

УДК / UDC 633.15: 631.526.322"7124":631.543.2

**ВЫДЕЛЕНИЕ РАННЕСПЕЛЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ
С ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ РЕАКЦИЕЙ НА ЗАГУЩЕНИЕ ПОСЕВОВ**
SELECTION OF EARLY RIPENING CORN LINES
WITH POSITIVE RESPONSE ON PLANT OVERCROWDING

Орлянский Н.А., доктор сельскохозяйственных наук, директор
Orlyansky N.A., Doctor of Agricultural Sciences, Director
Орлянская Н.А.*, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Orlyanskaya N.A., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher
**Воронежский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт кукурузы»**, Воронежская область, Россия
Voronezh branch of the All-Russian Scientific Research Institute of corn,
Voronezh region, Russia
Чеботарёв Д.С., магистрант
Chebotarev D.S., Graduate Student
**ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I»**, Воронеж, Россия
Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education "Voronezh
State Agrarian University named after Emperor Peter the Great", Voronezh, Russia
*E-mail: vf-nauka@yandex.ru

Исследования проводили с целью выделения исходного материала, пригодного для селекции раннеспелых зерновых гибридов кукурузы. Работа выполнена в Воронежском филиале ФГБНУ «Всероссийский НИИ кукурузы» в 2018 и 2019 гг. Изучена реакция 8 раннеспелых (ФАО 140-160) самоопылённых линий кукурузы на условия загущения посевов по результатам испытания 28 диаллельных гибридов (F1). Испытание проводилось при загущении от оптимальной густоты 60 до 90 тыс./га с интервалом 10 тыс./га. Установлено существенное влияние условий повышенной густоты стояния растений на количество початков на 100 растений, урожайность, уборочную влажность зерна и селекционный индекс изученной группы диаллельных (F1) гибридов. Выделены линии В 305/70, В 305/1768 и В 50-4/2088, способствующие получению гибридов с минимальным количеством бесплодных растений при загущении до 90 тыс./га. Меньше других повышают влажность зерна гибриды с участием линий В 50-4/2071 и В 50-4/2085 (0,7-0,9%), а максимально – с линиями В 50-4/2088 и В 50-9/1791 (1,8-2,2%). Гибриды с линиями В 50-4/2071, В 50-4/2074, В 50-4/2085 и В 50-4/2088 показали высокую урожайность при максимальной густоте – 90 тыс./га. Линия В 305/70 позволяет получать гибриды с высокой урожайностью при посеве в широком диапазоне густот. С учетом оптимального сочетания в генотипе урожайности и уборочной влажности зерна выделены перспективные линии В 50-4/2071 и В 50-4/2085, способствующие получению гибридов с высокими селекционными индексами при загущении посевов до 90 тыс./га, рекомендуемые для включения в программы по созданию раннеспелых зерновых гибридов.

Ключевые слова: кукуруза, самоопылённые линии, диаллельные гибриды (F1), густота посевов, урожайность зерна, уборочная влажность зерна, селекционный индекс.

The studies were conducted to select starting material suitable for the selection of early ripening corn grain hybrids. The research was conducted in the Voronezh branch of the All-Russian Research Institute of Corn in 2018 and 2019. The reaction of 8 early-ripe (FAO 140-160) self-pollinated corn lines to the conditions of crops overcrowding according to the results of 28 diallel hybrids testing (F1) was studied. The test was carried out at overcrowding from the optimal density 60 to 90 thousand/ha with the interval of 10 thousand/ha. Significant influence of the increased density of plants standing on the number of spikes on 100 plants, yield, harvesting moisture of grain and selection index of studied group of diallel (F1) hybrids

has been established. Lines B 305/70, B 305/1768 and B 50-4/2088 were identified, which contribute to the production of hybrids with a minimum number of infertile plants when overcrowded to 90 thousand/ha. Grain hybrids with the participation of lines B 50-4/2071 and B 50-4/2085 (0.7-0.9%) increase the moisture of the grain to the least extent, while the lines B 50-4/2088 and B 50-9/1791 (1.8-2.2%) increase the moisture of the grain most of all. Hybrids with lines B 50-4/2071, B 50-4/2074, B 50-4/2085 and B 50-4/2088 showed a high yield with a maximum density of 90 thousand/ha. Line B 305/70 allows the production of hybrids with a high yield in sowing in a wide range of densities. Taking into account the optimal combination in the genotype yield and harvesting moisture of the grain, promising lines B 50-4/2071 and B 50-4/2085 are identified, which contribute to the production of hybrids with high selection indices when crops are overcrowded up to 90 thousand/ha, recommended for inclusion in programs for the creation of early ripening grain hybrids.

Key words: corn, self-pollinated lines, diallel hybrids (F1), crop density, grain yield, harvesting moisture of grain, selection index.

Введение. На полях Российской Федерации раннеспелые гибриды кукурузы в последнее время становятся всё более востребованными. Климатические условия последних десятилетий способствуют расширению ареала возделывания кукурузы в северные регионы, где стало возможным и рентабельным получение с их участием сухого зерна кукурузы. В южных регионах страны использование раннеспелых гибридов оправдано в пожнивных и поукосных посевах, а также в качестве основной культуры в условиях засухи, когда более поздние гибриды из-за дефицита влаги не могут в полной мере реализовать свой генетический потенциал [1, 2].

Короткий период вегетации раннеспелых форм ограничивает индивидуальную продуктивность растений и достичь более высокой урожайности можно только увеличивая густоту стояния стеблестоя. Для создания раннеспелых гибридов зернового направления использования, обеспечивающих высокую урожайность в более плотном стеблестое, требуется соответствующий исходный материал с положительной реакцией на загущение посевов. Признак устойчивости к загущению растений является достаточно высоко наследуемым и поэтому результат селекции в этом направлении во многом определяется подбором высокотолерантного к загущению исходного материала [3]. Для его выделения применяется оценка селекционного материала при густотах стояния растений, превышающих оптимальные на 30-50%, что является эффективным приёмом [4].

Увеличение плотности стеблестоя приводит к негативным изменениям ряда важных показателей в посевах кукурузы: повышается конкуренция между растениями за питательные вещества и влагу, увеличивается разрыв в цветении мужских и женских соцветий, возрастает количество бесплодных растений [5, 6]. В условиях достаточной влагообеспеченности увеличение густоты приводит к худшему вызреванию и, следовательно, повышенной влажности зерна при уборке [7]. При дефиците влаги, наоборот, наблюдается преждевременное прекращение вегетации и созревание растений, вследствие чего происходит недобор урожая [8].

Для зерновых гибридов очень важно установить такую густоту, при которой и величина урожая, и влажность зерна были бы оптимальными. При этом подход к определению густоты стояния растений конкретного гибрида должен быть индивидуальным [9].

Цель исследований – определение реакции на загущение посевов раннеспелых самоопылённых линий кукурузы по результатам испытания

диаллельных гибридов (F1), а также выделение линий с положительной реакцией для дальнейшего использования в программах селекции раннеспелых зерновых гибридов.

Условия, материалы и методы. Исследования выполнены в 2018 и 2019 годах в Воронежском филиале ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы», расположенном в лесостепной зоне Воронежской области.

Материалом для изучения служили 8 новых раннеспелых (ФАО 140-160) самоопылённых линий кукурузы, созданных в учреждении в последние годы. Реакция линий кукурузы на загущение посевов изучена по показателям гибридов, полученных от диаллельных скрещиваний этих линий. Изучено 28 диаллельных гибридов (F1) при густоте посевов от 60 до 90 тыс./га с интервалом густоты 10 тыс./га.

Полевые опыты закладывались на полях селекционного севооборота согласно Методических рекомендаций по проведению полевых опытов с кукурузой [10]. Испытание гибридов проводилось в контрольном питомнике, учётная площадь делянок 9,8 м², повторность 3-кратная. Густоту растений формировали вручную после появления всходов в фазе 4-5 листьев поделяночно, непосредственно перед уборкой подсчитывали фактическое число растений на делянке. Учёт урожая зерна проводился сплошным методом, влажность зерна при уборке определяли экспресс-влажномером Wile 55 с 3-кратным измерением влажности каждого образца.

Селекционный индекс определялся как соотношение урожайности зерна (в ц/га) к влажности зерна на момент уборки (в %) [11]. Статистическую обработку данных двухфакторного опыта (где фактор А – линии, фактор В – густоты) выполняли методом дисперсионного анализа согласно Методики полевого опыта [12] с использованием программы Microsoft Excel 2010.

Результаты и обсуждение. Изучение направления и силы связей урожайности зерна диаллельных гибридов (F1) кукурузы с количеством початков на 100 растений, проведённое с использованием коэффициентов корреляции и детерминации, подтвердило усиление данной связи при увеличении плотности стеблестоя посевов с 60 до 80 тыс./га (табл. 1). Зависимость результирующего признака от факториального при этом возрастала с 49,6 до 69,7%. Несмотря на некоторое ослабление данной связи при густоте 90 тыс./га, увеличение коэффициентов регрессии с 0,491 до 0,575 свидетельствует о том, что, скорее всего, при дальнейшем загущении посевов урожайность зерна будет всё больше зависеть от степени бесплодия или количества початков на 100 растений.

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции, детерминации и регрессии урожайности зерна и количества початков на 100 растений при различных густотах, 2018-2019 гг.

Показатель	Коэффициенты при густоте			
	60 тыс./га	70 тыс./га	80 тыс./га	90 тыс./га
Коэффициент корреляции (r)	0,704*	0,734*	0,835*	0,746*
Коэффициент детерминации (d _{yx})	0,496	0,539	0,697	0,556
Коэффициент регрессии (β)	0,491	0,500	0,543	0,575

Примечание. *Достоверно при 5% уровне значимости.

В условиях повышения густоты посевов с 60 до 90 тыс./га увеличивались коэффициенты вариации по всем изучавшимся признакам. В том числе: по количеству початков на 100 растений с 3,63 до 5,52%, по уборочной влажности зерна с 7,80 до 8,46% и по урожайности зерна с 7,84 до 9,48%, подтверждая таким образом вероятность повышения эффективности отбора на максимальное или минимальное проявление признаков при увеличении плотности стеблестоя.

Проведенный дисперсионный анализ двухфакторного опыта показал наличие значимых ($P < 0,05$) различий между изученными образцами по основным признакам. Анализируя полученные данные по признаку «количество початков на 100 растений», установлено, что в среднем по линиям существенное снижение количества початков на 100 растений наступало с густоты 80 тыс./га, а по отдельным линиям (В 50-4/2074, В 50-9/1791) уже при загущении посевов на 10 тыс./га (табл. 2). Самое большое число бесплодных растений отмечалось при загущении до 90 тыс./га по гибридам с линиями В 50-4/2071, В 50-4/2074, В 50-4/2085, В 50-9/1791, В 305/1771. Выгодно выделились гибриды с участием линий В 305/70 и В 305/1768, показавшие минимальное снижение числа початков в процентном отношении при максимальной густоте. Заслуживает внимания также линия В 50-4/2088, у которой при максимальном загущении образовалось початков больше, чем у других – в среднем 94,5 початков на 100 растений, хотя снижение против минимальной густоты составило 6,5%.

Таблица 2 – Количество початков на 100 растений диаллельных гибридов кукурузы (F1) при различных густотах, 2018-2019 гг.

Гибриды с участием линий	Количество початков на 100 растений (шт.) при густоте растений				Отношение густоты 90 тыс./га к густоте 60 тыс./га, %
	60 тыс./га	70 тыс./га	80 тыс./га	90 тыс./га	
В 50-4/2071	92,0	90,5	88,5	82,5	89,7
В 50-4/2074	96,0	92,0	90,5	88,5	92,1
В 50-4/2085	95,0	94,0	92,0	89,0	93,7
В 50-4/2088	101,1	99,0	95,5	94,5	93,5
В 50-9/1791	98,5	94,0	91,0	89,5	90,9
В 305/70	96,0	94,5	92,5	91,5	95,3
В 305/1768	97,0	96,5	94,0	92,0	94,8
В 305/1771	90,0	87,5	82,5	80,0	88,9
Среднее	95,7	93,5	90,8	88,4	92,4
НСР ₀₅ для линий	2,2				-
НСР ₀₅ для густот	3,0				-

С увеличением плотности посевов значительно повышается уборочная влажность зерна, что крайне нежелательно для гибридов кукурузы зернового назначения. Значение признака «уборочная влажность зерна» при различной густоте растений было оптимальным для генотипов данной группы спелости (ФАО 140-160) и находилось в пределах 14,6-19,8% в среднем за годы исследований. Существенное повышение уборочной влажности зерна в среднем по линиям произошло уже при минимальном увеличении густоты, за исключением линий В 50-4/2071 и В 50-4/2085, у которых такое увеличение влажности отмечено при загущении до 80 тыс./га (табл. 3). В среднем по линиям отмечено увеличение влажности зерна на 1,4% при загущении с 60 до 90 тыс./га, меньше других увеличивали влажность гибриды с участием линий В 50-4/2071 и В 50-4/2085 (на 0,7-0,9%), а максимально – с линиями В 50-4/2088 и В 50-9/1791 (на 2,2 и 1,8% соответственно). Следует отметить линии В 50-4/2074, В 50-4/2085, В 305/1768 и В 305/1771, у которых также отмечается существенное повышение влажности в условиях плотного стеблестоя, но влажность зерна гибридов, полученных с их участием, находилась на довольно низком уровне, в пределах 16,1-16,5%.

Таблица 3 – Уборочная влажность зерна диаллельных гибридов кукурузы (F1) при различных густотах, 2018-2019 гг.

Гибриды с участием линий	Уборочная влажность зерна (%) при густоте растений				Отношение густоты 90 тыс./га к густоте 60 тыс./га, %
	60 тыс./га	70 тыс./га	80 тыс./га	90 тыс./га	
В 50-4/2071	16,7	16,9	17,2	17,4	104,2
В 50-4/2074	14,7	15,0	15,5	16,1	109,5
В 50-4/2085	15,6	15,8	16,1	16,5	105,8
В 50-4/2088	17,2	17,6	18,3	19,4	112,8
В 50-9/1791	18,0	18,8	19,2	19,8	110,0
В 305/70	16,7	17,3	17,5	18,0	107,8
В 305/1768	15,1	15,4	15,6	16,4	108,6
В 305/1771	14,6	15,2	15,6	16,1	110,3
Среднее	16,1	16,5	16,9	17,5	108,7
НСР ₀₅ для линий	0,2				-
НСР ₀₅ для густот	0,3				-

Результаты изучения урожайности зерна диаллельных гибридов показали различную реакцию на загущение участвовавших в скрещиваниях линий и позволили выделить генотипы, толерантные к увеличению густоты растений (табл. 4). В среднем за годы исследований гибриды с линиями В 50-4/2071, В 50-4/2074, В 50-4/2085 и В 50-4/2088 показали высокую урожайность при максимальной густоте – 90 тыс./га, что свидетельствует об их высокой адаптивности к вегетации в плотном стеблестое. Гибриды с участием линий В 50-9/1791, В 305/70 и В 305/1768 выдерживают загущение посевов до 80 тыс./га, дальнейшее повышение густоты способствует снижению урожайности, хотя и не существенно. Самоопылённая линия В 305/1771 не выдерживает увеличения плотности стеблестоя, для гибридов с её участием оптимальной является минимальная густота, снижение урожайности наблюдалось уже при увеличении густоты на 10 тыс./га.

Таблица 4 – Урожайность зерна диаллельных гибридов кукурузы (F1) при различных густотах, 2018-2019 гг.

Гибриды с участием линий	Урожайность зерна (т/га) при густоте растений				Отношение густоты 90 тыс./га к густоте 60 тыс./га, %
	60 тыс./га	70 тыс./га	80 тыс./га	90 тыс./га	
В 50-4/2071	5,91	6,26	6,55	6,70*	113,4
В 50-4/2074	6,59	6,70	6,82	6,94*	105,3
В 50-4/2085	6,01	6,31	6,56	6,79*	113,0
В 50-4/2088	6,90	7,05	7,18	7,36*	106,7
В 50-9/1791	6,23	6,38	6,42*	6,33	101,6
В 305/70	7,15	7,34	7,53*	7,31	102,2
В 305/1768	6,38	6,56	6,71*	6,52	102,2
В 305/1771	5,69*	5,64	5,44	5,37	94,4
Среднее	6,36	6,53	6,65	6,67	104,9
НСР ₀₅ для линий	0,22				-
НСР ₀₅ для густот	0,31				-

Примечание. *Урожайность зерна при оптимальной густоте посева.

Сопоставление признаков «урожайность» и «уборочная влажность зерна» позволяет выделить генотипы, сочетающие в себе оптимальное проявление данных признаков. Для этого использовался селекционный индекс. С его

помощью можно для каждой конкретной формы подобрать ту максимальную густоту растений, при которой влажность зерна будет расти быстрее, чем урожайность. По результатам определения селекционного индекса его максимальное значение для гибридов с участием линий В 50-4/2071 и В 50-4/2085 обнаружено при наибольшей густоте – 90 тыс./га (рис.). Для гибридов, полученных с линиями В 305/70 и В 305/1768, самое большое значение индекса установлено при густоте 80 тыс./га. Линии В 50-4/2074, В 50-4/2088, В 50-9/1791 и В 305/1771 способствуют созданию гибридов, характеризующихся оптимальным сочетанием урожайности и уборочной влажности при минимальной густоте.

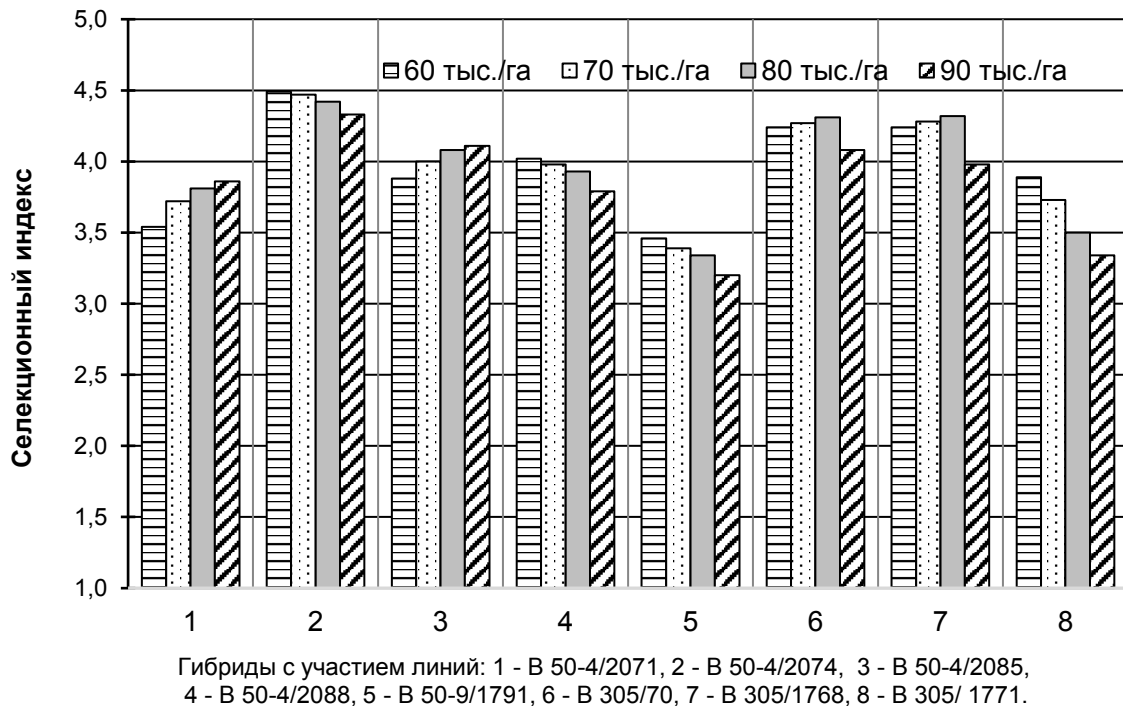


Рисунок – Селекционный индекс диаллельных гибридов (F1) кукурузы при различных густотах, 2018-2019 гг.

Выводы. Установлено существенное влияние условий загущения посевов на количество початков на 100 растений, урожайность и уборочную влажность зерна изученной группы диаллельных гибридов (F1) кукурузы. Выделены линии В 305/70, В 305/1768 и В 50-4/2088, способствующие получению гибридов с минимальным количеством бесплодных растений при загущении до 90 тыс./га. Меньше других увеличивают влажность зерна гибриды с участием линий В 50-4/2071 и В 50-4/2085, а максимально – с линиями В 50-4/2088 и В 50-9/1791. Линии В 50-4/2071, В 50-4/2074, В 50-4/2085 и В 50-4/2088 способствуют созданию гибридов с высокой адаптивностью к условиям вегетации в плотном стеблестое. Линия В 305/70 позволяет получать гибриды, характеризующиеся высокой урожайностью при посеве в широком диапазоне густот. С учетом оптимального сочетания в генотипе урожайности и уборочной влажности зерна выделены перспективные линии В 50-4/2071 и В 50-4/2085, способствующие получению гибридов с высокими селекционными индексами при загущении посевов до 90 тыс./га, рекомендуемые для включения в программы по созданию раннеспелых зерновых гибридов.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Сотченко В.С. Перспективы производства зерна кукурузы в России // Кукуруза и сорго. 2002. № 6. С. 2-5.
2. Гульняшкин А.В., Анашенков С.С., Варламов Д.В. Селекция гибридов кукурузы адаптированных к засушливым условиям юга России // Зерновое хозяйство России. 2013. № 4. С. 7-13.
3. Домашнев П.П., Дзюбецкий Б.В., Костюченко В.И. Селекция кукурузы. М.: Агропромиздат, 1992. 204 с.
4. Мустьяца С.И. Влияние засухи на некоторые признаки скороспелой кукурузы и селекция на засухоустойчивость // Кукуруза и сорго. 2005. № 5. С. 6-12.
5. Горбачева А. Г., Чиник А.М., Копылова Е.В. Влияние густоты стояния растений на урожай зерна раннеспелых и среднеранних линий кукурузы в условиях предгорной зоны Ставропольского края // Кукуруза и сорго. 2012. № 1. С. 8-14.
6. Багринцева В.Н. Сортовая агротехника как фактор реализации генетического потенциала гибридов кукурузы // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. № 5. С. 17-19.
7. Орлянский Н.А., Орлянская Н.А. Поведение кукурузы в условиях искусственного стресса, вызванного загущением посевов // Кукуруза и сорго. 2005. № 4. С. 5-8.
8. Кукуруза (выращивание, уборка, консервирование и использование) / Д. Шпаар, К. Гинапп, Д. Дрегер [и др.]. М.: ИД ООО «DLV Агродело», 2009. 390 с.
9. Багринцева В.Н., Шмалько И.А. Оптимальная густота растений раннеспелых гибридов кукурузы // Кукуруза и сорго. 2018. № 4. С. 27-31.
10. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой: Днепропетровск, 1980. 54 с.
11. Сотченко В.С. Селекция и семеноводство раннеспелых и среднеранних гибридов кукурузы: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. СПб., 1992. 48 с.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

REFERENCES

1. Sotchenko V.S. Perspektivy proizvodstva zerna kukuruzy v Rossii // Kukuruzi i sorgo. 2002. № 6. S. 2-5.
2. Gulnyashkin A.V., Anashenkov S.S., Varlamov D.V. Seleksiya gibridov kukuruzy adaptirovannykh k zasushlivym usloviyam yuga Rossii // Zernovoe khozyaystvo Rossii. 2013. № 4. S. 7-13.
3. Domashnev P.P., Dzyubetskiy B.V., Kostyuchenko V.I. Seleksiya kukuruzy. M.: Agropromizdat, 1992. 204 s.
4. Mustyatsa S.I. Vliyanie zasukhi na nekotorye priznaki skorospeloy kukuruzy i seleksiya na zasukhoustoychivost // Kukuruzi i sorgo. 2005. № 5. S. 6-12.
5. Gorbacheva A. G., Chinik A.M., Kopylova Ye.V. Vliyanie gustoty stoyaniya rasteniy na urozhay zerna rannespelykh i srednerannikh liniy kukuruzy v usloviyakh predgornoy zony Stavropolskogo kraya // Kukuruzi i sorgo. 2012. № 1. S. 8-14.
6. Bagrintseva V.N. Sortovaya agrotehnika kak faktor realizatsii geneticheskogo potentsiala gibridov kukuruzy // Doklady Rossiyskoy akademii selskokhozyaystvennykh nauk. 2013. № 5. S. 17-19.
7. Orlyanskiy N.A., Orlyanskaya N.A. Povedenie kukuruzy v usloviyakh iskusstvennogo stressa, vyzvannogo zagushcheniem posevov // Kukuruzi i sorgo. 2005. № 4. S. 5-8.
8. Kukuruzi (vyrashchivanie, uborka, konservirovanie i ispolzovanie) / D. Shpaar, K. Ginapp, D. Dreger [i dr.]. M.: ID ООО «DLV Agrodello», 2009. 390 s.
9. Bagrintseva V.N., Shmalko I.A. Optimalnaya gustota rasteniy rannespelykh gibridov kukuruzy // Kukuruzi i sorgo. 2018. № 4. S. 27-31.
10. Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu polevykh opytov s kukuruzoy: Dnepropetrovsk, 1980. 54 s.
11. Sotchenko V.S. Seleksiya i semenovodstvo rannespelykh i srednerannikh gibridov kukuruzy: avtoref. dis. ... dokt. s.-kh. nauk. SPb., 1992. 48 s.
12. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.