



ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ДЛИТЕЛЬНОМ ОПЫТЕ С УДОБРЕНИЯМИ НА ЧЕРНОЗЕМАХ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ

Стулин А.Ф., кандидат сельскохозяйственных наук
Воронежский филиал ФГБНУ «ВНИИ кукурузы»
e-mail: stulin_af@mail.ru

Стахурлова Л.Д., кандидат биологических наук
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»
e-mail: stakhurlova@rambler.ru

Аннотация. Рассмотрена продуктивность ячменя и кукурузы в длительном опыте с удобрениями на черноземах выщелоченных. Установлено, что ежегодное внесение азотного компонента в дозе N_{60} дает достоверную прибавку урожая зерновых культур. Лучшие результаты получены после использования $N_{60}P_{60}K_{60}$, в среднем продуктивность ячменя повышается до 71 %. Продуктивность зеленой массы, сухого вещества и зерна кукурузы в севообороте увеличилась соответственно на 35,9; 42,7 и 26,2 % по сравнению с неудобренными вариантами. Показана высокая устойчивость кукурузы к монокультуре на черноземных почвах.

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, стационарные опыты, ячмень, кукуруза, монокультура, севооборот, удобрения, продуктивность.

Введение. Зерновые культуры являются основой продовольственной безопасности страны, а увеличение производства зерна – главной задачей развития современного земледелия. Создание условий для повышения урожая зерна позволит решить глобальные проблемы удовлетворения потребности в нем населения и отрасли животноводства [5]. Оценка влияния факторов сельскохозяйственного производства на продуктивность культур возможна только в длительных стационарных полевых опытах, которые позволяют получать большой массив данных по эффективности использования удобрений в разные по метеоусловиям годы [2, 9, 10]. В настоящее время данные, имеющиеся в справочной литературе, устарели в связи с практически полной ротацией сортового и гибридного состава культур и внедрением новых агротехнологий. Стационарные полевые опыты, проводимые в условиях Воронежского филиала «ВНИИ кукурузы» с соблюдением методических требований Геосети, учитывают не только насущные запросы производства, но и позволяют смоделировать поведение агроэкосистемы на длительную перспективу.

Методика эксперимента. Исследования проведены в двух длительных стационарных полевых опытах, согласно Методических указаний по проведению иссле-

дований в длительных опытах с удобрениями [7]. Оба опыта получили аттестаты № 151 и 152 и включены в Реестр аттестатов длительных опытов с удобрениями РФ [8] с регистрацией в системе международных длительных полевых опытов (координаты: 51°36'480'СШ и 38°58'159'ВД) [13]. Эксперимент представлен тремя полями севооборота и одним полем с бессменным посевом кукурузы. Севооборот – десятипольный, в котором 50 % зерновых, 20 % технических и 30 % кормовых культур. Чередование культур следующее: вико-овсяная смесь на сено – озимая пшеница – сахарная свекла – кукуруза на силос – озимая пшеница – кукуруза на зерно – вико-овсяная смесь на сено – озимая пшеница – подсолнечник – ячмень. Монокультура кукурузы размещается на расстоянии 12 м от делянок севооборота, площадь между полями занимает бессменный чистый пар, сорная растительность уничтожается механическим путем при всходах. Площадь каждого поля – 1,1 га. Посевная площадь делянки – 269,5 м², учетная – 192,5 м². Минеральные удобрения вносят ежегодно осенью под вспашку в виде аммиачной селитры (N_{aa}), гранулированного суперфосфата (P_{cp}) и калийной соли (K_x) по 60 кг д.в. на 1 га по восьмерной диагностической схеме Жоржа Вилля, дополненной четырьмя вариантами: $N_1P_{0,5}K_1$, $N_1P_2K_1$, $N_1P_1K_2$, $N_2P_1K_1$. Всего 12 вариантов. Повторность – трехкратная. Высевают районированные гибриды кукурузы и сорта зерновых культур согласно принятым в зоне агротехническим требованиям. Урожай учитывают методом сплошного взвешивания.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднемощный тяжелосуглинистый на покровной карбонатной глине, согласно современной классификации почв – агрочернозем глинисто иллювиальный [4]. На момент закладки стационара в пахотном горизонте содержание гумуса составляло около 6 %, фосфора – 0,15 %, калия – 2,0 %; реакция среды почвенного раствора – слабокислая ($pH_{вод.} 6,6$); сумма обменных оснований – более 38 ммоль/100 г почвы; Нг – 3,2 ммоль/100 г почвы [12].

В настоящих исследованиях использовали следующие варианты: ячмень в севообороте без удобрений и на фоне N_{60} ; P_{60} ; K_{60} ; $N_{60}P_{60}K_{60}$; $N_{120}P_{60}K_{60}$; $N_{60}P_{120}K_{60}$. Монокультура кукурузы и в севообороте на тех же фонах. Всего 21 вариант. Урожай учитывали методом сплошного взвешивания. Результаты исследований обработаны методом дисперсионного анализа.



Обсуждение результатов.

В Воронежской области наибольшее распространение получили черноземы выщелоченные – ценнейшие почвы зоны неустойчивого увлажнения лесостепи. Они обладают благоприятными физическими свойствами, мало- и среднегумусные, степень насыщенности основаниями превышает 85 %, реакция среды почвенного раствора – слабокислая. Такие почвенные условия хорошо подходят для выращивания всех видов зерновых культур – как хлебных, так и просовидных злаков [12].

Ячмень является важной продовольственной, технической и кормовой культурой. Его посевы на зерно в 2023 г. размещали в севообороте на поле МК-5. Урожайность на неудобренном фоне составила лишь 0,72 т/га, тогда как в среднем за 5 ротаций севооборота она была 1,72 т/га, с минимумом 0,69 т/га в 1979 г. и максимумом 2,67 т/га в 1987 г. (табл. 1).

Интервал изменчивости уровня урожайности в зависимости от метеорологических условий вегетационного периода на этом фоне за 15 лет исследований составил 1,98 т/га, а по вариантам опыта он колебался от 1,72 до 3,14 т/га. Прирост урожайности в 2023 г. по удобренным вариантам был крайне низким и составил 0,23–0,48 т/га, тогда как за все годы исследований он варьировал от 0,73 до 1,42 т/га. Внесение лишь одного минерального компонента экономически нецелесообразно. Достоверную прибавку урожая на 95 % уровне вероятности дает только азотный компонент. Применение полного минерального удобрения с двойной дозой фосфора также невыгодно: по сравнению с вариантом $N_{60}P_{60}K_{60}$ продуктивность ячменя не повышается.

Кукуруза в отличие от ячменя очень требовательна к наличию в почве органического вещества и элементов питания. Только при содержании гумуса более 5 % можно получить хороший урожай, поэтому выщелоченные черноземы наиболее благоприятны для ее выращивания. Посевы кукурузы на силос размещали в десятипольном севообороте в 2022 г. на поле МК-2, 2023 г. – МК-1 и 2024 г. – МК-5. В 2022 г. высевали гибрид Воронежский 230 СВ, в 2023–2024 гг. – Воронежский 190 МВ.

Урожайность зеленой массы кукурузы в фазу молочно-восковой спелости зерна на неудобренном фоне в среднем за 3 года составила 26,2 т/га с колебаниями от 23,6 т/га в 2024 г. до 28,5 т/га

Таблица 1. Урожайность зерна ячменя при длительном внесении удобрений, т/га

Вариант	Урожайность зерна в 2023 г.	Прибавка		Средняя урожайность за 5 ротаций (15 лет)	Прибавка		Диапазон изменчивости уровня урожайности по годам
		т/га	%		т/га	%	
Без удобрений	0,72	0	0	1,72	0	0	0,69–2,67
N_{60}	0,95	0,23	31,9	2,45	0,73	42,4	1,43–4,50
P_{60}	0,70	-0,02	-2,8	1,72	0	0	0,66–2,68
K_{60}	0,76	0,04	5,6	1,73	0,01	0,6	0,68–2,64
$N_{60}P_{60}K_{60}$	1,08	0,36	50,0	2,94	1,22	70,9	1,93–4,93
$N_{60}P_{120}K_{60}$	1,00	0,28	38,9	2,92	1,20	69,8	1,97–4,54
$N_{120}P_{60}K_{60}$	1,20	0,48	66,7	3,14	1,42	82,6	2,19–4,79
$HCP_{0,05}$		0,13			0,21		

Таблица 2. Урожайность зеленой массы кукурузы в севообороте, т/га

Вариант	Урожайность зеленой массы			Среднее за 3 года	Прибавка		Диапазон изменчивости уровня урожайности
	2022 г	2023 г	2024 г		т/га	%	
Без удобрений	28,5	26,4	23,6	26,2	0	0	23,6–28,5
N_{60}	31,7	30,1	26,3	29,4	3,2	12,2	26,3–31,7
P_{60}	28,0	27,6	24,1	26,6	0,4	1,5	24,1–28,0
K_{60}	30,3	28,0	24,4	27,6	1,4	5,3	24,4–30,3
$N_{60}P_{60}K_{60}$	39,2	35,8	31,9	35,6	9,4	35,9	31,9–39,2
$N_{60}P_{120}K_{60}$	39,7	34,5	30,9	35,0	8,8	33,6	30,9–39,7
$N_{120}P_{60}K_{60}$	42,4	41,1	33,7	39,1	12,9	49,2	33,7–42,4
$HCP_{0,05}$	1,4	1,4	1,1		1,3		

в 2022 г. (табл. 2). Действие азотных, фосфорных и калийных удобрений на продуктивность кукурузы было в прямой зависимости от эффективного плодородия почвы. Ежегодное внесение P_{60} не оказывало положительного влияния на урожайность зеленой массы, тогда как применение N_{60} обеспечило достоверную прибавку урожайности 3,2 т/га с варьированием от 2,7 т/га в 2024 г. до 3,7 т/га в 2023 г.

Использование двойной дозы фосфора не только экономически невыгодно, но и экологически нецелесообразно.

Таблица 3. Урожай зеленой массы кукурузы в севообороте по ротациям за все годы исследований, т/га.

Вариант	Ротация						Среднее	Прибавка	
	I	II	III	IV	V	VI		т/га	%
	Годы								
	1971	1981	1991	2001	2011	2021			
	1973	1983	1993	2003	2013	2023			
	1974	1984	1994	2004	2014	2024			
Без удобрений	28,4	25,8	20,5	31,5	25,0	26,2	26,2	0	0
N_{60}	32,1	27,9	25,5	36,9	28,9	29,4	30,1	3,9	14,9
P_{60}	29,2	25,1	21,6	32,1	24,9	26,6	26,6	0,4	1,5
K_{60}	29,8	26,5	21,8	31,1	25,8	27,6	27,1	0,9	3,4
$N_{60}P_{60}K_{60}$	34,5	33,7	28,9	44,3	33,7	35,6	35,1	8,9	34,0
$N_{60}P_{120}K_{60}$	35,7	33,7	28,7	42,7	33,7	35,0	34,9	8,7	33,2
$N_{120}P_{60}K_{60}$	39,2	35,7	30,6	46,2	36,6	39,1	37,9	11,7	44,7
$HCP_{0,05}$	1,6	2,3	1,3	3,2	2,4	1,3		2,1	



Дражированные семена сахарной свеклы В ПРОДАЖЕ 15 ГИБРИДОВ

Таблица 4. Сухое вещество кукурузы в севообороте в опыте с удобрениями, т/га

Вариант	Годы			Среднее	Прибавка		Урожайность сухого вещества за I–VI ротации	Прибавка	
	2022	2023	2024		т/га	%		т/га	%
	VI ротация								
Без удобрений	6,59	7,79	7,48	7,29	0	0	6,56	0	0
N ₆₀	7,59	8,31	7,99	7,96	0,67	9,2	7,44	0,88	13,4
P ₆₀	7,09	8,97	7,83	7,96	0,67	9,2	7,01	0,45	6,9
K ₆₀	7,04	7,87	7,66	7,52	0,23	3,2	6,73	0,17	2,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	9,90	10,78	10,53	10,40	3,11	42,7	9,19	2,63	40,1
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀	9,82	10,94	10,17	10,31	3,02	41,4	9,23	2,67	40,7
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	10,78	11,55	10,65	10,99	3,70	50,8	9,60	3,04	46,3
HCP _{0,05}	0,35	0,41	0,36		0,37				

лесообразно, так как возможное «зафосфачивание» может привести к нарушению баланса биогенных элементов, в том числе и микроэлементов. Максимальный прирост зеленой массы кукурузы 12,9 т/га (по годам 10,1–14,7 т/га), или 49,2 % к неудобренному фону, отмечен в варианте с внесением N₁₂₀P₆₀K₆₀, а по сравнению с N₆₀P₆₀K₆₀ он составил 3,5 т/га, или 9,8 %. В 2024 г. в севообороте кукуруза прошла 6 ротаций (средние данные по ротациям в табл. 3). Урожай зеленой массы на естественном фоне в зависимости от погодных условий вегетационного периода колебался от 20,5 т/га в III ротации до 31,5 т/га в IV ротации, при среднем показателе за 6 ротаций десятипольного севооборота 26,2 т/га. Диапазон изменчивости урожайности по годам в варианте без удобрений за все годы исследований был в пределах 17,4–40,7 т/га, а при внесении N₆₀P₆₀K₆₀ и N₁₂₀P₆₀K₆₀ – соответственно 19,3–50,2 и 22,8–58,1 т/га. Интервал урожайности в диапазоне на неудобренном фоне – 23,3 т/га, в вариантах N₆₀P₆₀K₆₀ и N₁₂₀P₆₀K₆₀ – 30,9 и 35,3 т/га соответственно.

Содержание сухого вещества кукурузы на фоне без удобрений в севообороте за трехлетний период в среднем составило 7,29 т/га. Размер достоверных прибавок был в пределах 0,67–3,70 т/га. В вариантах

с N₆₀P₆₀K₆₀ и N₁₂₀P₆₀K₆₀ прирост составил соответственно 42,7 и 50,8 % к неудобренному фону (табл. 4).

Посевы кукурузы на зерно в севообороте в 2022 г. размещали на поле МК-5. Урожайность на неудобренном фоне составила 4,01 т/га, что на 0,59 т/га выше, чем в среднем за 5 ротаций (табл. 5).

Применение полного минерального удобрения N₆₀P₆₀K₆₀ обеспечило прибавку зерна на 1,05 т/га, а увеличение в нем дозы азота дало максимальную прибавку 1,74 т/га, или 43,4 % к неудобренному фону, а по отношению к варианту N₆₀P₆₀K₆₀ – 0,69 т/га, или 13,6 %.

Современные технологии выращивания сельхозкультур предусматривают насыщение севооборотов основной культурой вплоть до перехода к монокультуре. Есть мнение, что монокультура кукурузы экономически более выгодна, чем система севооборота. Особенно при использовании вне севооборотных и труднодоступных участков вблизи животноводческих комплексов, поскольку сокращаются затраты на транспортировку кукурузного силоса. Считают, что в будущем бессменное возделывание этой культуры только возрастет [1, 3, 6, 11].

Опыт по бессменному выращиванию кукурузы, заложенный на территории Воронежского филиала ВНИИК, является самым длительным не только в РФ, но и ближнем зарубежье. Здесь исследования проводятся на 12 агрохимических фонах, созданных ежегодным внесением удобрений. Урожайность зеленой массы кукурузы при ежегодном внесении минеральных удобрений в условиях бессменной культуры за период 2022–2024 гг. и все годы исследований (57 лет) представлена в таблицах 6 и 7. В контроле она составила 21,3 т/га с колебаниями от 18,0 т/га в 2024 г. до 24,2 т/га в 2022 г. (табл. 6). Как и в севообороте, достоверную прибавку зеленой массы в монокультуре дает азотный компонент. Внесение полного минерального удобрения в дозе N₆₀P₆₀K₆₀ в среднем за три года обеспечило ее прибавку на 9,2 т/га, или 43,2 % к неудобренному фону. Как и в случае с ячменем, двойная доза фосфора неэффективна. Максимальный прирост 13,4 т/га, или 62,9 % к контролю дает двойная доза азота. По сравнению с вариантом N₆₀P₆₀K₆₀ он составил 4,2 т/га, или 13,8 %. За все годы исследований урожайность зеленой массы монокультуры кукурузы на неудобренном фоне – 22,3 т/га с колебаниями от 12,7 т/га в 2010 г. до 31,7 т/га в 2012 г. (табл. 7). Интервал изменчивости урожайности – в пределах 19,0–40,0 т/га, при этом в полном удобрении при различных сочетаниях элементов питания – 33,7–40,0 т/га. В среднем за VI ротаций на неудобрен-

Таблица 5. Урожайность зерна кукурузы в севообороте, т/га

Вариант	Средняя урожайность из 3 повторений	Прибавка		Диапазон изменчивости уровня урожайности	Интервал изменчивости в диапазоне
		т/га	%		
Без удобрений	4,01	0	0	3,90–4,15	0,25
N ₆₀	4,59	0,58	14,5	4,34–4,83	0,49
P ₆₀	4,09	0,08	2,0	3,89–4,26	0,37
K ₆₀	4,17	0,16	4,0	3,93–4,35	0,42
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,06	1,05	26,2	4,89–5,27	0,38
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀	5,12	1,11	27,7	4,87–5,33	0,46
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	5,75	1,74	43,4	5,60–5,93	0,33
HCP _{0,05}		0,34			

ном фоне изменчивость урожайности составила 4,2 т/га, а в вариантах с удобрениями – 2,7–5,5 т/га.

Урожайность сухого вещества кукурузы на неудобренном фоне в монокультуре за 3 года составила 6,16 т/га с колебаниями от 5,79 т/га в 2022 г. до 6,59 т/га в 2023 г., а за все годы исследований – 5,82 т/га (табл. 8). Закономерность влияния доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность сухого вещества была аналогичной их действию на урожайность зеленой массы. Размах варьирования достоверных прибавок по вариантам опыта был от 15,7 % при ежегодном внесении N_{60} до 52,8 % при внесении $N_{120}P_{60}K_{60}$ от неудобренного фона, а за все годы исследований эти показатели были выше и составили 24,9 и 60,1 % соответственно.

Содержание «сырого протеина» в сухом веществе кукурузы на неудобренном фоне в монокультуре в среднем за три года наблюдений составило 310 кг/га с колебаниями от 292 в 2022 г. до 332 кг/га в 2023 г. При внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ сбор протеина увеличился до 592 кг/га, а в варианте $N_{120}P_{60}K_{60}$ он повысился более чем в 2 раза – до 678 кг/га по сравнению с вариантом без удобрений.

Выращивание одного и того же гибрида кукурузы в севообороте и монокультуре позволило выявить роль севооборотного фактора в продукционном процессе (табл. 9). Так, прирост зеленой массы за счет севооборотного фактора на неудобренном фоне за период с 2022 по 2024 гг. составил 4,9 т/га с колебаниями от 4,3 т/га в 2022 г. до 5,6 т/га в 2024 г., а по всем вариантам был в пределах 3,6–6,2 т/га. В среднем за VI ротаций он составил 4,2 т/га, а по вариантам – 2,6–5,5 т/га.

Заключение. Таким образом, достоверную прибавку урожая зерновых культур дает ежегодное внесение азотного компонента в дозе N_{60} . Продуктивность ячменя выросла на 32 %. Внесение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{120}P_{60}K_{60}$ увеличивало урожайность на 50 и 67 % соответственно, а в среднем за 15 лет наблюдений – на 71 и 82,6 % соответственно. Продуктивность зеленой массы, сухого вещества и зерна кукурузы в севообороте повысилась соответственно на 35,9; 42,7 и 26,2 % по сравнению с неудобренными вариантами. В бессменных посевах кукурузы при внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ урожайность зеленой массы и сухого вещества выросла на 43,2 и 46,9 %. Удвоение азотного компонента экономически невыгод-

Таблица 6. Урожайность зеленой массы кукурузы в монокультуре, т/га

Вариант	Урожайность зеленой массы по годам			Среднее за 3 года	Прибавка		Диапазон изменчивости уровня урожайности
	2022	2023	2024		т/га	%	
Без удобрений	24,2	21,6	18,0	21,3	0	0	18,0-24,2
N_{60}	30,0	26,4	21,1	25,8	4,5	21,1	21,1-30,0
P_{60}	22,9	20,7	17,6	20,4	-0,9	-4,2	17,6-22,9
K_{60}	26,6	22,7	19,0	22,8	1,5	7,0	19,0-26,6
$N_{60}P_{60}K_{60}$	33,9	32,5	25,1	30,5	9,2	43,2	25,1-33,9
$N_{60}P_{120}K_{60}$	35,2	33,0	24,8	31,0	9,7	45,5	24,8-35,2
$N_{120}P_{60}K_{60}$	38,7	37,8	27,7	34,7	13,4	62,9	27,7-38,7
$HCP_{0,05}$	1,9	0,9	1,5	1,5			

Таблица 7. Урожайность зеленой массы кукурузы в монокультуре, среднее за 57 лет

Вариант	Средняя урожайность за все годы исследований	Прибавка		Диапазон изменчивости уровня урожайности	Интервал изменчивости в диапазоне
		т/га	%		
Без удобрений	22,3	0	0	12,7–31,7	19,0
N_{60}	27,8	5,5	24,7	13,5–39,1	25,6
P_{60}	21,7	-0,6	-2,7	11,3–31,6	20,3
K_{60}	23,1	0,8	3,6	11,6–34,8	23,2
$N_{60}P_{60}K_{60}$	32,7	10,4	46,6	14,8–49,8	35,0
$N_{60}P_{120}K_{60}$	32,0	9,7	43,5	15,3–49,0	33,7
$N_{120}P_{60}K_{60}$	35,8	13,5	60,5	15,6–55,6	40,0
$HCP_{0,05}$		2,4			

но и экологически нецелесообразно. Наши исследования показали высокую устойчивость кукурузы к монокультуре. Прирост ее урожайности за счет севооборотного фактора по всем вариантам опыта был в пределах 3,6–6,1 т/га зеленой массы и 0,83–1,78 т/га сухого вещества. Эффективность азотного удобрения в значительной степени зависела от метеорологических условий вегетационного периода. В благоприятные по увлажнению и равномерности выпадения осадков в течение вегетации годы (1988, 1997, 2000, 2005, 2007) прибавка урожая зеленой массы от внесения N_{60}

Таблица 8. Урожайность сухого вещества кукурузы в монокультуре, т/га

Вариант	Годы			Среднее	Прибавка		Урожайность за все годы исследований	Прибавка	
	2022	2023	2024		т/га	%		т/га	%
Без удобрений	5,79	6,59	6,10	6,16	0	0	5,82	0	0
N_{60}	7,44	7,28	6,67	7,13	0,97	15,7	7,27	1,45	24,9
P_{60}	5,80	6,67	6,28	6,25	0,09	1,5	5,89	0,07	1,2
K_{60}	5,93	6,63	6,40	6,32	0,16	2,6	5,99	0,17	2,9
$N_{60}P_{60}K_{60}$	9,02	9,22	8,91	9,05	2,89	46,9	8,68	2,86	49,1
$N_{60}P_{120}K_{60}$	8,27	10,03	8,70	9,00	2,84	46,1	8,72	2,90	49,8
$N_{120}P_{60}K_{60}$	8,86	10,21	9,17	9,41	3,25	52,8	9,32	3,50	60,1
$HCP_{0,05}$	0,46	0,26	0,51	0,42				0,69	



Таблица 9. Урожай зеленой массы кукурузы в севообороте и монокультуре, т/га

Вариант	Ротация						Среднее	Прибавка		Прирост за счет севооборота
	I	II	III	IV	V	VI		т/га	%	
	Годы									
	1971 1973 1974	1981 1983 1984	1991 1993 1994	2001 2003 2004	2011 2013 2014	2021 2023 2024				
Без удобрений	28,4 24,9	25,8 22,3	20,5 18,0	31,5 25,4	25,0 19,9	26,2 21,3	26,2 22,0	0	0	4,2
N ₆₀	32,1 30,4	27,9 26,3	25,5 22,7	36,9 32,2	28,9 24,9	29,4 25,8	30,1 27,1	3,9 5,1	14,9 23,2	3,0
P ₆₀	29,2 24,3	25,1 20,3	21,6 17,1	32,1 25,2	24,9 19,0	26,6 20,4	26,6 21,1	0,4 -0,9	1,5 -1,4	5,5
K ₆₀	29,8 26,4	26,5 22,4	21,8 18,8	31,1 27,6	25,8 20,7	27,6 22,8	27,1 23,1	0,9 1,1	3,4 5,0	4,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	34,5 34,6	33,7 29,1	28,9 27,8	44,3 40,8	33,7 28,9	35,6 30,5	35,1 32,0	8,9 10,0	34,0 45,5	3,1
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀	35,7 35,2	33,7 28,7	28,7 24,9	42,7 40,2	33,7 28,8	35,0 31,0	34,9 31,5	8,7 9,5	33,2 43,2	3,4
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	39,2 35,9	35,7 31,6	30,6 28,6	46,2 45,9	36,6 34,6	39,1 34,7	37,9 35,2	11,7 13,2	44,7 60,0	2,7
HCP _{0,05}	1,7 1,6	1,8 2,3	2,6 1,3	5,2 3,2	2,4 2,9	1,3 1,5		2,8 2,3		

Примечание: в числителе – севооборот, в знаменателе – монокультура

составила соответственно 13,5; 13,6; 10,4; 10,8 и 13,2 т/га, в то время как в засушливые 1971, 1972, 1976, 1984, 2010 гг. – лишь 0,7; 0,2; 1,8; 1,6; 0,4 т/га соответственно. Анализ многолетних исследований свидетельствует, что азотные удобрения необходимо вносить совместно с фосфорными и калийными. При внесении N₆₀P₆₀K₆₀ прирост урожайности почти удваивается по сравнению с вариантом применения только N₆₀.

В среднем за 57 лет наблюдений прибавка зеленой массы кукурузы от внесения полного минерального удобрения составила 47,3 % по сравнению с контролем. Нашими исследованиями также показано, что при ежегодном внесении только фосфорных удобрений (P₆₀) отмечена устойчивая тенденция к уменьшению урожайности, что связано не только с неблагоприятным действием одностороннего фосфорного питания, но и со снижением уровня использования микроэлементов из почвы.

Список использованной литературы

1. Vyn, T.J. Making the best of corn-corn monoculture in the Eastern Corn-Belt / T.J. Vyn. - Indiana Crop Adviser Conference in 19-20 th December, 2006. - P. 1-5.
2. Бюллетень Географической сети опытов с удобрениями. Вып. IV. Влияние дождевых осадков на загрязнение с/х угодий (по данным локального мониторинга). - М.: ВНИИА, 2013. - 30 с.
3. Верховцева, Н.В. Урожайность кукурузы (*Zea mays* L.) и микробиоценоз ее ризосферы в бессменном посеве и севообороте / Н.В. Верховцева, А.А. Романычева // Агрохимия. - 2015. - № 9. - С. 87-101.

4. Громовик, А.И. Агрочернозем глинисто-иллювиальный сильногумусированный средне-мощный среднепахотный тяжелосуглинистый / А.И. Громовик, Л.Д. Стахурлова, А.Ф. Стулин и др. - В кн.: Красная книга почв Воронежской области. - Воронеж, 2022. - С. 269-270.

5. Державин, Л.М. Роль агрохимической службы в модернизации сельскохозяйственного производства и обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации / Л.М. Державин, Р.А. Афанасьев, Г.Е. Мерзлая. - М.: ВНИИА, 2016. - 111 с.

6. Мамсиров, Н.И. Кукуруза в севооборотах короткой ротации и рациональное применение удобрений при ее монокультуре / Н.И. Мамсиров, Р.К. Тугуз, М.Р. Тимов // Земледелие. - 2014. - № 1. - С. 35-37.

7. Методические указания по проведению длительных опытов с удобрениями. Часть 1. Особенности закладки и проведения длительных опытов в различных условиях. - М.: ВИУА, 1986. - 146 с.

8. Реестр аттестатов длительных опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами РФ. - М., 2012. - С. 12-19.

9. Романенков, В.А. Длительные опыты Геосети в современных и перспективных агрохимических и агроландшафтных исследованиях / В.А. Романенков, Л.К. Шевцова // Агрохимия. - 2014. - № 11. - С. 3-14.

10. Сычев, В.Г. Значение географической сети опытов с удобрениями для решения современных проблем сельскохозяйственного производства / В.Г. Сычев, В.А. Романенков, М.В. Беличенко // Мат. Всерос. совещ. «75 лет Геосети опытов с удобрениями». - М.: ВНИИА, 2016. - С. 3-10.

11. Скороходов, В.Ю. Урожайность кукурузы на силос в севооборотах и при бессменном возделывании в зависимости от предшественника на двух уровнях интенсификации в степной зоне южного Урала / В.Ю. Скороходов // Известия Оренбургского ГАУ. - 2020. - № 2. - С. 68-71.

12. Stakhurlova, L.D. Biodinamics of black soils leached under different agrotechnical practices in long-term field experiments / L.D. Stakhurlova, A.F. Stulin // Russian Agricultural Sciences. - 2017. - V. 43. - № 1. - P. 35-39.

13. Стулин, А.Ф. Продуктивность монокультуры кукурузы в длительном опыте с удобрениями / А.Ф. Стулин, Л.Д. Стахурлова // Сахарная свекла. - 2024. - № 4. - С. 28-31.

Productivity of grain crops in long-term experience with fertilizers on leached black soils

Stulin A.F., Stakhurlova L.D.

Summary. The productivity of barley and corn in a long-term experiment with fertilizers on leached black soils is considered. It was found that the annual application of the nitrogen component at a dose of N₆₀ gives a reliable increase in the yield of grain crops. The best results were obtained after using N₆₀P₆₀K₆₀, on average, the productivity of barley increases to 71 %. The productivity of green mass, dry matter and grain of corn in crop rotation increased, respectively, by 35.9; 42.7 and 26.2% compared to unfertilized variants. High resistance of corn to monoculture on black soils was shown.

Keywords: leached black soil, stationary experiments, barley, corn, monoculture, crop rotation, fertilizers, productivity.