

УДК 631.527

ХАРАКТЕРИСТИКА НОВЫХ ТЕТРАПЛОИДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ КУКУРУЗЫ НА РАЗЛИЧНЫХ ФОНАХ ПОСЕВА (ВЛАГООБЕСПЕЧЕННЫЙ И ЗАСУШЛИВЫЙ)

А. М. Кагермазов, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

А. В. Хачидогов, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

Институт сельского хозяйства Кабардино-Балкарского научного центра РАН

E-mail: kbniish2007@yandex.ru.

Ключевые слова. Кукуруза, тетраплоид, фон влагообеспеченный и засушливый, популяции, морфобиологические признаки.

Реферат. Исходя из результатов динамики климата за последние 30 лет в селекционные программы КБНИИСХ внесены существенные корректировки. Селекционерами проводятся исследования по выявлению засухоустойчивых форм с преимущественно латентным типом устойчивости к засухе. По программе сотрудничества с ВНИИР им. Н. И. Вавилова проводятся исследования по выявлению генетических источников засухоустойчивости и холодостойкости наравне с другими селекционно-ценными признаками. Глобальное потепление климата повлечет за собой не только изменение метеорологических параметров, но и изменение фона болезней и вредителей сельскохозяйственных растений. Поэтому селекционерами продолжаются поиски генотипов, устойчивых к болезням и вредителям, характерным для засушливого летнего климата и дождливой прохладной весны и осени. Необходимо проводить дополнительные селекционные исследования по созданию раннеспелых растений и растений со смещенными фазами физиологического развития, способных формировать основной урожай до наступления атмосферного и почвенного водного дефицита. Так, тетраплоидная кукуруза за счет формирования более мощной корневой системы, утолщения листьев, стебля и стержня початка обладает большим потенциалом засухоустойчивости, чем диплоидная. Запас влаги, находящийся в этих частях растений, позволяет растению формировать сравнительно высокий урожай зерна при кратковременных засухах. Следовательно, одной из главных задач селекции кукурузы является создание сортов и гибридов, способных формировать полноценный, стабильный урожай в условиях водного дефицита и орошения.

THE CHARACTERISTIC OF NEW TETRAPLOID POPULATIONS OF CORN ON VARIOUS BACKGROUNDS OF CROPS (MOISTURE PROVIDED AND DROUGHTY)

A. M. Kagermazov, candidate of agricultural sciences, senior research associate

A. V. Khachidogov, candidate of agricultural sciences, research associate

Institute of Agriculture of Kabardino Balkarian Science Center RAS

Key words: corn, tetraploid, background flagoobraznye and arid populations.

Abstract. Proceeding from results of dynamics of climate for the last 30 years, about the KBNIISKH selection programs essential corrections are made. Selectors conduct researches on identification of drought-resistant forms with mainly latent type of resistance to a drought. Such genotypes can be revealed in the VNIIR collection of N. I. Vavilov in whom all world resources of a genetic variety of plants are concentrated. According to the program of cooperation with VNIIR of N. I. Vavilov, researches on identification of genetic sources of drought resistance and cold constancy on an equal basis with other selection and valuable signs are conducted. Methods of the remote and closely related hybridization, a poliploidiya, a mutagenesis are for this purpose used. Global warming of climate will cause not only change of meteorological parameters, but also and change of a background of diseases and wreckers of agricultural plants. Therefore selectors search of genotypes steady against diseases and to the wreckers characteristic of droughty summer climate and rainy cool spring and fall continues It is necessary to conduct additional selection researches on creation of early

ripe plants and plants with the displaced phases of physiological development, capable to form the main harvest before atmospheric and soil water deficiency. So, for example tetraploid corn which due to formation of more powerful root system, a thickening of leaves, a stalk and a core of an ear has high potential of drought resistance, than diploid corn. The moisture reserve which is in these parts of plants allows a plant to form rather big crop of grain at short-term droughts.

Therefore, one of the main tasks of selection of corn is creation of grades and hybrids capable to form a full-fledged, stable harvest in the conditions of water deficiency and irrigation.

Состояние изученности плодovitости тетраплоидной кукурузы позволяет предположить, что при разрешении этой проблемы необходимо изучить широкий спектр признаков, влияющих на семенную продуктивность. Изучение морфологических, количественных, цитологических и других признаков на обширном и разнообразном селекционном материале, возможно, позволит не только понять причины снижения семенной плодovitости, но и определить пути ее повышения. Дальнейшая работа с новыми тетраплоидными генотипами кукурузы требует проведения обширных цитогенетических и селекционных исследований, направленных на получение новых гибридов тетраплоидной кукурузы, обладающих наравне с засухоустойчивостью, многими другими селекционно-ценными признаками, которые позволят получать высокие урожаи зерна и зеленой массы. Результатом таких исследований может быть повышение семенной плодovitости исследованных популяций и получение новых знаний о механизмах, влияющих на признак устойчивости к биотическим и абиотическим факторам среды, а также семенной плодovitости тетраплоидных популяций, в связи с чем и были начаты проведенные нами исследования [1].

Цель исследования-получение селекционными методами новых тетраплоидных доноров засухоустойчивости кукурузы с расширенной генетической основой плазмы, их морфобиологическая и селекционная характеристика, оценка их практического применения в селекции кукурузы на гетерозис на влагообеспеченном и засушливом фонах.

При этом решались следующие задачи:

1. Морфобиологическая и селекционная характеристика хозяйственно-ценных признаков новых генетических источников кукурузы из стран Латинской Америки в условиях предгорной (влагообеспеченный фон) и степной (засушливый фон) зонах КБР.

2. Подбор родительских пар, проведение скрещиваний тетраплоидных популяций с выделенными источниками засухоустойчивости кукурузы для создания новых засухоустойчивых тетраплоидных популяций.

3. Тестирование на признак засухоустойчивости новых тетраплоидных популяций кукурузы в предгорной (влагообеспеченный фон) и степной (засушливый фон) зонах КБР по основным морфобиологическим признакам.

Кукуруза является третьим по экономическому значению хлебным злаком в мировом производстве зерна, в чем немаловажную роль сыграло ее постоянное селекционно-генетическое улучшение. Основным селекционным методом улучшения кукурузы за последние несколько десятилетий является использование гетерозиса. Глобальное потепление климата сопровождается рядом негативно влияющих на сельскохозяйственные культуры явлений, и в том числе на кукурузу. Одним из них являются периодически повторяющиеся воздушные и почвенные засухи. Внедрение в производство засухоустойчивых сортов или гибридов позволяет снизить потери зерна от воздействия засухи. Но количество генетических источников засухоустойчивости кукурузы незначительно и недостаточно разнообразно по происхождению. Поэтому поиск новых источников засухоустойчивости кукурузы с расширенным генетическим разнообразием плазмы остается актуальным [1].

При проведении исследований мы использовали лабораторные, вегетационные и полевые опыты. В связи с тем, что в Госреестре селекционных достижений РФ нет районированных сортов и гибридов тетраплоидной кукурузы, для использования при сортоиспытании, нам пришлось в качестве стандарта сравнивать их с диплоидным гибридом Краснодарский 382МВ. Фенологические наблюдения, измерения и учеты проводили по «Методическим указаниям по селекции кукурузы ВНИИК» (Днепропетровск, 1982) и Методическим указаниям ВИР «Изучение и поддержание образцов коллекции кукурузы» (1985). Дисперсионный анализ проведен по методике Б. А. Доспехова (1985), оценка

комбинационной способности линий в схеме диаллельных скрещиваний – по 4-му методу 1-й модели Б. Гриффинга.

Значения морфобиологических признаков тетраплоидных популяций изучались в двух зонах как модели разных фонов влагообеспеченности. В степной зоне (п. Опытное, НПО № 2, Терский район) популяции испытывались как в наиболее засушливой зоне, а в качестве влагообеспеченного фона испытания проходили в предгорной зоне (с. Нартан, НПО № 1, Чегемский район) Кабардино-Балкарии. В полевых условиях также изучали основные селекционно-ценные признаки: урожайность, высота стебля, длина и диаметр початка, число рядов зерен на початке, число зерен в рядке початка, количество зерен в початке, масса 1000 зерен. Проводились фенологические наблюдения и учет поражаемости болезнями кукурузы на естественном фоне заражения.

Оценку на пластичность и адаптивность зерновой продуктивности в засушливых условиях производили, используя данные с засушливого (степная зона) и влагообеспеченного (предгорная зона) участков опытных делянок (туров). Полученные результаты урожая зерна экспериментальных вариантов представлены в табл. 1, 2. В качестве стандарта был использован гибрид Краснодарский 382МВ, отличающийся высокой степенью засухоустойчивости.

Таблица 1

Значения морфобиологических признаков тетраплоидных популяций на влагообеспеченном фоне посева (2016 г.)

Вариант	Разрыв в цветении метелок и початков, дни	Высота растений, см	Число рядов зерен, шт.	Длина початка, см	Число листьев на стебле, шт.	Длина околопочаткового листа, см	Число веточек на метелке, шт.	Выполненность початка, %	Фертильность пыльцы, %
Краснодарский 382 МВ	2,2	238,8	15,4	23,4	15,8	98,9	28,4	97,4	98,4
ПП 1/18	3,2	216,7	15,7	22,6	17,4	79,5	26,2	85,6	76,2
ПП 1/22	3,5	240,5	13,6	20,7	16,9	92,5	25,5	89,7	85,5
ПП 4/20	2,8	258,6	14,8	21,3	18,2	102,3	28,1	81,3	78,2
ПП 5/20	3,0	257,0	10,9	20,0	16,2	84,8	28,8	90,0	86,5
ПП 6/22	2,4	254,8	15,4	25,4	17,6	82,4	16,3	85,4	80,3
ПП 7/20	3,1	278,9	13,2	24,1	18,8	80,0	18,1	91,1	88,1
ПП 7/22	3,5	259,4	15,4	24,7	18,7	88,3	18,7	89,4	88,7
НСР _{0,5}	0,06	23,5	0,33	0,31	0,16	4,1	0,85	-	-

Известно, что селекционеры предпочитают прямую полевую оценку засухоустойчивости сортов, считая ее более надежной и не требующей специальных дополнительных исследований. Хотя при полевой оценке и учитывают результаты визуальных наблюдений селекционера за состоянием растения во время засухи, но главную роль в общей оценке все же играет учет урожайности изучаемых образцов. Однако урожайные данные не всегда дают возможность дифференцировать сорта по устойчивости. Оценка засухоустойчивости по абсолютной урожайности генотипов в засушливые годы ненадежна, поскольку этот признак определяется многими свойствами данных генотипов. Например, сорта менее устойчивые, но обладающие высокой урожайностью могут в сухие годы давать сборы зерна не ниже засухоустойчивых, но менее урожайных сортов. Правильнее оценивать засухоустойчивость по степени снижения урожайности на фоне засухи по сравнению с увлажненным фоном. Но для этого нужно или располагать данными за ряд различных по увлажнению лет, или проводить сортоиспытания параллельно на богарном и орошаемом фонах. При этом снова сказывается зависимость урожайности от многих факторов [1–3]. В проведенных нами исследованиях были изучены значения урожайности зерна в тетраплоидных популяциях кукурузы в степной (засушливой) и предгорной (влагообеспеченной) зонах, что позволило дать морфобиологическую и селекционную характеристику изученным популяциям (см. табл. 1, 2).

Таблица 2

Значения морфобиологических признаков тетраплоидных популяций на засушливом фоне посева (2016 г.)

Вариант	Разрыв в цветении метелок и початков, дни	Высота растений, см	Число рядов зерен, шт.	Длина початка, см	Число листьев на стебле, шт.	Длина околопочаткового листа, см	Число веточек на метелке, шт.	Выполненность початка, %	Фертильность пыльцы, %
Краснодарский 382 МВ	3,3	180,7	15,3	15,5	15,2	82,6	16,7	95,0	96,1
ПП 1/18	5,2	197,3	15,2	14,4	17,0	72,3	14,1	74,4	70,2
ПП 1/22	4,6	195,0	13,3	17,4	16,0	83,3	16,5	77,4	76,5
ПП 4/20	5,2	205,4	14,4	14,7	18,1	88,6	19,1	80,1	72,5
ПП 5/20	4,0	179,4	10,5	14,8	16,1	74,1	15,3	83,8	80,1
ПП 6/22	4,5	206,5	15,0	18,0	17,1	71,6	13,6	79,0	73,6
ПП 7/20	5,0	188,4	13,0	18,2	18,5	76,2	15,8	84,2	85,0
ПП 7/22	6,2	215,7	15,3	20,5	18,2	80,0	15,5	80,5	85,5
НСР _{0,5}	0,09	15,5	0,41	0,30	0,13	5,1	0,79	-	-

Не менее важный селекционный интерес представляет признак разрыва цветения между метелкой и початком. Для нормального опыления в естественных условиях достаточно 4-дневного осыпания пыльцы на рыльца, полностью вышедшие из початка. В то же время засуха в критический период увеличивает разрыв цветения до 6 дней (рис. 1). Большой разрыв в цветении мужских и женских гаметофитов кукурузы является одной из самых главных причин резкого снижения урожая при засухе в критический период. Выявлено, что популяции, склонные к многопочатковости, способны формировать полноценный початок на засушливом фоне. В популяции однопочаткового типа при этих же условиях возрастает количество бесплодных стеблей. Причем при возрастании засушливости фона увеличивается и степень асинхронности цветения мужских и женских гаметофитов на кукурузном растении. Из этого следует, что можно говорить о существовании положительной корреляции между этими признаками [2]. Изученные варианты показывают разную реакцию признака разрыва в цветении на увеличение густоты. В популяции ПП 7/20 разрыв в цветении резко увеличивается на засушливом фоне, что, возможно, генетически обусловлено. Высота растений как наиболее чувствительный к дефициту влаги в почве признак свидетельствует, что популяции ПП 7/20, ПП 5/20, ПП 1/18 являются наиболее устойчивыми (рис. 2). Сравнение значений фертильности пыльцы и выполненности початков показало,

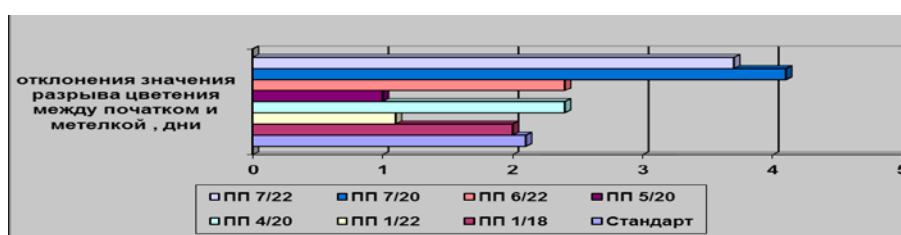


Рис. 1. Отклонения значений разрыва цветения между початком и метелкой на засушливом и влагообеспеченном фонах роста

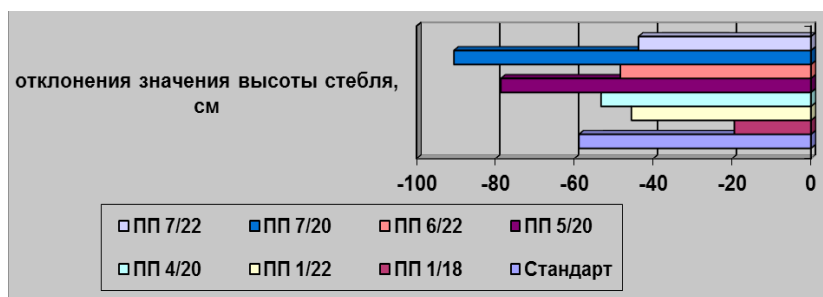


Рис. 2. Отклонения значений высоты стебля на засушливом и влагообеспеченном фонах роста

что у популяций ПП 4/20, ПП 6/22, ПП 5/20 и ПП 1/22 значения фертильности пыльцы высокие (рис. 3), тогда как высокие значения выполненности початка наблюдаются только у популяции ПП 4/20 и ПП 1/22 (рис. 4). Реакция признаков длина листа и количество листьев на стебле на влагообеспеченном и засушливом фонах показала, что популяции ПП 4/20 и ПП 7/22 минимально снижают длину и количество листьев на стебле (рис. 5, 6).

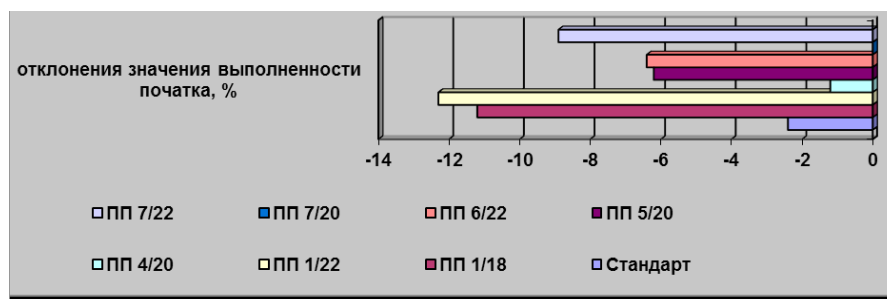


Рис. 3. Отклонения значений выполненности початка на засушливом и влагообеспеченном фонах роста

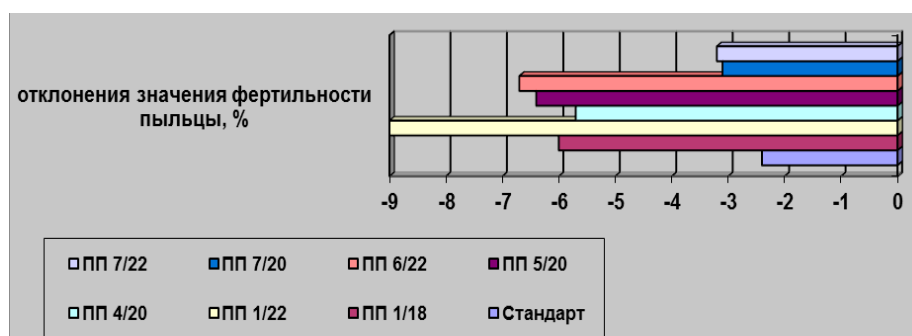


Рис. 4. Отклонения значений фертильности пыльцы на метелке на засушливом и влагообеспеченном фонах роста

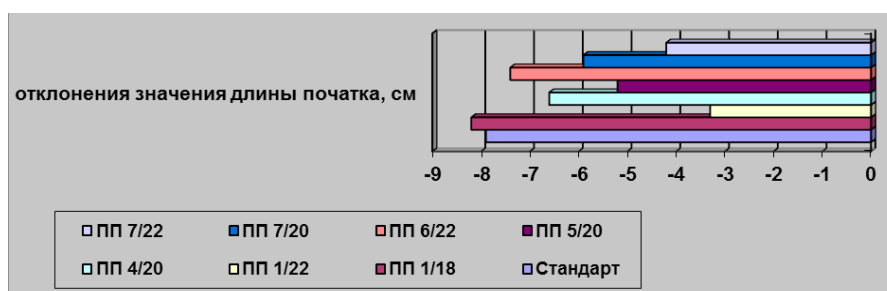


Рис. 5. Отклонения значений количества листьев на стебле на засушливом и влагообеспеченном фонах роста

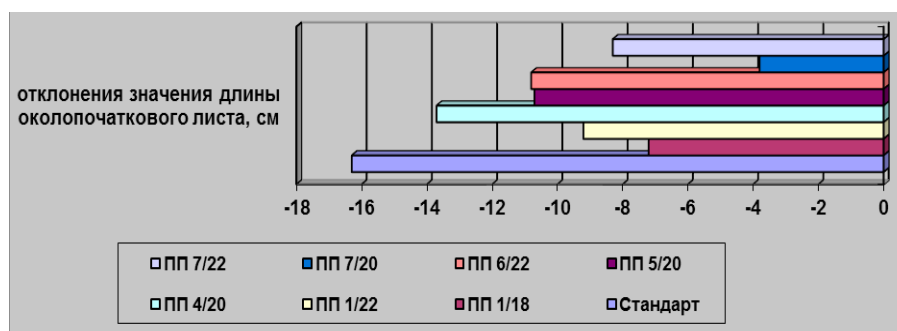


Рис. 6. Отклонения значений длины околопочаткового листа на засушливом и влагообеспеченном фонах роста

Результаты анализа количественных признаков структуры початка показали существенные изменения при посеве на влагообеспеченном и засушливом фонах. Все изученные варианты проявили генетически обусловленную стабильность признака на обоих фонах. Поскольку реакция на засушливый фон схожа с реакцией на засуху, мы можем сделать предварительное заключение, что на засушливом фоне число рядов зерен в початке будет постоянным, следовательно, из-за данного признака не будет происходить снижения урожая в условиях засухи. Этот признак представляет, несомненно, селекционный интерес. Отбирая гибриды с большим числом рядов зерен, возможно добиться получения высокого урожая в условиях засухи.

Одновременно изучали признак «длина початка». В отличие от числа рядов зерен в початке длина початка проявляет выраженную реакцию на дефицит влаги и закономерно снижается с увеличением густоты растений, следовательно, селекция в обычных условиях на длину початка будет бесперспективна.

Проведенный нами анализ ряда морфологических признаков растений кукурузы в связи с изменением сроков посева показал, что в засушливых условиях высота растений снижается во всех вариантах, включая стандарт (Краснодарский 382 МВ), тогда как число листьев проявляет хорошую стабильность. Слабо варьирующим при водном дефиците признаком является и количество листьев на стебле. При анализе этого признака было обнаружено, что независимо от периода вегетации или сроков посева этот признак сохраняет свои количественные значения. Следует отметить, что в экзотических расах кукурузы количество листьев закладывается на ранних этапах органогенеза и его значение зависит от длины фотопериода. Таким образом, этот этап органогенеза у экзотических рас приходится на самый длинный день (16 ч) в условиях КБР. Тем не менее это количество слабо варьирует с изменением сроков посева. Нами изучался признак длины околопочаткового листа. Было обнаружено, что одновременно со снижением высоты растения уменьшается длина околопочаткового листа, во влагалище которого расположен початок.

При посеве на засушливом фоне снижение высоты растений происходит в верхних междоузлиях, несущих метелку. Одновременно с этим происходит снижение числа боковых веточек метелки. Это, в свою очередь, приводит к снижению пылевой продуктивности в условиях засухи и может являться причиной плохого завязывания семян. Следовательно, при получении новых засухоустойчивых линий следует стремиться к тому, чтобы линии имели высокую пылевую продуктивность. Кроме того, водный дефицит является основной причиной низкой жизнеспособности пыльцы и спермиев в самый ответственный период формирования урожая растения [1]. Поэтому жизнеспособность пыльцы также является дополнительным критерием оценки засухоустойчивости растений, которая непосредственно связана с выполненностью и озерненностью початков. Среди изученных в опыте вариантов была выделена популяция ПП 4/20, которая по признаку разности выполненности початка имела значения выше, чем у стандарта. По признаку разности фертильности пыльцы среди изученных популяций не удалось выделить значений, превышающих стандарт, но к популяциям с высокими значениями фертильности были отнесены ПП 7/20, ПП 7/22 и ПП 4/20.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, следует отметить, что для выявления признака засухоустойчивости у изучаемых генотипов рекомендуется использовать наравне с прямой оценкой на различных фонах влагообеспеченности также и косвенные методы лабораторного анализа фертильности пыльцы при подсушивании, всхожести в осмотических растворах сахарозы, выращивание на провокационном фоне.

Сравнительный анализ морфобиологических признаков тетраплоидных популяций на засушливом и влагообеспеченном фонах выявил корреляционную зависимость между засухоустойчивостью и такими признаками, как высота растений ($+0,87 \pm 0,02$), длина початка ($+0,81 \pm 0,02$), количество бесплодных растений ($-0,66 \pm 0,02$), фертильность пыльцы ($+0,64 \pm 0,04$), урожайность зерна ($+0,63 \pm 0,02$), количество веточек на метелке ($+0,48 \pm 0,030$), выполненность початка ($+0,43 \pm 0,04$), длина околопочаткового листа ($+0,35 \pm 0,04$), количество рядов зерен на початке ($0,07 \pm 0,03$).

Калькуляция коэффициентов вариации среди новых тетраплоидных популяций выявило их неоднородность по разнообразию каждого из изученных признаков, высоко коррелирующих с засухоустойчивостью. Наибольшее варьирование признака урожая зерна обнаружено в популяции ПП 1/22, ПП 4/20, а наибольшая выравненность в популяции ПП 7/20 и ПП 7/22.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кагермазов А. М.* Селекция генетических источников признака засухоустойчивости для создания новых гибридов тетраплоидной кукурузы: дис. ... канд. с.-х. наук. – Нальчик, 2011. – С. 4,16, 76–77, 86.
2. *Особенности* селекции кукурузы в КБНИИСХ в связи с глобальным изменением климата / Э.Б. Хатефов, А.М. Кагермазов, З.М. Малухов, В.Н. Мадянова // *Зерн. хоз-во России*. – 2010. – № 4 (10). – С. 52–56.
3. *Хатефов, Э.Б., Кагермазов, А.М., Шорохов, В.В.* Селекция кукурузы, устойчивой к климатическим стрессам // *Сб. науч. тр. КБНИИСХ*. – Нальчик, 2007. – С. 111–113.

REFERENCES

1. Kagermazov A. M. Seleksiya geneticheskikh istochnikov priznaka zasuhoustoychivosti dlya sozdaniya novyih gibridov tetraploidnoy kukuruzyi dis kand. s. – h. nauk. – Nalchik, 2011. – S. 4,16, 76–77, 86.
2. *Osobennosti seleksii kukuruzyi v KBNIISH v svyazi s globalnyim izmeneniem klimata* / E. B. Hatefov, A. M. Kagermazov, Z. M. Maluhov, V. N. Madyanova // *Zernyu. Hoz-vo Rossii*. 2010- #4 (10). – S. 52–56.
3. Hatefov, E.B., Kagermazov, A.M., Shorohov, V. V. Seleksiya kukuruzyi ustoychivoy k klimaticheskim stressam // *Sb. nauch. tr. KBNIISH*. – Nalchik, 2007. – S. 111–113.