выращивании пшеницы без удобрений в пахотном слое почвы увеличивалась доля ФК, в основном за счёт фракции ФК 3. Удобрения при всех способах внесения в почву, кроме локального, не влияли на содержание ФК и фракции ФК 1а и значительно увеличивали при этом количество ФК 1 в составе ФК. Локализация удобрений в почву на глубину 10–12 см существенно уменьшала количество ФК всех фракций, кроме ФК 1.

4. Использование чернозёма в пашне более 50 лет без применения удобрений приводило к потере на 26 % в составе гумуса самой устойчивой его части – гуминов. Минеральные удобрения повышали устойчивость гумуса за счёт существенного увеличения в его составе гуминов, содержание которых по сравнению с контролем в зависимости от способа внесения удобрений возрастало на 18; 24 и 80 % соответственно. Наибольшим оно было при локальном внесении удобрений.

5. Возделывание зерновых культур без применения удобрений уменьшало отношение $C_{гк} : C_{фк}$ с 1,7 до 1,4, увеличивая подвижность гумуса. Удобрения при всех способах их внесения поддерживали качество гумуса по сравнению с контролем, а локальное их применение увеличивало отношение $C_{гк} : C_{фк}$ до 1,8.

6. Использование чернозёма выщелоченного в пашне более 50 лет способствовало большему накоплению микробного углерода в контроле, чем в 20-летней пашне, а при внесении минеральных удобрений в рядки – наоборот.

7. Наибольшую эффективность минеральные удобрения проявляли при рядковом внесении в дозах $N_{43}P_{43}K_{43}$ в 50-летней пашне и P_{20} на фоне $N_{60}P_{20}$ в 20-летней пашне, позволяя получить прибавку урожайности яровой пшеницы к контролю 26 и 54 % в действии и 20 % овса в последствии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тюрин И. В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. – М.: Наука, 1965. – 316 с.
2. Клёнов Б. М. Устойчивость гумуса автоморфных почв Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000. – 176 с.
3. Дергачёва М. И. Система гумусовых веществ почв. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. – 110 с.
4. Хабиров И. К., Сергеев В. С. Содержание гумуса в чернозёме в зависимости от системы земледелия // Плодородие. – 2007. – № 1. – С. 16–17.
5. Хмелёв В. А., Танасиенко А. А. Земельные ресурсы Новосибирской области и пути их рационального использования / Рос. акад. наук. Сиб. отд-ние, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 349 с.

6. Шарков И. Н. Минерализация и баланс органического вещества в почвах агроценозов Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 1997. – 37 с.
7. *Воспроизводство* плодородия чернозёмов в севообороте / А. В. Дедов, Н. И. Придворев, В. В. Верзилин, Л. П. Кузнецова // *Земледелие*. – 2003. – № 4. – С. 5–9.
8. *Динамика* гумусного фонда чернозёма типичного после распашки залежи при разных системах удобрения / Б. С. Носко, В. И. Бабынин, Т. А. Юнакова, Л. К. Корецкая, В. С. Шаповалова // *Агрохимия*. – 2006. – № 2. – С. 5–15.
9. *Воспроизводство* гумуса как составная часть системы управления плодородием почвы: метод. пособие / И. Н. Шарков, А. А. Данилова, А. С. Прозоров, Л. М. Самохвалова, Т. И. Бушмелева, А. Г. Шепелев; Россельхозакадемия. ГНУ Сиб. НИИ земледелия и химизации сел. хоз-ва. – Новосибирск, 2010. – 36 с.
10. Галеева Л. П. Гумусовое состояние чернозёмов выщелоченных Новосибирского Приобья при применении удобрений // *Плодородие почв и оценка продуктивности земледелия: VIII сибирские Прянишниковские агрохимические чтения: междунар. науч.-практ. конф. (Тюмень, 18–20 июля 2018 г.)*. – Тюмень: ГАУ Сев. Зауралья, 2018. – С. 162–168.
11. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
12. Карпинский Н. П., Замятина В. Б. Фосфатный уровень почвы // *Почвоведение*. – 1958. – № 11. – С. 27.
13. Vance E. D., Brookes P. C., Jenkinson D. S. An extraction method to measure soil microbial biomass // *Soil Biol. Biochem.* – 1987. – Vol. 19. – P. 703–707.
14. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. – 2-е изд. – Новосибирск: ГУП РПО СО РАСХН, 2009. – 222 с.
15. Ганжара Н. Ф., Васильев В. А. Влияние органических веществ на свойства почв и урожай // *Агрохимия*. – 1985. – № 2. – С. 70–74.

REFERENCES

1. Tyurin I. V. *Organicheskoe veshchestvo pochvy i ego rol» v plodorodii*. – М.: Nauka, 1965. – 316 s.
2. Klyonov B. M. *Ustojchivost» gumusa avtomorfnyh pochv Zapadnoj Sibiri*. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, filial «Geo» – 2000. – 176 s.
3. Dergachyova M. I. *Sistema gumusovyh veshchestv pochv*. / M. I. Dergachyova. – Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1989. – 110 s.
4. Habirov I. K., Sergeev V. S. *Soderzhanie gumusa v chernozyome v zavisimosti ot sistemy zemledeliya* // *Plodorodie*. – 2007. – № 1. – S. 16–17.
5. Hmelyov V. A., Tanasienko A. A. *Zemel'nye resursy Novosibirskoj oblasti i puti ih racional'nogo ispol'zovaniya* / Ros. akad. nauk, Sib. otd-nie, In-t pochvovedeniya i agrohimii. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2009. – 349 s.
6. SHarkov I. N. *Mineralizaciya i balans organicheskogo veshchestva v pochvah agrocenozov Zapadnoj Sibiri: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk*. – Novosibirsk, 1997. – 37 s.
7. *Vosproizvodstvo plodorodiya chernozyomov v sevooborote* / A. V. Dedov, N. I. Pridvorev, V. V. Verzilin, L. P. Kuznecova // *Zemledelie*. – 2003. – № 4. – S. 5–9.
8. *Dinamika gumusnogo fonda chernozyoma tipichnogo posle raspashki zalezhi pri raznyh sistemah udobreniya* / B. S. Nosko, V. I. Babynin, T. A. YUnakova, L. K. Koreckaya, V. S. SHapovalova // *Agrohimiya*. – 2006. – № 2. – S. 5–15.
9. *Vosproizvodstvo gumusa kak sostavnaya chast» sistemy upravleniya plodorodiem pochvy: metod. posobie* / I. N. SHarkov, A. A. Danilova, A. S. Prozorov, L. M. Samohvalova, T. I. Bushmeleva,

A.G. Shepelev // Rossel'hozakademiya. GNU Sib. NII zemledeliya i himizacii sel. hoz-va. – Novosibirsk, 2010. – 36 s.

10. Galeeva L.P. Gumusovoe sostoyanie chernozyomov vyshchelochennyh Novosibirskogo Priob'ya pri primenении udobrenij // Plodorodie pochv i ocenka produktivnosti zemledeliya: VIII sibirskie Pryanishnikovskie agrohimicheskie chteniya: mezhdunar. nauch. – prakt. konf. (Tyumen», 18–20 iyulya 2018 g.). – Tyumen': GAU Sev. Zaural'ya, 2018. – S. 162–168.

11. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv. – M.: Izd-vo MGU, 1970. – 487 s.

12. Karpinskij N.P., Zamyatina V.B. Fosfatnyj uroven» pochvy. // Pochvovedenie. – 1958. – № 11. – S. 27.

13. Vance E.D., Brookes P.C., Jenkinson D.S. An extraction method to measure soil microbial biomass // Soil Biol. Biochem. – 1987. – Vol. 19. – P. 703–707.

14. Sorokin O.D. Prikladnaya statistika na komp'yutere. – 2-e izd. – Novosibirsk: GUP RPO SO RASKHN, 2009. – 222 s.

15. Ganzhara N.F., Vasil'ev V.A. Vliyanie organicheskikh veshchestv na svojstva pochv i urozhaj // Agrohimiya. – 1985. – № 2. – S. 70–74.