

УДК 631.82:633.15:631.58

А.Ф. Стулин, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник,
Воронежский филиал ФГБНУ "Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы"
(396835, Воронежская обл., Хохольский р-н, п. Опытной станции ВНИИК, ул. Чаянова, 13. email: opytnoe@vmail.ru)

ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ, ВЫРАЩИВАЕМОЙ В СЕВООБОРОТЕ И МОНОКУЛЬТУРЕ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

В 1971-2015 гг. в Воронежской области на черноземе выщелоченном в двух стационарных полевых опытах проведены исследования влияния длительного применения различных видов, доз и соотношений минеральных удобрений в десятипольном севообороте и монокультуре кукурузы на ее продуктивность. Установлено, что ежегодное внесение $N_{60}P_{60}K_{60}$ повысило урожайность зеленой массы, сухого вещества и зерна кукурузы в среднем за годы исследований соответственно на 8,8, 2,53 и 1,29 т/га в севообороте и 10,1, 2,71 и 1,32 т/га – в монокультуре при урожайности на неудобренном фоне соответственно 26,2, 6,42 и 3,42 т/га и в монокультуре – 22,1, 5,65 и 2,81 т/га. За счет севооборотного фактора прирост урожайности зеленой массы, сухого вещества и зерна кукурузы по вариантам опыта был в пределах соответственно: 2,4-4,1; 0,3-0,8 и 0,5-0,6 т/га. Наибольшее содержание органического вещества углерода отмечено в пахотном слое: в архивном почвенном образце содержалось 3,19 %, в черном пару (с 1960 года) – 3,12 %, в монокультуре кукурузы на неудобренном фоне и с ежегодным внесением $N_{60}P_{60}K_{60}$ – соответственно 3,37 и 3,42 %. В слое почвы 60-80 см существенных различий в содержании органического углерода по вариантам не было.

Ключевые слова: кукуруза, севооборот, монокультура, минеральные удобрения, урожайность, углерод почвы.

A.F. Stulin, Candidate of Agricultural Sciences, leading research associate
FSBSI 'All-Russian Research Institute of Maize' (affiliated branch in Voronezh)
(396835, Voronezh region, Khokholsky district, Experimental Station of ARRIM,
Chayanov Str., 13; email: opytnoe@vmail.ru)

PRODUCTIVITY OF CORN GROWN IN THE CROP ROTATION AND AS MONOCULTURE UNDER LONG-TERM FERTILIZING

In 1971-2015 on the Voronezh leached black earth there were conducted the researches of the effect of long-term use of various kinds, doses, combinations of fertilizers in the 10 crop rotation sequences and in corn-corn monoculture on its productivity. It has been determined that

the yearly $N_{60}P_{60}K_{60}$ fertilizing increased the productivity of green chop, dry matter and corn grain on 8.8, 2.53 and 1.29 t/ha in crop rotation and on 10.1, 2.71 and 1.32 t/ha in monoculture in comparison with the productivity of green chop, dry matter and corn grain without fertilizing (26.2, 6.42 and 3.42 t/ha in crop rotation; 22.1, 5.65 and 2.81 t/ha in monoculture). Due to the crop rotation the increase of green chop, dry matter and corn grain productivity was 2.4-4.1; 0.3-0.8 and 0.5-0.6 t/ha respectively. The largest content of organic carbon was estimated in the topsoil. The archive soil sample contained 3.19% of carbon; in black fallow (since 1960) it was 3.12%; in corn-corn monoculture without fertilizing it was 3.37% and with the yearly $N_{60}P_{60}K_{60}$ fertilizing it was 3.42%. In the soil layer of 60-80 cm there were no significant differences in the amount of organic carbon.

Keywords: *corn, crop rotation, monoculture, mineral fertilizers, productivity, soil carbon.*

Введение. Кукуруза – одна из важнейших культур зернового баланса в мире, поскольку отвечает мировым тенденциям производства высокоэнергетического корма для животноводства и сырья для промышленности. Эта культура обладает способностью произрастать на одном и том же участке как монокультура, не снижая урожайности, а также в севооборотах с короткой ротацией при соблюдении всех технологических элементов ее выращивания [1].

По данным Лебедь Е.М. [2], бессменные посеы уступают по продуктивности посевам кукурузы, размещаемой по лучшим предшественникам (озимая пшеница, зернобобовые) на 0,4-0,6 т/га и дают практически равные урожаи (4,2 и 4,5 т/га) с повторными посевами этой культуры в севообороте. При размещении же кукурузы в севообороте после худших предшественников (подсолнечник, сахарная свекла) продуктивность ее на 0,3-0,9 т/га ниже, чем в бессменных посевах, особенно в засушливые годы.

Анализ результатов отечественных и зарубежных исследований не позволяет сделать однозначных выводов относительно продуктивности кукурузы в зависимости от места ее размещения и удобрённости [2-6].

Длительные опыты с монокультурой кукурузы являются единственной базой для изучения динамики C_3 и C_4 растительности, вследствие существенной разницы в дискриминации тяжелого изотопа ^{13}C в зависимости от типа фотосинтеза, что позволяет оценить необходимые характеристики круговорота углерода в агроценозах с наиболее динамичным балансом органического вещества, поскольку даже незначительные изменения запасов углерода в почве могут оказать существенное влияние на состав атмосферы [7]. Поэтому длительные опыты с монокультурой кукурузы в условиях

глобального изменения климата широко представлены в США, Германии, Дании и других странах [8-10]. Изучение различных механизмов функционирования бессменных посевов этой культуры не нашло широкого применения в России из-за преобладания C_3 растительности на ее территории и отсутствия длительных полевых опытов с монокультурой кукурузы.

Цель настоящей статьи – анализ результатов многолетних исследований длительного применения удобрений на продуктивность кукурузы, выращиваемой в севообороте и монокультуре, и содержание углерода в профиле чернозема.

Материалы и методы. Исследования проводили в двух длительных стационарных полевых опытах Географической сети опытов с удобрениями Российской Федерации. Севооборот развернут на трех полях и одним полем с монокультурой кукурузы с площадью каждого поля 1,1 га. Севооборот десятипольный, в котором 50 % зерновых, 20 % технических и 30 % кормовых культур. Кукуруза в монокультуре возделывается с 1960 года. Это самый длительный опыт с монокультурой кукурузы не только в Российской Федерации, но и в ближнем зарубежье.

Почва – чернозем выщелоченный среднемощный, малогумусный, тяжелосуглинистый. В пахотном слое содержится: гумуса – 5,6 %, общего азота – 0,24 %, фосфора – 0,15 %, калия – 2,0 %, $pH_{вод.}$ – 6,6, сумма поглощенных оснований 38,4 ммоль(+)/100 г почвы, N_T 3,2 ммоль(+)/100 г почвы.

Минеральные удобрения (аммиачная селитра, двойной суперфосфат, калий хлористый) вносили ежегодно осенью, начиная с 1965 года по 60 кг /га д.в. на 1 га по восьмерной схеме и дополненной четырьмя вариантами: $N_1P_{0,5}K_1$, $N_1P_2K_1$, $N_1P_1K_2$, $N_2P_1K_1$. Посевная площадь делянок – 269,5 м², учетная – 192, 5 м². Повторность – 3-кратная. Агротехника районированных гибридов кукурузы была общепринятой для Центрального Черноземья. Урожайность кукурузы определяли методом сплошного учета, данные обрабатывали методом дисперсионного анализа.

Определение содержания углерода почвы и фитолитов кукурузы выполнено в Институте физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН [7].

Результаты. Метеорологические условия в годы проведения исследований были различными, но типичными для зоны. Крайне неблагоприятными по количеству осадков за май – август были 1972, 1991 и 2010 годы (соответственно 96 мм, 66 и 102 мм). Наибольшее количество осадков выпало в 1980 и 2005 годах (392 и 325 мм при среднем многолетнем показателе 240 мм).

Сумма среднесуточных температур за период вегетации была максимальной в 2010 и 1972 годах (соответственно 3137 °С и 2645 °С), наименьшей – в 1976 году (1869 °С при средней многолетней 2195 °С).

Урожайность зеленой массы на естественном фоне в среднем за годы исследований составила в севообороте 26,2 т/га (от 17,4 в 1993 году до 40,7 т/га в 1973 году), в монокультуре – 22,1 т/га (от 16,2 в 1994 году до 30,3 т/га в 1973 году) (табл. 1). Размах варьирования (R_n) по вариантам опыта в севообороте был в пределах 23,3-35,3 т/га, в монокультуре – 14,1-26,2 т/га. Реакция кукурузы на внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений была одинаковой в монокультуре и севообороте. Действие азотных, фосфорных и калийных удобрений на продуктивность кукурузы было в прямой зависимости от эффективного плодородия почвы. При хорошей обеспеченности растений подвижными формами калия и фосфора за счет почвы не наблюдали положительного влияния на продуктивность кукурузы от внесения калийных и фосфорных удобрений. При длительном внесении фосфорных удобрений (вариант P_{60}) в среднем за все годы исследований отмечена устойчивая тенденция к снижению урожая кукурузы, а в отдельные годы даже снижение продуктивности кукурузы.

Роль калия при длительном его применении под кукурузу на черноземах требует углубленного изучения, поскольку даже при достаточном обеспечении кукурузы калием в отдельные годы (1971, 1973, 1984, 2003) при внесении K_{60} получены достоверные прибавки урожайности зеленой массы (соответственно 2,0, 1,8, 4,2, 5,1 т/га).

1. Продуктивность кукурузы в севообороте и монокультуре при длительном внесении удобрений, т/га

Показатели	Ротация	Вариант					НСР ₀₅
		Без удобрений	N_{60}	$N_{60}P_{60}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$	$N_{120}P_{60}K_{60}$	
Зеленая масса	I	<u>28,4</u>	<u>32,1</u>	<u>34,9</u>	<u>34,5</u>	<u>39,2</u>	<u>1,7</u>
		24,9	30,4	31,4	34,6	35,9	1,6
	II	<u>25,8</u>	<u>27,9</u>	<u>32,2</u>	<u>33,7</u>	<u>35,7</u>	<u>1,8</u>
		22,3	26,3	27,9	29,1	31,6	2,3
	III	<u>20,5</u>	<u>25,4</u>	<u>28,7</u>	<u>28,9</u>	<u>30,6</u>	<u>2,6</u>
		18,0	22,7	25,0	27,8	28,6	1,3
IV	<u>31,5</u>	<u>36,9</u>	<u>41,1</u>	<u>44,3</u>	<u>46,2</u>	<u>4,7</u>	
	25,4	32,2	37,6	40,8	45,9	3,2	
V	<u>25,0</u>	<u>28,9</u>	<u>31,0</u>	<u>33,7</u>	<u>36,6</u>	<u>2,4</u>	
	19,9	24,9	26,9	28,9	34,6	2,9	
Среднее	<u>26,2</u>	<u>30,2</u>	<u>33,6</u>	<u>35,0</u>	<u>37,7</u>	<u>2,9</u>	
	22,1	27,3	29,8	32,2	35,3	2,4	
Сухое	I	<u>6,05</u>	<u>6,68</u>	<u>7,71</u>	<u>7,41</u>	<u>8,22</u>	<u>0,40</u>

вещество		5,67	7,35	7,57	8,09	8,48	0,36
	II	4,42	6,25	7,65	7,77	8,04	0,41
		5,22	6,02	6,77	6,81	7,44	0,37
	III	5,91	5,82	6,42	7,04	7,40	0,43
		4,36	5,44	5,87	6,67	6,84	0,58
	IV	8,35	9,87	11,01	12,49	12,68	1,16
		6,88	8,70	9,77	11,23	12,37	1,00
	V	7,10	8,08	8,99	10,02	10,26	0,65
		6,10	7,63	8,62	9,02	9,82	0,77
	Среднее	6,42	7,34	8,36	8,95	9,32	0,70
		5,65	7,03	7,72	8,36	8,99	0,66
	Примечание. Над чертой – в севообороте, под чертой – в монокультуре.						

Анализируя вклад азота, фосфора и калия в формирование прибавки урожайности кукурузы, отмечена ведущая роль азота в ее повышении. Внесение N_{60} повысило урожайность зеленой массы кукурузы в среднем за пять ротаций в севообороте на 4,0 т/га с колебаниями по ротациям от 2,1 т/га во второй ротации до 5,4 т/га в четвертой ротации. В монокультуре средняя прибавка была выше на 30 %, а колебания по ротациям – от 4,7 т/га в третьей ротации до 6,8 т/га в четвертой ротации. Приведенные данные указывают, что кукуруза в монокультуре, по сравнению с выращиванием ее в севообороте, предъявляет повышенные требования в отношении азота.

Многолетние исследования свидетельствуют, что азотные удобрения необходимо вносить совместно с фосфорными и калийными. При внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ прирост урожайности почти удваивался по сравнению с N_{60} . В среднем за пять ротаций прибавка урожайности зеленой массы кукурузы от внесения $N_{60}P_{60}K_{60}$ повысилась в севообороте на 34 %, в монокультуре – на 46 %. Снижение дозы фосфора до 30 кг/га, равно как и увеличение ее и калия до 120 кг/га в полном удобрении, не изменяет величину урожая. При увеличении дозы азота $N_{120}P_{60}K_{60}$ прирост зеленой массы кукурузы в севообороте составил 11,5 т/га, в монокультуре – 13,2 т/га, что больше на 14,8 %.

Урожайность сухого вещества кукурузы на неудобренном фоне за пять ротаций севооборота составила 6,42 т/га с колебаниями по ротациям от 4,42 до 8,35 т/га. В монокультуре кукурузы эти показатели были соответственно 5,65 т/га с колебаниями от 4,36 до 6,88 т/га. Достоверный прирост урожайности от внесения удобрений по вариантам опыта в севообороте был в пределах 14-45 %, в монокультуре – 24-59 %.

Урожайность зерна кукурузы на неудобренном фоне в среднем за годы исследований в севообороте составила 3,42 т/га с колебаниями по годам от 1,84 т/га в 1983 году до 5,08 т/га в 2015 году. В монокультуре этот показатель был 2,81 т/га с колебаниями от 1,63 т/га в 1986 году до 4,42 т/га в 2015 году (табл. 2).

Размах варьирования (R_n) прибавки урожайности зерна кукурузы по вариантам опыта за все годы исследований в севообороте был в пределах от 3,16 до 4,41 т/га, в монокультуре – 2,79-3,88 т/га. При внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ урожайность зерна в севообороте повысилась на 38 %, в монокультуре прирост был несколько большим – 47 %.

2. Урожайность зерна кукурузы в севообороте и монокультуре при длительном внесении удобрений, т/га

Ротация	Вариант					НСР ₀₅
	Без удоб- рений	N_{60}	$N_{60}P_{60}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$	$N_{120}P_{60}K_{60}$	
I	<u>2,50</u>	<u>3,51</u>	<u>3,77</u>	<u>3,72</u>	<u>3,89</u>	<u>0,22</u>
	2,42	3,31	3,53	3,80	4,08	0,25
II	<u>4,02</u>	<u>4,66</u>	<u>5,19</u>	<u>5,22</u>	<u>5,58</u>	<u>0,35</u>
	2,34	3,01	3,45	3,40	4,07	0,23
III	<u>2,96</u>	<u>3,51</u>	<u>3,80</u>	<u>3,93</u>	<u>4,24</u>	<u>0,29</u>
	2,54	3,10	3,55	3,77	4,18	0,36
IV	<u>2,98</u>	<u>3,76</u>	<u>4,05</u>	<u>4,26</u>	<u>4,84</u>	<u>0,39</u>
	2,90	3,61	3,84	3,97	4,43	0,22
V	<u>4,63</u>	<u>5,32</u>	<u>5,82</u>	<u>6,40</u>	<u>6,80</u>	<u>0,44</u>
	3,85	4,69	5,16	5,69	6,25	0,46
Среднее	<u>3,42</u>	<u>4,15</u>	<u>4,53</u>	<u>4,71</u>	<u>5,07</u>	<u>0,35</u>
	2,81	3,54	3,91	4,13	4,60	0,32

Примечание. Над чертой – в севообороте, под чертой – в монокультуре.

Прирост урожайности кукурузы за счет севооборотного фактора по всем изучаемым вариантам опыта был в пределах 2,4-4,1 т/га зеленой массы, 0,3-0,8 т/га сухого вещества и 0,5-0,6 т/га зерна. Преимущество севооборота наблюдалось даже в том случае, когда в сравниваемых вариантах вносили полное минеральное удобрение.

Содержание и круговорот углерода в почве изучен слабее относительно надземной части фитоценозов, несмотря на то, что основные запасы углерода сосредоточены в органическом веществе и карбонатных новообразованиях [11].

Наибольшее содержание органического углерода в черноземе было в пахотном слое: в архивном почвенном образце, отобранном до закладки опыта, содержалось 3,19 %, в черном пару – 3,12 %, в монокультуре кукурузы на неудобренном фоне и ежегодном внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ соответственно 3,37 и 3,42 % с дальнейшим его снижением по профилю почвы. В слое почвы 60-80 см существенных различий содержания $C_{орг.}$ по изучаемым вариантам не было. Эти показатели были в пределах 1,50-1,55 %. Запасы органического углерода в агрочерноземе указывают на высокую устойчивость органического вещества данной почвы, о чем свидетельствуют величины запасов углерода

в 80 см слое почвы. По всем изучаемым вариантам запасы $C_{орг}$ сохранились на очень высоком уровне – от 270 до 287 т/га и достоверно не различались между собой. Можно отметить лишь как тенденцию: минимальные запасы обнаружены в парующей почве, максимальные – в удобренной монокультуре кукурузы, причем эти различия были одинаковыми по всему изучаемому профилю почвы.

Запасы неорганического углерода были незначительны и составляли всего лишь 1,5-2,3 т/га.

Определение глубины проникновения углерода, происходящего от фотосинтеза C_4 типа, методом идентификации фитоцитов кукурузы в профиле агрочернозема под монокультурой кукурузы показало, что численность фитоцитов кукурузы составляет очень небольшую долю (2-3 %) от общей численности этих образований в фитоцитном комплексе. Это объясняется тем, что фитоциты кукурузы накапливаются в агрочерноземе в условиях современного почвообразования в течение 50 лет с начала выращивания кукурузы в монокультуре на почве, на которой ранее произрастали C_3 растения. Количество фитоцитов кукурузы в слоях почвы 0-20 см и 20-40 см практически одинаково. При этом фитоциты, характерные для растений кукурузы, в слое 80-100 см отсутствуют, что указывает, что нижняя граница аккумуляции молодого углерода в агрочерноземе находится в слое 60-80 см.

Выводы

1. В агроэкологических условиях Центрального Черноземья кукуруза способна выдерживать длительное выращивание на одном и том же поле. Продуктивность кукурузы, выращиваемой в севообороте и бессменно, определяли азотные удобрения, внесенные отдельно и в сочетании с фосфорными и фосфорно-калийными при ежегодной дозе 60 кг/га.

2. В среднем за 1971-2015 годы внесение $N_{60}P_{60}K_{60}$ повысило урожайность зеленой массы и зерна кукурузы соответственно на 8,8 и 1,29 т/га в севообороте и на 10,1 и 1,3 т/га в монокультуре. Прирост урожайности зеленой массы и зерна кукурузы за счет севооборотного фактора в среднем за пять ротаций по вариантам опыта был в пределах 2,4-4,1 и 0,5-0,6 т/га.

3. Запасы органического углерода в агрочерноземе по вариантам опыта в 0-80 см слое почвы сохранились на очень высоком уровне – от 270 до 287 т $C_{орг}$ /га, что свидетельствует о высокой устойчивости органического вещества данной почвы.

Литература

1. Воронин, А.Н. Основные направления и результаты селекции гибридов кукурузы в Белгородском НИИСХ / А.Н. Воронин, С.А. Хорошилов, Г.М. Журба, М.В. Клименко,

Т.В. Бирюкова // Материалы Всероссийской науч.-практ. конф. Белгородского НИИСХ 14-17 июля 2015 г. "Биологизация земель в адаптивно-ландшафтной системе земледелия". Белгород: "Отчий край", 2015. – С. 429-434.

2. Лебедь Е.М. Удобрение бессменных посевов кукурузы / Е.М. Лебедь, С.М. Крамарев, Л.Г. Подгорная // Кукуруза и сорго. – 2002. – № 6. – С. 8-11.

3. Гангур, В.В. Царица полей в монокультуре / В.В. Гангур // Земледелие. – 2010. – № 3. – С. 27-29.

4. Jaste Ch. La monoculture et ses problemes / Ch. Jaste // Cultivar. – 1980. – № 133. – P. 56-63.

5. Каун, В.В. Кукуруза в севообороте короткой ротации и рациональное применение удобрений при ее монокультуре / В.В. Каун // Сб. научн. тр. Адыгейского НИИСХ.– Майкоп, 2001. – Вып. IV. – С. 135-137.

6. Yун, Т.Т. Making the best of corn-corn monoculture in the Eastern Corn-Belt / Т.Т. Yун // Indiana Crop Adviser Conference. Indianapolis, IN. 2006. 19-20th. December. P. 1-5.

7. Ларионова, А.А. Распределение стабильных изотопов углерода в агрочерноземе при смене растительности с C₃ типом фотосинтеза на монокультуру кукурузы / А.А. Ларионова, А.Ф. Стулин, О.Г. Занина, И.В. Евдокимов, О.С. Хохлова, Ф. Бюггер, М. Шлотер // Почвоведение. – 2012. – № 8. – С.863-874.

8. Puget, P. Stock and distribution of total and corn-derived soil organic carbon in aggregate primary particle fractions for different land use and soil management practices / P. Puget, R. Lal, C. Jzaurradle, M. Post, L. Owens // Soil Science. – 2005.– V. 170. – P. 256-279.

9. Flessa, H. Storage and stability of Organic Matter and Fossil Carbon in a Luvisol and Phaeozem with Continuous Maize cropping: A synthesis / H. Flessa, W. Amelung, M. Helfrich, G. Wiesenberg, S. Brodowski, J. Rethemeyer, C. Kramer, P. Grootes // Plant Nutrition and Soil Sci. – 2008. –V. 171.–P. 36-51.

10. Kristiansen, S.M. Natural ¹³C abundance and Carbon Storage in Danish Soils under Continuous Silage Maize / S.M. Kristiansen, E.M. Hansen, L.S. Jensen, B.T. Christensen // Eur. J. of Agron. –2005. – V. 22. – P. 107-117.

11. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России / В.Н. Кудеяров, Г.А. Заварзин, С.А. Благодатский, А.В. Борисов и др. – М.: Наука., 2007. – 315 с.

Literature

1. Voronin, A.N. The main directions and results of maize hybrids breeding in Belgorod RIA / A.N. Voronin, S.A. Khoroshilov, G.M. Zhurba, M.V. Klimenko, T.V. Biryukova // The materials of the All-Russian Conference of the Belgorod RIA, 14-17 July, 2015. "Biologization

of the lands in adaptive-landscape system of agriculture”. Belgorod: “Otchy Dom”, 2015.– PP. 429-434.

2. Lebed, E.M. Fertilizing of permanent varieties of corn / E.M. Lebed, S.M. Kramarev, L.G. Podgornaya // Corn and sorghum. – 2002. – № 6.– PP. 8-11.

3. Gangur, V.V. The queen of the fields in monoculture / V.V. Gangur // Agriculture.– 2010.– № 3. – PP. 27-29.

4. Jaste, Ch. La monoculture et ses problemes / Ch. Jaste // Cultivar. – 1980. – № 133.– P. 56-63.

5. Kaun, V.V. Corn in the short crop rotation and a rational application of fertilizers in the monoculture / V.V. Kaun // Collection of scientific papers of Adygeya RIA.– Maykop, 2001.– Iss. IV. – PP. 135-137.

6. Yyn, T.J. Making the best of corn-corn monoculture in the Eastern Corn-Belt / T.J. Yyn // Indiana Crop Adviser Conference. Indianapolis, IN. 2006. 19-20th. December. P. 1-5.

7. Larionova, A.A. Distribution of stable carbon isotopes in agro black earth with the change of vegetation with the C3 type of photosynthesis on corn-corn monoculture / A.A. Larionova, A.F. Stulin, O.G. Zanina, I.V. Evdokimov, O.S. Khokhlova, F. Byugger, M. Shloter // Soil study. – 2012. – № 8.– PP. 863-874.

8. Puget, P. Stock and distribution of total and corn-derived soil organic carbon in aggregate primary particly fractions for different land use and soil management practices / P. Puget, R. Lal, C. Jzaurradle, M. Post, L. Owens // Soil Science. – 2005. –V. 170. – P. 256-279.

9. Flessa H. Storage and stability of Organic Matter and Fossil Carbon in a Luvisol and Phaeozem with Continuous Maize cropping: A synthesis / H. Flessa, W. Amelung, M. Helfrich, G. Wiesenberg, S. Brodowski, J. Rethemeyer, C. Kramer, P. Grootes // Plant Nutrition and Soil Sci. – 2008. – V. 171. – P. 36-51.

10. Kristiansen S.M. Natural ¹³C abundance and Carbon Storage in Danish Soils under Continuons Silage Maize / S.M. Kristiansen, E.M. Hansen, L.S. Jensen, B.T. Christensen // Eur. J. of Agron. – 2005. – V. 22.– P. 107-117.

11. Pools and carbon fluxes in terrestrial ecosystems in Russia / V.N. Kudayarov, G.A. Zavarzin, S.A. Blagodatny, A.V. Borisov, et al. – M.: Nauka, 2007.– 315 p.