АГРОХИМИЯ, 2019, № 1, с. 29–35

Удобрения

УДК 631.811:631.543.2:633.15:631.559(470.345)

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ГУСТОТЫ СТОЯНИЯ РАСТЕНИЙ КУКУРУЗЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

© 2019 г. А. А. Моисеев[1], А. В. Ивойлов[1,*], С. С. Якомаскин[2], А. В. Сидоров[3]

[1] Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва
430005 Саранск, ул. Большевистская, 68, Россия
[2] ООО "Богдановское"
430904 Старошайговский р-он, с. Богдановка, пер. им. Чапаева, 2, Республика Мордовия, Россия
[3] Государственный Центр агрохимической службы "Мордовский"
430904 Саранск, п/о Ялга, ул. Пионерская, 35, Россия
**E-mail: ivoilov.av@mail.ru*

Поступила в редакцию 18.04.2018 г.
После доработки 15.05.2018 г.
Принята к публикации 12.10.2018 г.

В двухфакторном полевом опыте изучено влияние минеральных удобрений и густоты стояния растений на величину урожая и показатели качества зерна кукурузы (*Zea mays* L.) при возделывании ее на темно-серой лесной среднесуглинистой почве. Установлено, что применение минеральных удобрений достоверно увеличивало зерновую продуктивность кукурузы в среднем за 3 года на 2.27–3.26 т/га при урожайности в контроле 2.97 т/га, изменяло показатели качества зерна. Без внесения удобрений максимальная урожайность зерна кукурузы отмечена при густоте стояния 50, при их использовании – 65 тыс. растений/га.

Ключевые слова: минеральные удобрения, густота стояния растений, кукуруза, урожайность, качество зерна, северная часть лесостепи Среднего Поволжья.

DOI: 10.1134/S0002188119010058

ВВЕДЕНИЕ

Кукуруза (*Zea mays* L.) из-за ее высокой потенциальной урожайности и универсальности использования – одна из ключевых культур современного мирового земледелия. Среди возделываемых растений по энергетическим запасам она наряду с пшеницей, рисом, ячменем и картофелем входит в первую пятерку лидеров [1].

В условиях северной части лесостепи Среднего Поволжья кукурузу широко возделывают как основную силосную культуру со 2-й половины 1950-х гг. С появлением скороспелых, ультраранних и раннеспелых гибридов с потенциалом урожайности зерна 8–10 т/га стало возможным выращивание кукурузы в этом сельскохозяйственном регионе и на зерно. Однако на сегодняшний день технология возделывания кукурузы на зерно для почвенно-климатических условий зоны разработана неполно, в особенности это касается элементов, связанных с применением минеральных удобрений. И если вопросы эффективного использования удобрений при возделывании кукурузы на зеленую массу и силос достаточно хорошо проработаны [2–8], то применение удобрений при выращивании ее на зерно требует дополнительного изучения и уточнения. При этом несомненный интерес представляет оценка эффективности удобрений в зависимости от погодных условий [9–14] и густоты стояния растений. Известно, например, что взаимосвязь между эффективностью минеральных удобрений и густотой стояния растений носит сложный характер и не имеет однозначного определения для различных сельскохозяйственных культур и почвенно-климатических условий произрастания [15–17].

Цель работы – изучение влияния минеральных удобрений и густоты стояния растений на величину урожайности и качество зерна раннеспелого гибрида кукурузы Каскад 166 АСВ (число ФАО 170), оценка агрономической эффективности применения удобрений в зависимости погодных условий периода вегетации.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили в 2015–2017 гг. в полевом двухфакторном (3 × 5) опыте, заложенном в ООО "Богдановское" Старшайговского р-на

Таблица 1. Метеорологические условия вегетационных периодов в 2015–2017 гг.

Год	Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
	декады														
	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я
Среднесуточная температура воздуха, °C															
2015	13.1	12.5	21.7	17.6	19.4	23.4	19.2	16.7	19.8	17.9	15.4	15.0	13.8	13.7	18.9
2016	12.6	13.0	17.8	13.5	19.9	20.4	19.0	22.3	20.8	23.0	22.1	20.1	13.4	9.6	9.0
2017	13.2	10.3	13.0	12.4	15.8	16.5	16.1	19.5	20.2	20.5	19.1	17.6	13.7	16.0	7.2
Норма	11.8	13.2	14.8	16.6	17.8	18.4	18.6	19.2	19.1	18.7	16.7	15.6	14.0	11.3	8.6
Осадки, мм															
2015	2	10	0	10	0	33	13	28	5	22	11	8	0	1	0
2016	9	7	20	14	7	10	16	1	45	1	21	0	10	9	30
2017	8	6	22	23	19	10	89	16	15	5	0	9	35	9	5
Норма	10	13	14	15	23	20	30	19	23	19	20	13	13	17	19
Сумма активных температур, >5°C															
2015	169	267	506	682	876	1110	1302	1469	1687	1866	2020	2175	2313	2442	2622
2016	276	377	573	700	899	1103	1293	1516	1745	1975	2196	2417	2551	2596	2631
2017	189	256	376	486	644	809	970	1165	1388	1593	1784	1978	2115	2275	2287
Норма	109	239	404	570	748	934	1127	1322	1536	1726	1904	2074	2214	2328	–
Сумма эффективных температур, >10°C															
2015	49	77	206	282	376	510	602	669	787	866	920	975	1013	1060	1159
2016	66	97	183	220	319	423	513	636	755	885	1006	1117	1151	1156	1161
2017	59	76	116	146	204	269	330	425	548	653	744	838	875	935	937
Норма	9	39	94	160	238	324	417	512	697	787	865	989	1029	1043	–
Гидротермический коэффициент по Селянинову (ГТК)															
2015	0.26			0.71			0.80			0.78			0.02		
2016	0.85			0.58			0.97			0.33			2.29		
2017	1.13			1.20			2.07			0.24			1.59		
Норма	0.92			1.09			1.20			0.95			2.26		

Республики Мордовия методом рендомизированных повторений на темно-серой лесной среднесуглинистой почве со следующими агрохимическими показателями пахотного (0–22 см) слоя: pH_{KCl} (ГОСТ 26483-85) 5.2–5.5, гидролитическая кислотность (ГОСТ 26212-91) – 2.37–4.12 смоль/кг почвы, сумма поглощенных оснований (ГОСТ 27821-88) – 19.9–21.6 смоль/кг почвы, содержание гумуса (ГОСТ 26213-91) – 3.97–5.02%, подвижных форм фосфора и калия (по Кирсанову, ГОСТ 26207-91) – 72–77 и 117–120 мг/кг почвы соответственно. По агрохимическим свойствам участок под опытом был типичным для темно-серой среднесуглинистой почвы [18, 19].

Схема опыта (фактор А – густота стояния растений), варианты: 1 – 50 тыс. растений/га (70 × × 28.6 см), 2 – 65 тыс. растений/га (70 × 20.0 см), 3 – 80 тыс. растений/га (70 × 17.9 см); фактор Б (внесение удобрений), варианты: – 1 – без удобрений (контроль), 2 – N90, 3 – N60P30K30, 4 – N90P30K30, 5 – N120P30K30. Выбор указанных доз удобрений был обусловлен ранее проведенными исследованиями, которые в условиях Республики Мордовия показали определяющую роль азота в формировании продуктивности кукурузы [2, 4, 20, 21].

Посевная площадь делянки 1-го порядка составляла 140 м^2 (14.0 × 10.0 м), 2-го – 28 м^2 (2.8 × × 10.0 м), учетная площадь – 10 м^2 (1.4 × 7.15 м), повторность трехкратная. Густоту стояния растений в вариантах опыта формировали в фазе полных всходов. Предшественник – яровой ячмень.

Агротехника кукурузы была типичной для Мордовии. После уборки предшественника проводили лущение стерни и по мере отрастания сорняков – вторую обработку дискатором на глубину 12–14 см. Весной обработка почвы состояла из ранневесеннего боронования и двух послойных культиваций на 8–10 и 5–7 см (вторая – в день проведения сева).

Таблица 2. Влияние удобрений и густоты стояния растений на урожайность зерна кукурузы, т/га

Густота стояния растений, (фактор А)	Удобрение (фактор Б), вариант					Средние фактора А
	без удобрений (контроль)	N90	N60P30K30	N90P30K30	N120P30K30	
2015 г.						
50 тыс./га	4.07	6.80	7.18	7.55	8.08	6.74
65 тыс./га	4.22	7.02	7.12	7.39	7.17	6.58
80 тыс./га	3.95	7.04	6.69	7.43	7.61	6.54
Средние фактора Б	4.08	6.95	7.00	7.46	7.62	6.62
$НСР_{05}$ частных различий = 0.58			$НСР_{05}$ фактора А = $F_ф < F_{05}$, $НСР_{05}$ фактора Б = 0.33			
2016 г.						
50 тыс./га	2.79	5.14	5.31	5.97	6.03	5.05
65 тыс./га	2.61	5.54	5.99	6.73	6.88	5.55
80 тыс./га	2.54	5.42	5.53	6.01	6.30	5.16
Средние фактора Б	2.65	5.37	5.61	6.24	6.40	5.25
$НСР_{05}$ частных различий = 0.69			$НСР_{05}$ фактора А = 0.32; $НСР_{05}$ фактора Б = 0.29			
2017 г.						
50 тыс./га	2.22	3.66	4.00	4.38	5.08	3.87
65 тыс./га	2.08	3.49	3.75	4.31	4.90	3.71
80 тыс./га	2.08	3.02	3.18	3.48	4.02	3.16
Средние фактора Б	2.13	3.39	3.64	4.06	4.67	3.58
$НСР_{05}$ частных различий = 0.28			$НСР_{05}$ фактора А = 0.13; $НСР_{05}$ фактора Б = 0.16			
Среднее за 2015–2017 гг.						
50 тыс./га	3.03	5.20	5.50	5.97	6.40	5.22
65 тыс./га	2.97	5.35	5.62	6.14	6.32	5.28
80 тыс./га	2.90	5.16	5.13	5.64	5.98	4.96
Средние фактора Б	2.97	5.24	5.42	5.92	6.23	5.16

Удобрения вносили вручную согласно схеме опыта весной под первую культивацию. В качестве удобрений использовали $N_{аа}$ и АЗФК (15 : 15 : 15). Посев выполняли сеялкой точного высева с междурядьями 70 см при прогревании почвы на глубине 8 см до 12–15°С. В 2015 г. посев проведен 12 мая, в 2016 г. – 16 мая, в 2017 г. – 4 мая. Глубина заделки семян – 5–6 см (во влажный слой почвы). Скорость движения агрегата при посеве – 5–6 км/ч.

Уход за посевами состоял из внесения гербицида против злаковых и двудольных малолетних и многолетних сорняков (кордус Плюс, 0.3 кг/га). В баковой смеси с гербицидом применяли регулятор роста растений альбит (40 г/га) и микроэлементы в виде препарата изагриВит (0.4 л/га). Учет зерновой продуктивности проводили в фазе восковой–физиологической спелости при влажности зерна ≈40%.

Погодные условия в годы проведения опыта были различными, но типичными для региона с неустойчивым гидротермическим режимом в период вегетации растений (табл. 1). Например, лучшие условия для роста и развития растений сложились в 2015 г., когда в июне–июле выпало 89 мм осадков, а $ГТК_{VI–VII}$ был равен 0.75, набор эффективных температур >10°С составил 581°. Наихудшие условия для кукурузы, возделываемой на зерно, сложились в 2017 г. ($ГТК_{VI–VII}$ 1.70).

Содержание в зерне сырого протеина определяли по ГОСТ Р 51417-99, сырого жира – по ГОСТ 29033-91, сырой клетчатки – по ГОСТ Р 52839-2007, крахмала – по ГОСТ 10845-98.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов на персональном компьютере с применением программ прикладной статистики “Stat 3” и Excel 2003.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что урожайность зерна кукурузы различалась в годы опыта и в вариантах, зависела как от метеорологических условий периода вегетации кукурузы, так и от ее реакции на внесение удобрений и густоту стояния растений (табл. 2).

Таблица 3. Окупаемость минеральных удобрений, кг зерна/кг д.в. удобрений

Густота стояния растений (фактор А)	Удобрение (фактор Б), вариант				Средние фактора А
	N90	N60P30K30	N90P30K30	N120P30K30	
2015 г.					
50 тыс./га	30.3	25.9	23.2	22.3	25.4
65 тыс./га	31.1	24.2	21.1	16.4	23.2
80 тыс./га	34.3	22.8	23.2	20.3	25.2
Средние фактора Б	31.9	24.3	22.5	19.7	24.6
2016 г.					
50 тыс./га	26.1	21.0	21.2	18.0	21.6
65 тыс./га	32.6	28.2	27.5	23.7	28.0
80 тыс./га	32.0	24.9	23.1	20.9	25.2
Средние фактора Б	30.2	24.7	23.9	20.9	24.9
2017 г.					
50 тыс./га	16.0	14.8	14.4	15.9	15.3
65 тыс./га	15.7	13.9	14.9	15.7	15.0
80 тыс./га	10.4	9.2	9.3	10.8	9.9
Средние фактора Б	14.0	12.6	12.9	14.1	13.4
Средние за 2015–2017 гг.					
50 тыс./га	24.1	20.6	19.6	18.7	20.8
65 тыс./га	26.4	22.1	21.1	18.6	22.0
80 тыс./га	25.1	18.6	18.3	17.1	19.8
Средние фактора Б	25.2	20.4	19.7	18.1	20.8

Например, в 2015 г. при благоприятных гидротермических условиях периода вегетации получена наибольшая в опыте урожайность зерна кукурузы – 6.62 т/га (ГТК за вегетацию = 0.62, при этом за 3-ю декаду июня и июль выпало 79 мм осадков, а ГТК составил 0.97). В условиях повышенного увлажнения 2017 г. и недобора эффективных температур в период вегетации кукурузы средняя урожайность была равна 3.58 т/га (ГТК за вегетацию = 1.24, за 3-ю декаду июня и июль выпало 130 мм осадков, ГТК составил 1.75). В 2016 г. урожайность была равна 5.25 т/га (ГТК за вегетацию = = 0.70, за 3-ю декаду июня и июль выпало 72 мм осадков, ГТК составил 0.85). Влияние погоды отмечено при любом уровне минерального питания и густоте стояния растений, что позволило утверждать, что для формирования урожая зерна кукурузы и эффективности применения удобрений значимым фактором были погодные условия в период вегетации.

Внесение минеральных удобрений достоверно увеличивало урожайность зерна кукурузы. При этом наибольший сбор зерна за 3 года исследования отмечен при внесении N120P30K30. В среднем, независимо от густоты стояния растений, в 2015 г. прибавка урожайности зерна в этом варианте относительно контроля без удобрений составила 3.54 т/га, в 2016 г. – 3.75 и в 2017 г. – 2.54 т/га.

Отзывчивость кукурузы на внесение удобрений также зависела от метеорологических условий периода вегетации. Наибольшие прибавки урожайности зерна от их применения наблюдали в 2016 г., наименьшие – в 2017 г. На фоне внесения N90 сбор зерна, независимо от густоты стояния растений, в 2015 г. увеличился по сравнению с неудобренным вариантом на 2.87 т/га, в 2016 г. – на 2.71, в 2017 г. – на 1.27 т/га. При применении N90P30K30 и N120P30K30 урожайность зерна увеличилась на 3.38, 3.58, 1.93 т/га и 3.54, 3.74, 2.53 т/га соответственно. При этом увеличение суммарной дозы применения удобрений снижало окупаемость внесенных удобрений (табл. 3). Например, наибольшая окупаемость отмечена при использовании N90, наименьшая – при внесении N120P30K30. Дополнительное внесение P30K30 увеличивало сбор зерна кукурузы в среднем в опыте на 0.68 т/га. Расчеты показали, что при внесении N90P30K30 в суммарной прибавке урожайности на долю азота приходилось 77, на долю PK-удобрений – 23%.

Таблица 4. Химический состав зерна кукурузы

Густота стояния растений (фактор А)	Удобрение (фактор Б), вариант	Содержание, % абсолютно сухого вещества			
		сырой протеин	крахмал	клетчатка	сырой жир
2015 г.					
50 тыс./га	Без удобрений	5.24	74.3	4.73	3.99
	N90	7.24	74.3	3.87	4.17
	N60P30K30	6.70	74.1	4.40	4.06
	N90P30K30	7.41	75.0	3.40	4.10
	N120P30K30	7.01	74.8	3.37	3.98
65 тыс./га	Без удобрений	5.43	73.9	4.63	4.06
	N90	7.19	73.3	3.83	4.19
	N60P30K30	6.70	73.8	4.13	4.11
	N90P30K30	7.36	73.7	3.70	4.10
	N120P30K30	6.84	73.9	3.43	4.14
80 тыс./га	Без удобрений	5.63	72.6	3.40	4.07
	N90	7.09	72.1	4.17	4.25
	N60P30K30	6.78	73.5	3.53	4.39
	N90P30K30	7.20	73.9	3.30	4.31
	N120P30K30	6.89	73.9	4.33	4.08
$НСР_{05}$ частных различий		1.1	$F_{факт} < F_{05}$	0.37	$F_{факт} < F_{05}$
$НСР_{05}$ фактора А		$F_{факт} < F_{05}$		$F_{факт} < F_{05}$	$F_{факт} < F_{05}$
$НСР_{05}$ фактора Б		0.64		0.21	$F_{факт} < F_{05}$
$НСР_{05}$ взаимодействия факторов А и Б		$F_{факт} < F_{05}$		$F_{факт} < F_{05}$	$F_{факт} < F_{05}$
2016 г.					
50 тыс./га	Без удобрений	6.88	74.9	4.82	4.33
	N90	7.56	73.6	4.29	4.89
	N60P30K30	7.56	74.1	4.23	4.18
	N90P30K30	8.00	74.9	4.31	4.40
	N120P30K30	8.41	75.3	4.00	4.39
65 тыс./га	Без удобрений	6.75	75.1	4.78	4.11
	N90	7.75	73.7	3.81	3.93
	N60P30K30	7.75	73.7	4.03	4.29
	N90P30K30	7.69	74.2	4.01	4.12
	N120P30K30	7.88	75.5	4.07	4.38
80 тыс./га	Без удобрений	6.88	73.2	4.52	3.87
	N90	7.38	74.2	3.89	3.81
	N60P30K30	7.31	73.4	4.13	4.57
	N90P30K30	7.69	72.4	4.04	4.21
	N120P30K30	7.69	72.2	4.09	4.60
$НСР_{05}$ частных различий		0.42	0.9	0.29	0.49
$НСР_{05}$ фактора А		0.19	0.4	0.13	$F_{факт} < F_{05}$
$НСР_{05}$ фактора Б,		0.24	0.5	0.17	0.28
$НСР_{05}$ взаимодействия факторов А и Б		0.24	0.5	0.17	$F_{факт} < F_{05}$
Средние за 2015–2016 гг.					
50 тыс./га	Без удобрений	6.06	74.6	4.78	4.16
	N90	7.40	74.0	4.08	4.53
	N60P30K30	7.13	74.1	4.32	4.12
	N90P30K30	7.70	75.0	3.86	4.25
	N120P30K30	7.71	75.0	3.68	4.18
65 тыс./га	Без удобрений	6.09	74.5	4.70	4.08
	N90	7.47	73.5	3.82	4.06
	N60P30K30	7.22	73.8	4.08	4.20
	N90P30K30	7.52	74.0	3.86	4.11
	N120P30K30	7.36	74.7	3.75	4.26

Таблица 4. Окончание

Густота стояния растений (фактор А)	Удобрение (фактор Б), вариант	Содержание, % абсолютно сухого вещества			
		сырой протеин	крахмал	клетчатка	сырой жир
80 тыс./га	Без удобрений	6.26	72.9	3.96	3.97
	N90	7.24	73.2	4.03	4.03
	N60P30K30	7.04	73.4	3.83	4.48
	N90P30K30	7.44	73.2	3.67	4.26
	N120P30K30	7.29	73.0	4.21	4.34

Густота стояния растений также оказала влияние на величину урожайности зерна кукурузы и эффективность удобрений. При этом выявлена неоднозначная реакция культуры на внесение удобрений и густоту стояния растений. Установлено, что без применения удобрений максимальная урожайность зерна кукурузы получена при густоте стояния 50 тыс. растений/га (табл. 2). При использовании под кукурузу минеральных удобрений наибольший сбор зерна отмечен при густоте стояния 65 тыс. растений/га.

Погодные условия и минеральные удобрения оказали существенное влияние и на химический состав зерна кукурузы (табл. 4). В среднем в опыте в 2016 г. было получено более богатое протеином зерно (7.55%), чем в 2015 г. (6.68%). Внесение азота в составе удобрений увеличивало содержание сырого протеина в зерне в среднем за 2 года с 6.14% в варианте без внесения удобрений до 7.13% – в варианте N60P30K30, и до 7.47% – в варианте N120P30K30. Дополнительное внесение P30K30 к N90 увеличивало содержание сырого протеина в зерне кукурузы на 0.18%. В 2015 г. наибольшее содержание сырого протеина в зерне кукурузы (7.36–7.41%) было при внесении N90P30K30 и густоте стояния растений 50 и 65 тыс. растений/га, в 2016 г. – на фоне применения N90P30K30 и N120P30K30 и густоте стояния 50 тыс. растений/га (8.00 и 8.41% соответственно).

Применение удобрений существенно не влияло на содержание в зерне кукурузы крахмала ($F_{факт} < F_{05}$). В то же время большее его количество отмечено при густоте стояния 50 тыс. растений/га. Содержание сырого жира в зерне кукурузы также достоверно не зависело от внесенных доз удобрений и густоты стояния растений ($F_{факт} < F_{05}$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования свидетельствовали о том, что урожайность зерна кукурузы зависела как от метеорологических условий периода вегетации растений, так и от ее реакции на внесение удобрений и густоту стояния. При благоприятных гидротермических условиях периода вегетации 2015 г. получена наибольшая в опыте урожайность зерна кукурузы – 6.62 т/га, в условиях повышенного увлажнения и недобора эффективных температур в период вегетации 2017 года – 3.58 т/га. Влияние погоды на величину урожайности наблюдали при любом уровне минерального питания и густоте стояния растений.

Внесение минеральных удобрений достоверно увеличивало урожайность зерна кукурузы. Наибольший сбор зерна за 3 года исследования отмечен при внесении N120P30K30. При этом увеличение суммарной дозы применения удобрений снижало окупаемость внесенных удобрений: наибольшая в опыте окупаемость показана при использовании N90, наименьшая – N120P30K30.

Без применения удобрений максимальная урожайность зерна кукурузы получена при густоте стояния 50, при их внесении – 65 тыс. растений/га.

Использование азота в составе удобрений увеличивало содержание сырого протеина в зерне. Применение удобрений существенно не влияло на содержание в зерне кукурузы крахмала, в то же время большее его количество накапливалось при густоте 50 тыс. растений/га. Содержание сырого жира в зерне кукурузы также достоверно не зависело от внесенных доз удобрений и густоты стояния растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ФАО. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных данных: базы данных [Электр. ресурс]. URL : http://www.fao.org/statistics/databases/ru/ (Дата обращения: 3.04.2018)
2. *Липатов В.И., Бородачев В.Е.* Влияние удобрений и норм высева на рост и фотосинтетическую деятельность кукурузы в условиях Мордовии // Урожай и качество продукции растениеводства: Межвуз. сб. науч. тр. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 1985. С. 110–115.
3. *Учайкина Г.П.* Действие и последействие минеральных удобрений на урожайность кукурузы и викоовсяной смеси на выщелоченных черноземах // Там же. С. 42–49.

4. *Ивойлов А.В.* Влияние погодных условий на эффективность отдельных видов и сочетаний удобрений при внесении под кукурузу в зоне неустойчивого увлажнения // Агрохимия. 1993. № 8. С. 58–62.
5. *Семина С.А., Надежкин С.М.* Формирование высокопродуктивных агроценозов кукурузы в лесостепи Среднего Поволжья. Пенза, 2008. 148 с.
6. *Семина С.А.* Эффективность систем удобрения при возделывании кукурузы в лесостепи Среднего Поволжья // Нива Поволжья. 2012. № 1. С. 39–42.
7. *Семина С.А., Анохина Е.К.* Формирование продуктивности агроценоза кукурузы в зависимости от приемов возделывания // Нива Поволжья. 2013. № 3 (28). С. 59–64.
8. *Семина С.А., Палийчук А.С., Гаврюшина И.В.* Условия возделывания и продуктивность кукурузы // Нива Поволжья. 2016. № 4 (41). С. 63–69.
9. *Федосеев А.П.* Погода и эффективность удобрений. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 144 с.
10. *Минеев В.Г.* Основные направления исследований влияния погодно-климатических условий на эффективность удобрений // Эффективность удобрений при различных климатических и погодных условиях. Тр. ВИУА. М., 1985. С. 8–16.
11. *Хомяков Д.М.* Оптимизация системы удобрения и агрометеорологические условия. М.: Изд-во МГУ, 1991. 85 с.
12. *Пронько В.В., Корсак В.В., Дружкин А.Ф.* Влияние погодных условий и агротехнических приемов на эффективность удобрений в степном Поволжье // Агрохимия. 2004. № 8. С. 20–26.
13. *Никитишен В.И., Личко В.И.* Формирование продуктивности агроэкосистем при применении удобрений и действии климатических факторов в условиях ополий Центральной России // Агрохимия. 2008. № 12. С. 20–28.
14. *Черкасов Г.Н., Сокорев Н.С., Воронин А.Н., Трапезников С.В.* Влияние погодных условий на плодородие почв, урожайность сельскохозяйственных культур и эффективность удобрений в Центральном Черноземье // Докл. РАСХН. 2010. № 5. С. 25–27.
15. *Синягин И.И.* Площади питания растений. М.: Россельхозиздат, 1975. 383 с.
16. *Дмитренко П.А., Витриховский П.И.* Удобрение и густота посева полевых культур. Киев: Урожай, 1975. 248 с.
17. *Усанова З.И., Шальнов И.В., Васильев А.С.* Влияние расчетных доз удобрений и густоты стояния на продуктивность кукурузы, вынос и хозяйственный баланс основных элементов питания // Земледелие. 2016. № 3. С. 23–26.
18. *Клочков А.М.* Почвы Мордовии, их использование и улучшение. Саранск: Мордов. кн. изд-во, 1978. 324 с.
19. *Щетинина А.С.* Почвы Мордовии: справочник агронома. Саранск: Мордов. кн. изд-во, 1990. 256 с.
20. *Моисеев А.А., Ивойлов А.В., Власов П.Н.* Эффективность удобрений под кукурузу на зерно в лесостепи Среднего Поволжья // Вестн. АлтайГАУ. 2016. № 4 (138). С. 28–33.
21. *Моисеев А.А., Власов П.Н., Ивойлов А.В.* Реакция гибридов кукурузы на внесение удобрений и препарата микроэл при возделывании их на зерно в условиях неустойчивого увлажнения // Агрохимия. 2017. № 6. С. 30–38.

Influence of Mineral Fertilizers and Plant Density on Productivity of Corn and Quality of Grain in the Conditions of Forest-Steppe of the Middle Volga Region

A. A. Moiseev[a], A. V. Ivoilov[a,#], S. S. Yakomaskin[b], and A. V. Sidorov[c]

[a] *Ogarev Mordovia State Umiversity*
Bolshevistskaya ul. 68, Saransk 430005, Russia
[b] *LLC joint venture company "Bogdanovskoe"*
Chapaeva lane 2, Staroe Shajgovo municipal district, Bogdanovka 431555, Mordovia, Russia
[c] *State Center of Agrochemical Servise "Mordovia"*
Pionerskaya ul. 35, Yalga, Saransk 430904, Russia
[#] *E-mail: ivoilov.av@mail.ru*

In a two-factor field experiment, the effect of mineral fertilizers and seed seeding rates on the yield and quality indices of maize (*Zea mays* L.) on cultivation on dark gray forest medium loamy soil was studied. It has been established that the use of mineral fertilizers significantly increased grain productivity of corn at an average of 2.27–3.26 t/ha for three years with a yield of 2.97 t/ha at the control, and changed the parameters of grain quality. Without the application of fertilizers, the maximum productivity of corn grain was noted at a standstill density of 50, with their use – 65 thousand plants/ha.

Key words: mineral fertilizers, plant density, productivity, corn, quality of grain, forest-steppe of the Middle Volga Region.