

УДК 631.417.1 : 631.417.4 : 631.445.41(470.4)

**ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОБЩЕГО УГЛЕРОДА И АЗОТА В
ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ
УДОБРЕНИЙ В ПОВОЛЖЬЕ****Л.Б. Сайфуллина, к.с.-х.н., М.П. Чуб, д.с.-х.н., В.В. Пронько, д.с.-х.н., Т.М. Ярошенко, к.с.-х.н.,
Н.Ф. Климова, к.с.-х.н., Д.Ю. Журавлев, к.с.-х.н., НИИСХ Юго-Востока**

Показано, что за 42 года в черноземе южном тяжелосуглинистом потери углерода из слоя 0-40 см составили в среднем 0,18 %, или 8,36 т/га. Применение удобрений $N_{34}P_{18}K_8$ и $N_{39}P_{16}K_8$ на 1 га севооборотной площади снизило его потери на 20-22%, а $N_{57}P_{15}K_8$ – повысило их на 60%. Изменения гидротермического режима в осенне-зимний период, отмечаемые с начала 2000-ых годов, способствовали усилению процессов гумификации в слое 0-20 см и более глубокому промачиванию почвы. В силу этих причин снизились потери углерода из почвы. Наименьший коэффициент минерализации к концу шестой ротации отмечен при внесении $N_{34}P_{18}K_8$.

Ключевые слова: углерод, чернозем южный, минеральные удобрения, навоз.

Черноземы южные Засушливого Поволжья сформировались под действием сухостепной злаковой растительности при высокой насыщенности почвенного поглощающего комплекса кальцием. Это определило их высокое естественное плодородие [1]. Вследствие длительного сельскохозяйственного использования и проявления эрозийных процессов в них произошли значительные изменения гумусного состояния [2, 3].

Известно, что на содержание органического вещества в почве большое влияние оказывают удобрения. Характер изменения содержания гумуса в связи с применением минеральных и органических удобрений в научной литературе широко обсуждается на протяжении многих лет [4-6]. Однако выводы авторов по данному вопросу носят неоднозначный характер. В ряде работ утверждается, что наблюдается усиление минерализации органического вещества после систематического применения органических удобрений, что, как полагают авторы, связано с повышением биологической активности почвы [7, 8]. Другие исследования выявили снижение запасов гумуса при внесении минеральных удобрений, особенно содержащих азот [9, 10]. Отмечено также, что использование минеральных удобрений увеличивает массу растительных остатков и способствует сохранению запасов гумуса [11]. По мнению ряда исследователей, ежегодное внесение в пахотный слой от 40 до 100 кг/га азота может обеспечить бездефицитный баланс гумуса [4, 6].

Подобная разнонаправленность выводов обусловлена тем, что исследования проводились на разных типах почв, имеющих неодинаковые условия увлажнения и температурный режим. Следует отметить, что на почвах засушливой степи влияние удобрений на динамику органического вещества в стационарных условиях изучалось в единичных опытах.

Согласно общепринятым методикам, содержание гумуса определяется по количеству бихромата калия, пошедшего на окисление органического вещества в

расчете на углерод с последующим переводом в гумус с помощью коэффициента 1,724. Его величина считается условно универсальной для всех типов почв. Однако, в силу специфики структуры органического вещества разных типов и подтипов почв, ее изменчивости в процессе сельскохозяйственного использования [12], мы не стали применять эту константную величину для корректной характеристики количественных изменений. Считаем целесообразным для отображения динамики органического вещества использовать показатель «содержание углерода».

Цель наших исследований – изучить изменения запасов общего углерода и азота в черноземе южном и установить роль навоза и минеральных удобрений в процессе их трансформации.

Методика. Наблюдения за динамикой углерода и общего азота проводили в длительном стационарном опыте с удобрениями, заложенном в 1969-1971 гг. в опытном хозяйстве НИИСХ Юго-Востока около Саратова. До 1992 г. исследования велись в шестипольном зернопаропропашном севообороте, а с 1992 г. – в зернопаровом.

Опыт развернут на трех полях с повторением во времени. В настоящий период принято следующее чередование: 1 – пар черный; 2 – озимая пшеница; 3 – яровая пшеница; 4 – просо; 5 – ячмень; 6 – овес.

Почва опытного участка – чернозем южный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый. Агрохимическая характеристика пахотного слоя при закладке опыта была следующей: содержание гумуса – 4,60-4,45%, общего азота – 0,243 – 0,240%, общего фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O), соответственно, 0,126 и 1,60%. Подвижного фосфора (по Мачигину) в зависимости от удобренности почвы было от 14 до 28 мг/кг, подвижного калия (в углеаммонийной вытяжке) – 300-350 мг/кг [2].

Навоз в дозе 40 т/га вносили под вспашку чистого пара в первую ротацию, а во вторую – пятую ротациях его дозу сократили до 20 т/га. В шестой и седьмой ротациях навоз не применяли. Минеральные удобрения (N_{aa} , P_{cr} , K_x) вносили осенью под основную обработку. Агротехника в опыте – общепринятая для засушливой степи Саратовской области.

В данной статье приводятся результаты, полученные при внесении минимальной, средней, повышенной и высокой доз минеральных удобрений. Такое деление условно. В его основу положены размеры прибавок урожаев, полученных в данном стационарном опыте. В этих вариантах вносили среднегодовые дозы, соответственно, $N_{15}P_{14}K_8$; $N_{34}P_{18}K_8$; $N_{39}P_{16}K_8$ и $N_{57}P_{15}K_8$ в кг д.в/га севооборотной площади.

Углерод находили по методу Тюрина в модификации ЦИНАО, валовые формы азота – после окисления навески в серной кислоте [13].

Изменения агрохимических свойств почвы стационарного опыта за отдельные ротации уже публиковались ранее [15].

Результаты и их обсуждение. Установлено, что в контрольном варианте исходное содержание углерода в среднем по трем полям колебалось от 2,59% в слое почвы 0-20 см до 2,40% в слое 20-40 см. За 42 года наблюдений в неудобренной почве минерализовалось 8,45 т/га углерода. Интенсивность и направленность процесса при этом изменялись как по слоям гумусового горизонта, так и во времени.

За первые 12 лет в контрольном варианте минерализация углерода проходила в среднем со скоростью 0,18 т/га в год. За семь ротаций это составило 37,5% от всех потерь. За последующие 12 лет (к концу 4-й ротации) в неудобренной почве отмечалось наиболее интенсивное снижение содержания углерода за весь период наблюдения: 3,81 т/га, или 0,16 т/га в год. От 4- к 6-й ротации потери за 12 лет наблюдения резко сократились и составили 0,97 т/га, или 0,08 т/га в год. Произошло это потому, что в пятой и седьмой ротациях отмечен переход баланса гумуса в равновесное состояние (табл.1).

1. Содержание и запасы углерода в длительном стационарном опыте в слое почвы 0-40 см (ср. по трем закладкам опыта) за 42 года наблюдений

Ротация	Показатель	Без удобрений	N ₁₅ P ₁₄ K ₈	N ₃₄ P ₁₈ K ₈	N ₃₉ P ₁₆ K ₈	N ₅₇ P ₁₅ K ₈	Навоз, 2,9 т/га
кг д.в./га							
Исходное 1969-1971гг.	1	2,50	2,51	2,47	2,52	2,52	2,52
	2	119,9	120,39	118,66	120,94	120,94	120,94
II (1980-1982гг.)	1	2,45	2,47	2,44	2,45	2,43	2,49
	2	-2,12	-1,61	-1,38	-3,20	-4,05	-1,43
III (1986-1988гг.)	1	2,31	2,31	2,39	2,36	2,24	2,41
	2	-6,73	-7,95	-2,40	-4,58	-9,36	-3,81
IV (1992-1994гг.)	1	2,28	2,34	2,38	2,36	2,36	2,38
	2	-1,69	+1,66	-0,61	+0,06	+5,87	-1,04
V (1998-2000гг.)	1	2,31	2,28	2,28	2,24	2,25	2,28
	2	+1,71	-3,13	-4,78	-5,63	-4,97	-5,16
VI (2004-2006гг.)	1	2,29	2,42	2,31	2,34	2,23	2,31
	2	-0,99	+7,01	+1,13	+4,54	+0,23	+1,65
VII (2010-2012гг.)	1	2,32	2,31	2,33	2,37	2,24	2,34
	2	+1,37	-5,63	+1,42	+1,75	-0,94	+1,66
Потери С из слоя 0-40 см за 7 ротаций, т/га		-8,45	-9,65	-6,62	-7,06	-13,22	-8,13
Изменения по отношению к контролю, т/га		-	-1,20	+1,83	-1,39	-4,77	+0,32

Примечание. 1- содержание углерода (С), %; 2- изменение запасов углерода за текущую ротацию, т/га.

Стабилизация запасов углерода, отмечавшаяся в неудобренной почве в 5- и 7-й ротациях связана, воз-

можно, со снижением биологической активности пахотного слоя вследствие изменения структуры органического вещества и возрастания соотношения С:N [8]. В это же время (1994-2012 гг.) увеличение продолжительности теплого периода, более позднее промерзание почвы, повышение количества осадков в сентябре улучшили условия гумификации органического вещества [14]. Снижению потерь углерода способствовала и смена зернопаропропашного севооборота на зернопаровой, что привело к определенным изменениям химического состава поступающих в почву растительных остатков.

Систематическое внесение минеральных удобрений оказало влияние на содержание углерода. В варианте с N₁₅P₁₄K₈ потери углерода к концу второй ротации были выше по сравнению с контролем на 18,14% (на 0,47 т/га, или 0,04 т/га в год). К концу 4-й ротации при максимальных за весь период наблюдения потерях на контроле в рассматриваемом варианте запасы углерода оставались более стабильными: потери были на 1,63 т/га, или на 0,27 т/га в год ниже по сравнению с контролем. По результатам наблюдений, в сумме за семь ротаций в варианте N₁₅P₁₄K₈ степень минерализации органического вещества почвы не отличалась от контроля. Следовательно, минимальная доза удобрений не имела существенного значения для гумусообразования по сравнению с контролем.

В варианте с дозой удобрений N₃₄P₁₈K₈ до конца 5-й ротации потери углерода происходили относительно равномерно и колебались от 0,12 до 0,20 т/га в год. К концу 6-й ротации отмечена тенденция к накоплению углерода. По завершении седьмой ротации потери оказались на 33,2% ниже по сравнению с контролем. Следовательно, такая доза минеральных удобрений обеспечила относительную стабилизацию содержания гумуса южного чернозема за счет накопления запасов легкодоступных азотистых соединений, повышения прибавки урожаев и поступления большей массы растительных остатков на фоне изменения гидротермического режима осенних месяцев в 2007-2012 гг.

При среднегодовой дозе удобрений N₃₉P₁₆K₈ до конца 4-й ротации ежегодные потери углерода колебались от 0,04 до 0,39 т/га. К концу пятой ротации они достигли максимума (3,54 т/га за ротацию, или 0,51 т/га в год). Это связано с влиянием повышенных доз азота. В шестую и седьмую ротации наблюдалось повышение содержания углерода, его потери по сравнению с исходными сократились и были на 1,35 т/га ниже, чем на контроле (см. табл.1).

При систематическом внесении на 1 га севооборотной площади N₅₇P₁₅K₈ наблюдались максимальные в условиях наших экспериментов потери углерода. За 42 года в этом варианте минерализовалось 13,22 т/га углерода органических соединений почвы, что на 4,77 т/га больше, чем на контроле. Причиной активности процессов минерализации можно считать узкое соотношение С:N в почвенной среде, активизировавшее деятельность микрофлоры [8]. В таких условиях процесс минерализации существенно преобладал над процессами гумификации, способствуя интенсивному разложению растительных остатков и гумуса.

Внесение 40 т/га навоза в первую ротацию способствовало снижению потерь углерода в 2 раза по сравнению с контролем уже к концу второй ротации. Умень-

шение его дозы во вторую – пятую ротации привело к повышенной минерализации углерода. Ежегодные потери были выше по сравнению с контролем и составили, соответственно, в третью ротацию 0,35 т/га, в четвертую – 0,20, а в пятую – 0,31 т/га. С шестой ротации, когда навоз уже не вносили, наблюдалась стабилизация содержания углерода в почве (см. табл.1). Следовательно, внесение 20 т/га навоза за ротацию стимулировало микробиологическую активность и разложение гумуса.

В подавляющем большинстве работ по органическому веществу исследователи ограничиваются изучением гумусированного слоя (гор. А и АВ). Нами сделана попытка определить динамику органического углерода в горизонтах В (40-60 см) и ВС (60-100 см) в условиях непромывного водного режима, типичного для южных черноземов.

Распределение общего углерода в нижней части метрового профиля почвы (40-100 см) тесно связано с процессами минерализации в верхних слоях. На неудобренном фоне снижение запасов углерода отмечалось от второй к пятой ротации. По мере стабилизации его содержания в верхних слоях почвы после пятой ротации

наблюдался отток водорастворимых гумусовых веществ вниз по профилю. При внесении $N_{34}P_{18}K_8$ на 1 га севооборотной площади в слое почвы 40-100 см содержание углерода оставалось постоянным в течение всех семи ротаций (табл.2). По-видимому, такая доза удобрений создавала наиболее благоприятные условия как для разложения, так и гумификации растительных остатков, что компенсировало потери гумуса на эрозию и его минерализацию в верхних слоях почвы. При максимальной дозе удобрений ($N_{57}P_{15}K_8$), по мере накопления минерального азота в верхних слоях почвы и сужения соотношения C:N, происходили активное образование легкоподвижных гумусовых веществ и их передвижение по профилю почвы. К седьмой ротации в этом варианте запас углерода в слое почвы 40-100 см возрос с 84,7 до 115,0 т/га. При внесении навоза наиболее высокие запасы углерода в нижней части профиля отмечались к концу второй и пятой ротаций. В шестую и седьмую ротации, когда навоз в опыте не вносили, наблюдалось снижение запасов углерода в слое почвы 40-100 см (см. табл. 2).

2. Содержание и запасы углерода в слое почвы 40-100 см длительного стационарного опыта

Вариант опыта	Слой почвы, см	№ ротации									
		2		4		5		6		7	
		%	т/га	%	т/га	%	т/га	%	т/га	%	т/га
Контроль (без удобрений)	40-60	1,62	45,4	1,44	40,3	1,34	36,3	1,78	48,1	1,78	48,1
	60-80	1,09	32,7	0,98	29,4	0,92	27,9	1,20	36,3	1,24	37,4
	80-100	0,86	27,5	0,64	20,5	0,89	28,7	0,82	26,1	0,83	26,6
	40-100	1,19	105,6	1,02	90,2	1,05	92,9	1,27	110,5	1,28	112,1
$N_{34}P_{18}K_8$	40-60	1,67	46,7	1,42	39,7	1,42	34,9	1,51	41,0	1,48	40,2
	60-80	0,88	26,3	0,96	29,4	0,87	27,1	1,08	32,5	0,87	26,3
	80-100	0,69	22,0	0,62	19,8	1,11	35,5	0,70	22,4	0,73	23,9
	40-100	1,08	95,0	1,00	88,9	1,13	97,5	1,10	95,9	1,03	90,4
$N_{39}P_{16}K_8$	40-60	1,68	47,0	1,50	42,0	1,43	38,9	1,71	46,4	-	-
	60-80	0,88	26,4	1,00	30,0	0,86	27,4	1,14	34,5	-	-
	80-100	0,74	23,7	0,61	19,5	0,67	21,3	0,82	26,1	-	-
	40-100	1,10	97,1	1,04	91,5	0,99	87,6	1,22	107,1	-	-
$N_{57}P_{15}K_8$	40-60	1,26	35,3	1,39	38,9	1,44	40,0	1,59	44,7	1,75	49,0
	60-80	0,94	28,1	0,94	28,2	1,06	32,1	1,29	39,1	1,12	34,0
	80-100	0,67	21,3	0,59	18,8	0,85	27,1	0,87	28,1	1,00	32,0
	40-100	0,96	84,7	0,97	85,9	1,12	99,2	1,25	111,9	1,29	115,0
Навоз, 2,9 т/га	40-60	1,77	49,5	-	-	1,66	45,9	1,57	43,9	1,52	41,1
	60-80	1,35	40,5	-	-	1,43	42,2	0,95	28,6	0,79	23,8
	80-100	0,71	22,6	-	-	1,02	32,6	0,73	23,4	0,67	21,3
	40-100	1,28	122,6	-	-	1,37	120,7	1,08	95,9	0,99	86,2

3. Динамика запасов валового азота в длительном стационарном опыте (ср. по трем закладкам опыта) за 42 года исследований в слое почвы 0-40 см

Ротация	По ка за те л ь	Удобрения на 1 га севооборотной площади					
		Без удоб рений	$N_{15}P_{14}K_8$	$N_{34}P_{18}K_8$	$N_{39}P_{16}K_8$	$N_{57}P_{15}K_8$	Навоз , 2,9 т/га
Исходное (1969-1971гг.)	1	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
II (1980-1982гг.)	1	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,23
	2	-0,11	0,09	-0,11	-0,21	-0,26	0,04
IV (1992-1994гг.)	1	0,21	0,22	0,21	0,21	0,21	0,22
	2	-0,58	-0,09	-0,31	-0,26	-0,30	-0,21
VII (2010-2012гг.)	1	0,20	0,20	0,20	0,21	0,20	0,21
	2	-0,42	-1,08	-0,81	-0,38	-0,43	-0,37
Потери за 7 ротаций, т/га		-1,11	-1,27	-1,24	-0,86	-1,00	-0,63
Среднегодовые потери, кг/га		-26,60	-30,30	-29,70	-20,60	-24,00	-15,10

По отношению к контролю, т/га	-	-0,15	-0,13	+0,25	+0,11	+0,48
-------------------------------	---	-------	-------	-------	-------	-------

Примечание. 1- содержание валового азота, %; 2- изменение запасов валового азота за текущую ротацию, т/га.

Таким образом, органическое вещество почвенного профиля в условиях аридного климата засушливой черноземной степи находится в достаточно динамичном состоянии, а пространственно-временные изменения его содержания не носят однонаправленного характера.

Трофические цепи агроэкосистем напрямую связаны с гумусовым компонентом почвы, который является естественным источником элементов минерального питания агроценозов. Особое значение имеют аккумуляция азота в составе органических соединений и его доступность для ферментативных процессов. Изменение содержания азота в почве связано с запасами валового углерода [15].

Содержание общего азота в слое 0-40 см в начале опыта составляло в среднем 0,23 % (табл. 3). Через 12 лет, к концу второй ротации, его запасы на неудобрен-

ном контроле в верхнем слое снизились на 1,12 т/га (0,01 т/га в год). На удобренных делянках потери азота в слое 0-20 см мало отличались от контроля (0,01-0,02 т/га в год). Самыми низкими они были при внесении навоза (0,01 т/га в год).

К концу четвертой ротации интенсивность потерь азота на контроле возросла и составила 0,02 т/га в год. В вариантах минимальной и средней доз удобрений среднегодовые потери не превышали 0,004-0,006 т/га.

По времени это совпало со стабилизацией запасов гумуса в соответствующих вариантах, что обусловлено изменением гидротермических режимов в осенне-весенний период. В вариантах с дозами азота N_{39} и N_{57} потери азота остались на уровне контроля (0,016 и 0,024 т/га в год). Внесение навоза стабилизировало потери на уровне 0,01 т/га в год.

В вариантах с минимальной и средней дозами удобрений и на контроле к концу седьмой ротации потери азота резко возросли (до 0,02 т/га в год). В этих вариантах отмечено максимальное количество валового азота (1,27–1,25 т/га), что свидетельствует о дефицитности его баланса. Применение дозы азота N_{39} привело к накоплению в почве остаточных азотистых веществ. В результате снижение запасов азота в верхнем 20-сантиметровом слое почвы в этом варианте замедлилось по сравнению с контролем и они были на 254 кг/га меньше, чем в неудобренной почве. Внесение максимальной дозы азота (N_{57}) снизило интенсивность потерь за последние две ротации до 0,008 т/га в год. Однако, общие потери оказались выше по сравнению с вариантом N_{39} на 142 кг/га. Высокая аккумуляция азота в органическом удобрении и его длительное последствие стабилизировали потери азота на достаточно низком уровне (0,007 т/га в год), в результате чего здесь его было утрачено 0,864 т/га за 42 года. Таким образом, за весь период наблюдения во всех разноудобренных вариантах наблюдались потери валового азота. Применение дозы азота N_{39} и навоза минимизировало эти потери азота на протяжении всех семи ротаций. О балансе азота и содержании в почве его различных форм подробнее было опубликовано ранее [14].

Важным генетическим показателем, характеризующим степень обогащенности гумуса азотом и характер минерализации органического вещества, является соотношение углерода к азоту [16]. В начале опыта оно во всех вариантах колебалось от 10,8 до 11,3, что свидетельствует о благоприятных условиях минерализации органического вещества в почве (табл.4).

4. Влияние длительного применения удобрений на отношение углерода к азоту (C : N) в слое почвы 0-40 см

Ротация	кг д.в/га севооборотной площади					
	Без удобр.	$N_{15}P_{14}K_8$	$N_{34}P_{18}K_8$	$N_{39}P_{16}K_8$	$N_{57}P_{15}K_8$	Навоз, 2,9 т/га
Исходное (1969-1971гг.)	10,9	10,9	10,8	11,0	10,9	10,9
II (1980-1982гг.)	10,8	10,8	10,7	10,7	10,8	10,8
IV (1992-1994гг.)	10,6	10,5	10,8	10,8	10,8	10,7
VII (2010-2012гг.)	11,3	11,5	11,7	11,3	10,7	10,9

К концу четвертой ротации произошло сужение соотношения C:N до 10,6 в слое почвы 0-40 см. Это связано с более интенсивными потерями углерода по сравнению с азотом. По мере стабилизации запасов углерода к концу седьмой ротации и возрастания интенсивности потерь валового азота произошло расширение соотношения. Исключения составили вариант $N_{57}P_{15}K_8$ и навоз, где рассматриваемый показатель сохранился на исходном уровне. Как в верхнем, так и в нижнем слоях наблюдались аналогичные закономерности, за исключением варианта с органическим удобрением, где соотношение C:N в слое 20-40 см составило 11,1. Видимо, это связано с постепенным освобождением азота из органических остатков навоза, которые под влиянием осадков опускались в нижний слой почвы и сохраняли прежнее соотношение C:N.

Выводы. Потери углерода из неудобренной почвы за 42 года наблюдений в слое 0-40 см составили в среднем 0,17%, или 8,45 т/га. При внесении минеральных удобрений на 1 га севооборотной площади $N_{34}P_{18}K_8$ и $N_{39}P_{16}K_8$ потери углерода были на 20-22% ниже, чем на неудобренном контроле. В варианте с максимальной дозой азота ($N_{57}P_{15}K_8$) потери углерода превышали контроль на 60%. Увеличение потерь углерода в этом варианте связано с повышенным количеством энергетически более доступного минерального азота, что обуславливает повышение микробиологической активности и усиление минерализации свежих органических остатков и гумуса.

Снижение интенсивности потерь углерода на контроле и при невысоких дозах азота в шестую-седьмую ротации связано с улучшением гидротермических условий гумусообразования осеннего периода и заменой зернопаропропашного севооборота на зернопаровой.

Миграция органического вещества в нижележащий слой 40-100 см усилилась после пятой ротации как на контроле, так и при повышенной дозе азота (N_{57}) и внесении 2,9 т/га навоза. Минимальные потери углерода в метровом профиле почвы наблюдались в варианте $N_{34}P_{18}K_8$.

Потери общего азота из слоя 0-40 см за 42 года на контроле составили 1,12 т/га. Максимальные потери отмечены при внесении $N_{15}P_{14}K_8$ и $N_{34}P_{18}K_8$, а минимальные – в варианте $N_{39}P_{16}K_8$ и при заделывании навоза.

За 42 года на контроле, при минимальной, средней и повышенной дозах азота, произошло обеднение гумуса азотом, что выразилось в расширении соотношения C:N с 10,8 до 11,8. Соотношение не изменилось при внесении N_{57} на 1га севооборотной площади.

Литература

1. Усов Н.И. Почвы Саратовской области. Ч. 1 Правобережье. – Саратов: Облгиз, 1948. – 288 с.
2. Чуб М.П., Медведев И.Ф., Горова Э.С. Черноземные почвы Поволжья, их распространение, состав и использование (на примере Саратовской области) // Плодородие черноземных почв. – М.: РАСХН-ВИУА, 1998. – С. 509-553.
3. Сайфуллина Л.Б. Процессы гумусообразования в почве под различными элементами агроландшафта в черноземе южном//Автореф. дис... канд. с.-х. наук. – Саратов, 2007. – 22 с.
4. Гамзиков Г.П., Кулагина М.Н. Влияние длительного систематического применения удобрений на органическое вещество почв // Почвоведение. – 1990. – № 4. – С. 57-67.
5. Минеев В.Г., Шевцова Л.К. Влияние длительного применения удобрений на гумус почвы и урожай // Агрохимия. – 1978. – № 7. – С. 134-141.

6. Минеев В.Г., Ремпе Е.Х. Экологические последствия длительного применения повышенных и высоких доз минеральных удобрений // *Агрохимия*. – 1991. – № 3. – С. 35-49.
7. Васильев В.А., Филиппова Н.В. Справочник по органическим удобрениям. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 254 с.
8. Туев Н.А. Микробиологические процессы гумусообразования. – М.: Агропромиздат, 1989. – 239 с.
9. Богданов Ф.М., Середа Н.А. Влияние различных систем удобрения на гумусное состояние и продуктивность чернозема типичного // *Агрохимия*. – 1998. – № 4. – С. 18-24.
10. Кулаковская Т.Н., Кнаиш В.Ю., Богдевич И.М. и др. Оптимальные параметры плодородия почв. – М.: Колос, 1984. – 271 с.
11. Багаутдинов Ф.Я. Гумусное состояние серой лесной почвы и чернозема типичного при внесении органических и минеральных удобрений // *Агрохимия*. – 1993. – № 12. – С. 41-52.
12. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование. – Л.: Наука, 1980 – 222 с.
13. *Агрохимические методы исследования почв*. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
14. Чуб М.П., Потатурина Н.В., Пронько В.В., Сайфуллина Л.Б. Влияние применения удобрений на азотный режим южного чернозема засушливого Поволжья // *Агрохимия*. – 2005 – № 10 – С. 5-12.
15. Чуб М. П., Потатурина Н.В., Пронько В.В., Сайфуллина Л.Б., Ярошенко Т.М., Климова Н.Ф. Плодородие чернозема южного и продуктивность зернопарового севооборота при длительном применении удобрений // *Агрохимия*. – 2010. – № 7. – С. 3-13.
16. Шевцова Л.К., Сизова Д.М. Влияние длительного применения удобрений на органическое вещество и соединения азота в почвах разного типа // *Удобрение и плодородие почв*. – М.: ВИА, 1974. – С. 20-58.

TOTAL CARBON AND NITROGEN CHANGES IN SOUTHERN CHERNOZEM UNDER THE LONG-TERM APPLICATION OF FERTILIZERS IN THE VOLGA REGION

L.B. Saifullina, M.P. Chub, V.V. Pron'ko, T.M. Yaroshenko, N.F. Klimova, D.Yu. Zhuravlev
Research Institute of Agriculture of the Southeast, ul. Tulaikova 7, Saratov, 410010 Russia
E-mail: viktor-pronko@mail.ru

It is found that carbon loss from the 0- to 40-cm layer of heavy loamy southern chernozem averaged 0.175%, or 8.36 t/ha during 42 years. The application of fertilizers $N_{34}R_{18}K_8$ and $N_{39}R_{16}K_8$ in crop rotation reduced carbon losses by 20–22% and the use of $N_{57}R_{15}K_8$ increased the losses by 60%. Changes of hydrothermal conditions in the fall–winter period observed since the early 2000s have contributed to the strengthening of humification in the 0- to 20-cm layer and the deeper wetting of soil. As a result, the carbon loss from the soil declined significantly during this period. The lowest rate of mineralization at the end of the sixth rotation cycle was noted at the application of $N_{34}R_{18}K_8$.

Keywords: carbon, southern chernozem, mineral fertilizers, manure.