

УДК 633.15:57.04

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА И ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ КУКУРУЗЫ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

¹Зайцев С.А., ¹Волков Д.П., ¹Носко О.С., ¹Лёвкина А.Ю., ¹Гусева С.А., ²Гудова Л.А.

¹ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы» («Россорго»), Саратов, e-mail: zea_mays@mail.ru, genomix@mail.ru, ocsananosko@yandex.ru, albinka.levkina@mail.ru, s.guseva76@mail.ru;

²ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока», Саратов, e-mail: abelia77@mail.ru

В статье представлены результаты изучения двухфакторного опыта, в котором фактор А – сорт, а фактор В – густота стояния растений. В опыте использовали сорта и гибриды кукурузы селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» (РНИИСК 1, Неон 147 МВ, Радикал, Инсайд, РСК Заря, РСК Аврора, Радуга), которые возделывались при плотности посева 45, 65, 85 тыс. раст./га. В условиях 2020 г. самая высокая урожайность зерна на густоте 45 тыс. раст./га выявлена у гибрида Инсайд – 2,44 т/га. При густоте стояния растений 65 и 85 тыс. раст./га высокую урожайность сформировала сорт-популяция РСК Заря – 3,92 т/га и 3,12 т/га соответственно. Значения множественных средних частных по фактору «А» находились в диапазоне 2,43–3,39 т/га. Самое низкое среднее значение урожайности зерна по фактору «В» выявлено при загущении (85 тыс. раст./га) – 2,16 т/га. В 2021 г. самая высокая урожайность зерна при густоте стояния 45 тыс. зафиксирована у гибридов Инсайд и Радикал – 2,44 т/га и 2,39 т/га соответственно, при 65 тыс. раст./га – у сорта РСК Аврора, 2,89 т/га, при 85 тыс. раст./га у гибрида Инсайд – 3,16 т/га. При множественном сравнении частных средних по фактору «А» самое высокое значение признака установлено у генотипов РНИИСК 1 и Инсайд. В среднем по фактору В самая высокая урожайность зерна формируется при густоте 85 тыс. раст./га. – 2,79 т/га. В опыте установлено различное влияние факторов А, В и АВ на изменчивость таких признаков, как высота растений, высота прикрепления початка, урожайность зеленой массы и зерна кукурузы.

Ключевые слова: кукуруза, урожайность, высота растений, высота прикрепления початка, густота стояния растений

FACTORS DETERMINING THE YIELD OF GRAIN AND GREEN MASS OF CORN IN THE LOWER VOLGA REGION

¹Zaytsev S.A., ¹Volkov D.P., ¹Nosko O.S., ¹Levkina A.Yu., ¹Guseva S.A., ²Gudova L.A.

¹Russian Research Institute for Sorghum and Maize “Rossorgo”, Saratov, e-mail: zea_mays@mail.ru, genomix@mail.ru, ocsananosko@yandex.ru, albinka.levkina@mail.ru, s.guseva76@mail.ru;

²Federal Center of Agriculture Research of the South- East Region, Saratov, e-mail: abelia77@mail.ru

The article presents the results of studying a two-factor experiment, in which factor A is a variety, and factor B is the plant density. In the experiment we used maize varieties and hybrids of the FGBNU RosNIISK «Rossorgo» (RNIISK 1, Neon 147 MV, Radikal, Inside, RSK Zarya, RSK Aurora, Raduga) breeding, which were cultivated at a sowing density of 45, 65, 85 thousand plants/ha. Under the conditions of 2020, the highest grain yield at a density of 45 thousand plants/ha was found in the Inside hybrid – 2.44 t/ha. With a plant density of 65 and 85 thousand plants/ha, the population variety RSK Zarya formed a high yield of 3.92 t/ha and 3.12 t/ha, respectively. 43-3.39 t/ha. The lowest average value of grain yield by factor «B» was found at thickening (85 thousand plants/ha) – 2.16 t/ha. In 2021, the highest grain yield at a standing density of 45 thousand was recorded in the hybrids Inside and Radical 2.44 t/ha and 2.39 t/ha, respectively, at 65 thousand plants/ha – in the variety RSK Aurora – 2.89 t/ha, with 85 thousand plants/ha for the Inside hybrid – 3.16 t/ha. In multiple comparison of private averages for the factor «A», the highest value of the trait was found in the genotypes RNIISK 1 and Inside. On average, according to factor B, the highest grain yield is formed at a density of 85 thousand plants/ha. – 2.79 t/ha. In the experiment, a different influence of factors A, B and AB on the variability of such traits as plant height, cob attachment height, yield of green mass and corn grains was established.

Keywords: corn, yield, plant height, cob attachment height, plant density

Оптимизация густоты стояния кукурузы в каждой конкретной зоне возделывания является необходимым условием создания наиболее продуктивных посевов [1–3], а также одним из решающих факторов программирования ее продуктивности [4]. Известно, что максимум урожая при прочих равных условиях достигается только при определенной площади питания [5]. Как увеличение плотности посева, так и ее снижение приводит к изменению урожая

с единицы площади в меньшую сторону. Площадь питания растений, которая зависит от нормы высева и способа посева, должна устанавливаться с учетом биологических особенностей сортов или гибридов разных групп спелости, а также почвенных, климатических и агротехнических условий конкретных районов возделывания [6]. Загущение приводит к дефициту питательных веществ, водообеспеченности и освещенности [7]. Следствием этого является сниже-

ние количества цветков в будущих початках и метёлках и замедленный рост растений. Нехватка освещения в загущенных посевах в период заложения початка сказывается на его размере, озерненности и выполненности зерна [8].

Снижение полезной продуктивности растения по мере загущения сначала нивелируется увеличением числа растений на единице площади, причем урожай надземной массы и зерна повышается в равной степени, затем начинается заметное взаимное угнетение растений, и урожай снижается (зерна в большей мере, чем надземной массы) [9].

В условиях Нижневолжского региона изучению густоты стояния растений кукурузы на зерно и силос занимались многие исследователи [10–12]. Тем не менее единое мнение относительно нормы высева кукурузы отсутствует, и окончательные рекомендации имеют довольно большой диапазон: от 40 до 100 тыс. В засушливых условиях Саратовской области рекомендуемая густота стояния растений для раннеспелых и среднеранних гибридов составляет 50–65 тыс. раст./га; для среднеспелых – 40–55 тыс. раст./га, однако значительный интервал густоты стояния требует конкретных уточнений для отдельных зон, хозяйств, почвенных и климатических условий [12, 13].

Широкая генетическая изменчивость [14] и высокая экологическая пластичность кукурузы являются важнейшими биологическими особенностями, обеспечивающими адаптацию в широком диапазоне внешних условий [15]. Благодаря высокой биологической приспособляемости кукуруза способна развиваться в широком спектре климатических и почвенных условий. Для полного и эффективного использования потенциала кукурузы её необходимо возделывать по обособленной технологии и в связи с этим необходимо знать её биологические особенности и основные требования к условиям произрастания [16].

Цель исследования – выявить влияние густоты стояния растений на показатели хозяйственно ценных признаков гибридов и синтетических популяций кукурузы селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в условиях Саратовской области.

Материалы и методы исследования

Исследования выполнены в 2020–2021 гг. на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Схема опыта (двухфакторная) предусматривала изучение следующих

вариантов: фактор «А» – гибриды кукурузы (А1 – РНИИСК-1, А2 – Неон 147 МВ, А3 – Радикал, А4 – Инсайд, А5 – РСК Заря, А6 – РСК Аврора, А7 – Радуга); фактор «В» – густота стояния растений (В₁ – 45 тыс. раст./га, В₂ – 65 тыс. раст./га, В₃ – 85 тыс. раст./га). Общая площадь делянок – 15,4 м², повторность – трехкратная. Посев опытных делянок проведен в 2020 г. – 6 мая, в 2021 г. – 10 мая селекционной кассетной сеялкой СКС-6-10 при достижении устойчивой температуры воздуха выше 15°С и температуры почвы на глубине заделки семян 12°С. Перед посевом проведены две междурядные культивации. Фаза полных всходов наблюдалась 20 и 22 мая соответственно. Корректировку густоты стояния растений проводили вручную в фазу 3–5 листьев. Уборка проводилась во второй декаде сентября. Гидротермический коэффициент в годы исследований (апрель – сентябрь) составлял 0,8 в 2020 г. и 1,1 – в 2021 г. Исследования в опыте выполняли в соответствии с положениями рекомендаций по проведению полевых опытов с кукурузой [17]. Статистическая обработка результатов исследований выполнена по методике Б.А. Доспехова [18].

Результаты исследования и их обсуждение

Максимальную высоту растений кукуруза формирует в фазу цветения. При рекомендованной для зоны густоте стояния 45 тыс. высота растений в 2020 г. изменялась в интервале 192,6–205,1 см (табл. 1). Самое высокое значение признака при данной густоте выявлено у гибрида Радуга, превышение над стандартом в абсолютном значении составило 8,4 см.

С увеличением числа растений на единицу площади до 65 тыс. раст./га наблюдалось некоторое снижение значения признака в среднем на 1,3–7,9 см по вариантам опыта, исключение составляют РСК Заря и РСК Аврора. Данные генотипы при густоте 65 тыс. раст./га отличались высокорослостью, значение признака составляло 195,8 и 207,2 см соответственно. Дальнейшее увеличение плотности стеблестоя на единицу площади на 20 тыс. раст./га также привело к снижению высоты растений на 1,1–21,9 см относительно значения признака при рекомендованной густоте стояния растений.

Множественное сравнение частных средних по фактору «В» позволило установить, что при густоте стояния растений 85 тыс. раст./га формируются самые низкие растения – 169,6 см.

Таблица 1

Высота растений сортов и гибридов кукурузы
 при разной густоте стояния растений (см), 2020–2021 гг.

Число растений на единицу площади, тыс. шт./га	Сорт (гибрид)							Среднее по фактору «В»
	РНИИСК 1(St)	Неон 147 МВ	Радикал	Инсайд	РСК Заря	РСК Аврора	Радуга	
2020 год								
45	192,4	188,8	193,2	196,7	174,5	170,4	191,1	186,70b
65	177,3	179,9	187,9	175,8	195,6	197,1	185,9	185,64b
85	176,6	173,3	172,9	162,5	160,8	175,8	165,5	169,6 a
Среднее по фактору А	182,1	180,6	184,6	178,3	176,9	181,1	180,8	
F _{факт.}	Фактор «А» = 1,40, фактор «В» = 63,85*, взаимодействие «АВ» = 10,82*							
HCP ₀₅	«А» = F _{факт.} < F _{теорет.} , «В» = 3,27, «АВ» = 9,42							
2021 год								
45	201,0	192,0	196,3	189,0	202,7	216,7	216,0	201,95
65	210,7	197,0	197,5	193,6	196,0	217,3	219,8	204,58
85	214,7	194,9	192,4	197,3	204,4	212,9	200,7	202,47
Среднее по фактору А	208,8cd	194,6a	195,4a	193,3a	201,0b	215,6e	212,1de	
F _{факт.}	Фактор «А» = 64,34*, фактор «В» = 1,33, взаимодействие «АВ» = 3,18*							
HCP ₀₅	«А» = 3,51, «В» = F _{факт.} < F _{теорет.} , «АВ» = 8,32							

Примечание. Варианты, сопровождающиеся одинаковыми буквами, различаются незначительно по критерию Дункана.

В опыте не выявлено существенных различий по фактору «А», вероятно это связано с тем, что, несмотря на различие по генотипу, гибриды и сорта характеризуются внешним сходством. В то же время они по-разному реагируют на изменения условий среды, то есть на плотность посева, что подтверждается значимым различием средних частных по факторам «В» и «АВ». При сравнении частных средних по фактору «В» установлено, что меньшую высоту растений генотипы формируют при густоте стояния 85 тыс. раст./га. Существенных различий между значениями признака при густоте 45 и 65 тыс. раст./га не выявлено.

Влияние фактора «В» и совместное влияние факторов «АВ» на изменчивость признака «высота растений» распределилось следующим образом: В – 40,6%, АВ – 41,2%.

В условиях 2021 г. варианты характеризовались более высокорослыми растениями. Так, на варианте В₁ высота растений изменялась от 189,0 см до 216,7 см. Высота растений у стандарта составляла 201,0 см. Достоверное превышение признака выявлено

у генотипов РСК Аврора и Радуга – 15,7 см и 15,0 см соответственно. Растения гибридов Неон 147 МВ, Радикал и Инсайд достоверно ниже стандарта. При множественном сравнении частных средних по фактору «А» варианты расположились следующим образом: А₆ > А₇ > А₁ > А₅ > А₄ = А₃ = А₂.

Увеличение густоты стояния растений на 20 тыс. раст./га способствовало некоторому увеличению значений признака на 0,6–9,7 см по вариантам опыта, однако существенных различий между вариантами не установлено. При густоте 85 тыс. раст./га также не выявлено значимых изменений высоты растений у изучаемых генотипов.

Установлено, что влияние фактора «А» на изменчивость признака «высота растений» составило 64,01%, совместное влияние, фактор «АВ» – 16,8%.

Веgetативное состояние растения определяет его потенциальные возможности, которые регулируются элементами сортовой агротехники. Высота заложения определяет возможность механизированной уборки. Достаточная высота прикрепления початка

позволяет минимизировать потери зерна при уборке. Нашими исследованиями установлено, что в 2020 г. независимо от числа растений на единице площади высота прикрепления початка значительна – 69,9 см и выше (табл. 2). Дисперсионный анализ позволил выявить существенные различия средних по фактору «А» и отсутствие различий по фактору «В». Гибриды Неон 147 МВ и Инсайд характеризуются самыми низкими значениями в среднем по фактору «А». Влияние фактора «А» на изменчивость признака составляет 33,2%. Совместное влияние сорта и густоты стояния растений составляет 28,9%.

В условиях 2021 г. высота прикрепления початка по вариантам опыта варьировала в интервале 61,0–97,5 см. При сравнении частных средних по фактору «А» выявлено, что минимальная высота заложения початка характерна для Неона 147 МВ, Радикала, Инсайда, а самая высокая – для РСК Аврора. По мере увеличения признака варианты можно расположить следующим образом $A_2 = A_3 = A_4 < A_5 < A_1 < A_7 < A_6$.

Множественное сравнение частных средних по фактору «В» указывает на более

высокое прикрепление початка при высоте 85 тыс. раст./га, достоверно превышающее значение признака при густоте 45 и 65 тыс. раст./га. Влияние фактора «А» на изменчивость составляло 71,17%, фактора «В» – 7,17%. Совместное влияние факторов «АВ» оказалось незначимо.

В результате исследований выявлено, что урожайность зеленой массы в 2020 г. при густоте 45 тыс. раст./га находилась в интервале 19,53–30,50 т/га. Самую высокую урожайность при данной плотности посева сформировал РНИИСК 1. Следует отметить, что изучаемые сорта и гибриды достоверно не превышали стандарт по данному признаку. При увеличении плотности стеблестоя наблюдается значительное увеличение урожайности зеленой массы по всем гибридам на 4,98–19,32 т/га при 65 тыс. раст./га и на 6,21–20,22 т/га при 85 тыс. раст./га. Наибольшая урожайность зеленой массы на густоте 65 тыс. раст./га выявлена у сортов-синтетиков РСК Аврора и РСК Заря 48,4 и 41,67 т/га соответственно. При повышении плотности посева до 85 тыс. раст./га высокую урожайность биомассы формируют Неон 147 МВ и Радуга, более 40,0 т/га.

Таблица 2

Высота прикрепления початка сортов и гибридов кукурузы при разной густоте стояния растений (см), 2020–2021 гг.

Число растений на единицу площади, тыс. шт./га	Сорт (гибрид)							Среднее по фактору В
	РНИИСК 1(St)	Неон 147 МВ	Радикал	Инсайд	РСК Заря	РСК Аврора	Радуга	
2020 год								
45	82,3	69,9	83,1	83,7	78,8	91,2	91,4	82,93
65	78,5	77,6	72,2	71,8	83,1	99,6	88,5	81,63
85	85,4	75,6	77,6	70,7	91,2	73,7	95,2	81,32
Среднее по фактору А	82,09abc	74,41a	77,66ab	75,42a	84,36bcd	88,04cd	91,72d	
F _{факт.}	Фактор «А» = 7,22*, фактор «В» = 0,22, взаимодействие «АВ» = 2,49*							
HCP ₀₅	«А» = 7,49, «В» = F _{факт.} < F _{теорет.} , «АВ» = 13,46							
2021 год								
45	71,0	64,3	63,3	62,7	69,3	89,6	91,7	73,14a
65	76,4	61,0	65,5	66,9	70,0	96,6	90,0	75,20a
85	93,4	69,9	68,2	75,9	77,7	97,5	86,4	81,29b
Среднее по фактору А	80,27c	65,09a	65,68a	68,49a	72,33b	94,60e	89,36d	
F _{факт.}	Фактор «А» = 89,58*, фактор «В» = 9,93*, взаимодействие «АВ» = F _{факт.} < F _{теорет./}							
HCP ₀₅	«А» = 3,84, «В» = 3, 89							

При множественном сравнении частных средних по фактору «А» выявлена более высокая урожайность зеленой массы у РСК Аврора (37,86 т/га). В целом установлены достоверные различия между всеми сортами и гибридами опыта. По мере увеличения средней урожайности фактора «А» варианты расположились следующим образом: $A_3 < A_4 < A_7 < A_1 < A_2 < A_5 < A_6$ (табл. 3).

Значения средних частных по фактору «В» изменялись от 24,28 т/га до 36,40 т/га. Установлено достоверное различие между B_1, B_2, B_3 . Самая высокая урожайность зеленой массы сформирована сортами и гибридами при густоте стояния растений 85 тыс. раст./га.

Установлено, что большее влияние на изменчивость признака «урожайность зеленой массы» в 2020 г. оказал фактор «В» (густота стояния растений) – 46,74%, несколько ниже совместное влияние факторов «АВ» – 30,32%. Менее существенное влияние оказал фактор «А» (сорт) – 16,90%.

Погодные условия 2021 г. не способствовали получению высокого урожая зеленой массы. Так, относительно урожайности зеленой массы, полученной в 2020 г., наблюдалось значительное снижение показателя. На густоте стояния растений 45 тыс. раст./га урожайность зеленой массы изменялась в пределах 12,25–25,69 т/га. Все изучаемые сорта

и гибриды существенно превысили стандарт по урожайности зеленой массы. Превышение над стандартом при данной густоте составило 2,47–13,44 т/га. Максимальная урожайность выявлена у гибрида Радуга. С увеличением числа растений на 20 тыс. на единицу площади наблюдается увеличение урожайности зеленой массы практически по всем вариантам опыта. Прибавка составила 1,53 т/га (РСК Заря) – 15,31 т/га (РНИИСК 1). При увеличении числа растений на единицу площади до 85 тыс. раст./га урожайность зеленой массы варьировала в интервале 18,55–28,58 т/га. Повышение урожайности биомассы выявлено у гибридов РНИИСК 1, Неон 147 МВ, Инсайд, РСК Заря, РСК Аврора, прибавка составила 0,84–10,99 т/га.

Выявлены существенные различия средних значений по фактору «А». Более высокой урожайностью зеленой массы характеризовался гибрид кукурузы Радуга – 24,87 т/га. При множественных сравнениях частных средних по фактору «В» установлено, что кукуруза при густоте стояния растений 85000 раст./га формирует более высокий урожай зеленой массы. Влияние факторов на изменчивость признаков распределилось следующим образом: «А» = 13,18%, «В» = 33,99%, «АВ» = 42,93%.

Таблица 3

Урожайность зеленой массы сортов и гибридов кукурузы при разной густоте стояния растений (т/га), 2020–2021 гг.

Число растений на единицу площади, тыс. шт./га	Сорт (гибрид)							Среднее по фактору «В»
	РНИИСК 1(St)	Неон 147 МВ	Радикал	Инсайд	РСК Заря	РСК Аврора	Радуга	
2020 год								
45	30,50	24,34	23,59	19,53	22,39	28,85	20,74	24,28a
65	29,30	31,25	28,57	38,85	41,67	48,40	32,34	35,78b
85	37,75	44,56	29,80	26,68	39,36	36,33	40,30	36,40c
Среднее по фактору А	32,52d	33,39e	27,30a	28,35b	34,47f	37,86g	31,12c	
F _{факт.}	Фактор «А» = 359,6*, фактор «В» = 1885,9*, взаимодействие «АВ» = 230,87*							
HCP ₀₅	«А» = 0,58, «В» = 0,45, «АВ» = 1,14							
2021 год								
45	12,25	17,71	21,29	14,72	18,17	17,22	25,69	18,15a
65	27,56	25,57	26,52	27,78	19,76	21,72	25,39	24,90c
85	23,24	18,55	20,65	20,39	21,03	28,58	23,53	22,28b
Среднее по фактору А	21,01b	20,61ab	22,82d	20,96b	19,65a	22,50cd	24,87e	
F _{факт.}	Фактор А = 24,86*, фактор В = 146,30*, взаимодействие АВ = 26,84**							
HCP ₀₅	«А» = 1,07, «В» = 0,81, «АВ» = 2,06							

Следует отметить, что в 2021 г., как и в 2020 г., отмечается высокое влияние на изменчивость признака «урожайность зеленой массы» густоты стояния (фактор В) и совместного действия сорта (фактор А) и густоты стояния растений (фактор В). Самое низкое влияние на изменчивость признака в оба года исследований оказывает генотип (фактор А).

В условиях 2020 г. урожайность зерна при рекомендованной густоте стояния (45 тыс. раст./га) растений варьировала в интервале 2,35–3,99 т/га. Самая высокая урожайность зерна на данной густоте выявлена у гибрида Инсайд, превышение относительно стандарта составило 0,6 т/га. Несколько ниже урожайность у синтетической популяции РНИИСК 1 (3,39 т/га) и гибрида Радуга (3,38 т/га). У генотипов Радикал, РСК Аврора урожайность зерна достоверно ниже, чем у стандарта (табл. 4).

Повышение густоты стояния растений до 65 тыс. раст./га позволило увеличить урожайность зерна на 0,17–0,72 т/га у гибридов Неон 147 МВ, Радикал, РСК Заря, РСК Аврора. Самая высокая урожайность зерна выявлена у сорта РСК Заря – 3,92 т/га. Отрицательная динамика при увеличении

плотности стеблестоя выявлена у РНИИСК 1, Радуга, Инсайд. Существенное снижение урожайности зерна (на 1,17 т/га) отмечено у гибрида Инсайд. При повышении числа растений на единицы площади с 45 тыс. раст./га до 85 тыс. раст./га наблюдается снижение урожайности по всем вариантам опыта на 0,04–2,12 т/га. Более высокой урожайностью зерна характеризовалась РСК Заря – 3,12 т/га.

Значения множественных средних частных по фактору «А» находились в диапазоне 2,43–3,39 т/га. Наибольшая урожайность по фактору «А» установлена у РСК Заря, достоверно ниже у РСК Аврора. Урожайность сортов и гибридов Неон 147 МВ, Радикал, Инсайд находилась на уровне стандарта РНИИСК 1.

При множественном сравнении частных средних по фактору В самая низкая урожайность выявлена на густоте 85 тыс. раст./га – 2,16 т/га. Урожайность зерна при густоте 45 и 65 тыс. раст./га существенно не различалась и составила 3,12 т/га и 3,16 т/га соответственно. Установлено, что доля влияния фактора «А» на изменчивость признака «урожайность зерна» в 2020 г. составила 13,7%, «В» – 44,1%, «АВ» – 31,24%.

Таблица 4

Урожайность зерна кукурузы
при разной густоте стояния растений (т/га), 2020–2021 гг.

Число растений на единицу площади, тыс. шт./га	Сорт (гибрид)							Среднее по фактору «В»
	РНИИСК 1(St)	Неон 147 МВ	Радикал	Инсайд	РСК Заря	РСК Аврора	Радуга	
2020 год								
45	3,39	3,10	2,80	3,99	3,16	2,35	3,38	3,16b
65	3,14	3,51	2,97	2,82	3,92	2,87	2,93	3,16b
85	2,27	1,88	2,56	1,87	3,12	2,06	1,36	2,16a
Среднее по фактору А	2,93с	2,83bc	2,78bc	2,89с	3,39d	2,43a	2,55ab	
F _{факт.}	Фактор «А» = 8,12*, фактор «В» = 95,98*, взаимодействие «АВ» = 11,31*							
HCP ₀₅	«А» = 0,30, «В» = 0,16, «АВ» = 0,47							
2021 год								
45	2,02	2,16	2,39	2,44	1,98	1,77	2,14	2,13a
65	2,92	2,46	2,46	2,47	2,45	2,90	1,96	2,51b
85	2,86	2,82	2,76	3,16	2,41	2,66	2,89	2,79с
Среднее по фактору А	2,60с	2,48abc	2,54bc	2,69с	2,28ab	2,44abc	2,33a	
F _{факт.}	Фактор «А» = 4,34*, фактор «В» = 22,57*, взаимодействие «АВ» = 2,97*							
HCP ₀₅	«А» = 0,24, «В» = 0,20, «АВ» = 0,50							

В 2021 г. урожайность зерна при густоте стояния 45 тыс. раст./га варьировала в интервале 1,77–2,44 т/га. Урожайность стандарта составила 2,02 т/га. Гибриды Инсайд и Радикал превзошли стандарт по урожайности зерна, прибавка составила 0,22–0,37 т/га. Увеличение числа растений на единице площади до 65 тыс. раст./га способствовало увеличению урожайности практически по всем вариантам опыта в среднем на 0,03–1,13 т/га. Более высокий показатель выявлен у сорта РСК Аврора – 2,89 т/га. При загущении до 85 тыс. раст./га урожайность зерна варьировала от 2,66 до 3,16 т/га, что на 0,37–0,89 т/га больше, чем при рекомендованной густоте стояния растений. К более урожайным следует отнести гибрид Инсайд – 3,16 т/га.

При множественном сравнении частных средних по фактору А наименьшая урожайность установлена у гибрида Радуга, самой высокой характеризуются РНИ-ИСК 1 и Инсайд. Множественное сравнение частных средних по фактору В отмечается тенденция увеличения урожайности зерна по мере загущения посева. Так при густоте 85 тыс. раст./га формируется самая высокая урожайность зерна 2,79 т/га.

В результате исследований установлено, что густота стояния растений (фактор В) в большей степени (34,9%) влияла на изменчивость признака, совместное действие факторов «АВ» влияло на 27,38%, фактор сорта «А» оказал влияние на 11,1%.

Таким образом, для получения более высокой урожайности зерна для каждого генотипа необходима определенная площадь питания, которая регулируется числом растений на единице площади.

Заключение

В результате исследований установлено, что изучаемые параметры существенно различались по фактору «А», «В» и их взаимодействию «АВ». В 2020 г. максимальное значение признака «высота растений» по фактору «А» определено у гибрида Радикал. Следует отметить отсутствие в опыте существенных различий по фактору «А», это, вероятно, связано с внешним сходством генотипов. В то же время они по-разному реагируют на изменения условий среды, то есть на плотность посева, что подтверждается значимым различием средних частных по фактору «В». При сравнении частных средних по фактору «В» установлено, что меньшую высоту растений генотипы формируют при густоте стояния 85 тыс. раст./га.

В 2021 г. наблюдается иная ситуация, выявлено высокое влияние фактора «А» на изменчивость признака «высота растений» (64,01%) и незначительно совместное влияние факторов (АВ) – 16,8%. Фактор густоты не оказал заметного влияния на изменение высоты растений. По высоте растений лидирует генотип РСК Аврора.

По признаку «высота прикрепления початка» определены существенные различия средних по фактору «А» и отсутствие различий по фактору «В» в 2020 г. Гибриды Неон 147 МВ и Инсайд характеризуются самым низким прикреплением початка. Влияние фактора «А» на изменчивость признака составляет 33,2%. Совместное влияние сорта и густоты стояния растений составляет 28,9%. В 2021 г. наблюдается высокое влияние фактора «А» на изменчивость высоты прикрепления початка (71,17%) и достаточно низкое фактора В (7,17%). Совместное влияние факторов «АВ» оказалось незначимо.

При множественном сравнении частных средних по фактору «А» в 2020 г. выявлена более высокая урожайность зеленой массы у РСК Аврора (37,86 т/га). Установлено, что большее влияние на изменчивость признака «урожайность зеленой массы» оказал фактор В (густота стояния растений) – 46,74%, несколько ниже совместное влияние факторов «АВ» – 30,32%. Менее существенное влияние оказал фактор «А» (сорт) – 16,90%. В 2021 г. более высокой урожайностью зеленой массы в результате сравнения средних значений по фактору «А» характеризовался гибрид кукурузы Радуга – 24,87 т/га. При множественных сравнениях частных средних по фактору «В» установлено, что гибриды и сорта кукурузы при густоте стояния растений 85000 раст./га формируют более высокий урожай зеленой массы. Влияние факторов на изменчивость признаков распределилось следующим образом: «А» = 13,18%, «В» = 33,99%, «АВ» = 42,93%. Следует отметить, что в 2021 г., как и в 2020 г., изменчивость признака «урожайность зеленой массы» зависит от совместного действия сорта (фактор А) и густоты стояния растений (фактор В). Самое низкое влияние на изменчивость признака в оба года исследований оказывает сорт.

В условиях 2020 г. самая высокая урожайность зерна на густоте 45 тыс. раст./га выявлена у гибрида Инсайд – 2,44 т/га, при 65 тыс. раст./га у сорта РСК Заря – 3,92 т/га, при 85 тыс. раст./га у сорта РСК Заря – 3,12 т/га. Значения множественных средних

частных по фактору «А» находились в диапазоне 2,43–3,39 т/га. Наибольшая урожайность по фактору «А» установлена у РСК Заря, достоверно ниже у РСК Аврора. Самая низкая урожайность по фактору «В» выявлена на густоте 85 тыс. раст./га – 2,16 т/га. Установлено, что доля влияния фактора «А» на изменчивость признака «урожайность зерна» составила 13,7%, «В» – 44,1%, «АВ» – 31,24%.

В 2021 г. самая высокая урожайность зерна при густоте стояния 45 тыс. зафиксирована у гибридов Инсайд и Радикал 2,44 т/га и 2,39 т/га соответственно, при 65 тыс. раст./га – у сорта РСК Аврора – 2,89 т/га, при 85 тыс. раст./га у гибрида Инсайд – 3,16 т/га. При множественном сравнении частных средних по фактору «А» самой высокой урожайностью характеризуются РНИИСК 1 и Инсайд. В среднем по фактору при густоте 85 тыс. раст./га формируется самая высокая урожайность зерна 2,79 т/га. В результате исследований установлено, что густота стояния растений в большей степени (34,9%) влияла на изменчивость признака, совместное действие факторов АВ влияло на 27,38%, фактор сорта (А) оказал влияние на 11,1%.

Список литературы

1. Жученко А.А., Косолапов В.М. Современные проблемы адаптации (по материалам Жученковских чтений IV) // Адаптивное кормопроизводство. 2018. № 4. С. 90–96.
2. Шмалько И.А., Багринцева В.Н. Густота стояния растений – один из основных факторов высокой урожайности гибридов кукурузы // Земледелие. 2019. № 1. С. 21–23.
3. Бельченко С.А., Белоус И.Н. Оценка влияния агротехники возделывания кукурузы на качество зеленой массы и силоса в условиях юго-западной части Нечерноземья // Вестник Курской ГСХА. 2014. № 6. С. 49–52.
4. Гудова Л.А., Жужукин В.И., Зайцев С.А., Волков Д.П., Гераскина А.А. Влияние микробиологического удобрения и густоты стояния растений на урожайность зерна гибридов кукурузы в Нижнем Поволжье // Аграрный научный журнал. 2019. № 7. С. 7–14.
5. Каюмов М.К. Программирование продуктивности полевых культур. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Росагропромиздат, 1989. 368 с.
6. Меркулов П.Ю., Мингалев С.К. Влияние густоты посева на урожайность зеленой массы гибридов кукурузы // Молодежь и наука. 2018. № 6. С. 42.
7. Беляева А.А. Формирование продуктивности кукурузы на зерно в зависимости от нормы высева в условиях Саратовского Левобережья // В сборнике: Вавиловские чтения – 2016: сборник статей международной научно-практической конференции, посвященной 129-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова. 2016. С. 19–20.
8. Дружкин А.Ф., Беляева А.А. Совершенствование приемов возделывания кукурузы на зерно в Саратовском Правобережье // Аграрный научный журнал. 2015. № 4. С. 8–13.
9. Киреев В.Н., Образцов А.Н. Кукуруза на силос в Центральном районе Нечерноземной зоны / Кукуруза в Нечерноземье. М.: Московский рабочий, 1987. С. 3–9.
10. Еськов И.Д., Николайченко Н.В., Стрижков Н.И., Жумагалиев И.К. Влияние нормы высева семян на продуктивность различных гибридов кукурузы в условиях Саратовского Правобережья // Аграрный научный журнал. 2021. № 1. С. 8–13.
11. Кукуруза на Урале: монография / Под общ. ред. Зекина Н.Н., Панфилова А.Э. Екатеринбург: Уральское издательство; ФГБНУ «Уральский НИИСХ», 2017. 204 с.
12. Панфилова О.Н., Чугунова Е.В., Авилова Ю.А., Буравлев А.П. Кукуруза на зерно на богаре и орошении в Волгоградской области // Кукуруза и сорго. 2021. № 2. С. 12–17.
13. Жужукин В.И., Зайцев С.А., Волков Д.П., Гудова Л.А. Оценка комбинационной способности линий кукурузы в диаллельных скрещиваниях по высоте прикрепления початка // Успехи современного естествознания. 2018. No. 10. С. 50–55.
14. Мику В.Е. Генетические исследования кукурузы. Кишинёв: Штиинца, 1981. 232 с.
15. Сотченко Ю.В., Галговская Л.А., Теркина О.В. Результаты изучения экологической адаптивности новых среднеспелых и среднепоздних гибридов кукурузы // Кукуруза и сорго. 2021. № 1. С. 25–30.
16. Синягин И.И. Площади питания растений. М.: Россельхозиздат, 1975. 384 с.
17. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск первый. Общая часть // ФГБУ «Госсорткомиссия». М., 2019. 329 с.
18. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.