

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	<u>4,42</u>	<u>6,25</u>	<u>7,65</u>	<u>7,77</u>	<u>8,04</u>	<u>0,41</u>
		5,22	6,02	6,77	6,81	7,44	0,37
	III	<u>5,91</u>	<u>5,82</u>	<u>6,42</u>	<u>7,04</u>	<u>7,40</u>	<u>0,43</u>
		4,36	5,44	5,87	6,67	6,84	0,58
	IV	<u>8,35</u>	<u>9,87</u>	<u>11,01</u>	<u>12,49</u>	<u>12,68</u>	<u>1,16</u>
		6,88	8,70	9,77	11,23	12,37	1,00
V	<u>7,10</u>	<u>8,08</u>	<u>8,99</u>	<u>10,02</u>	<u>10,26</u>	<u>0,65</u>	
	6,10	7,63	8,62	9,02	9,82	0,77	
Среднее	<u>6,42</u>	<u>7,34</u>	<u>8,36</u>	<u>8,95</u>	<u>9,32</u>	<u>0,70</u>	
	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.