

УДК 631(092): 635.646

06.01.05 - Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений (сельскохозяйственные науки)

АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В СЕЛЕКЦИИ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ

Исакова Светлана Викторовна
Аспирант, кафедра генетики, селекции и семеноводства
svetlanaisakova238@gmail.com

Цаценко Людмила Владимировна
д-р. биол. наук, профессор, кафедра генетики, селекции и семеноводства
lyt-lemna@yandex.ru
SPIN-код: 2120-6510, AuthorID: 94468
<https://orcid.org/0000-0003-1022-1942>
Scopus Author ID: 55952841000
Кубанский государственный аграрный Университет имени И.Т. Трубилина, Россия, Краснодар 350044, Калинина 13

В статье представлен обзор литературных данных по созданию гибридов кукурузы, устойчивых к низким температурам, является важным направлением в селекции этой культуры, наряду с селекцией на пониженную влажность зерна при уборке и жаростойкостью. Рассматриваются два вида устойчивости к пониженным температурам – морозоустойчивость и холодостойкость. Другой вопрос касается проблемы холодостойкости. В данном случае под холодостойкостью понимают способность растений переносить положительные температуры несколько выше 0°C. При охлаждении у таких растений работа ферментативного аппарата не нарушена, устойчивость к грибным заболеваниям не снижена, заметных повреждений растения не происходит. Показано, что механизм устойчивости растений к низким температурам – это комплекс адаптивных реакций, выработанных в процессе эволюции как результат приспособления организма к изменяющимся температурным условиям среды. Для укрепления внутриклеточных структур существуют механизмы накопления защитных веществ и упрочение связи между белками, липидами и хлорофиллом. Холодостойкость растений определяется способностью растений сохранять нормальную структуру цитоплазмы, изменять обмен веществ в период охлаждения и последующего повышения температуры на достаточно высоком уровне, приводятся данные по нескольким агрономически важным сельскохозяйственным растениям

Ключевые слова: КУКУРУЗА,

UDC 631(092): 635.646

06.01.05 - Selection and seed production of agricultural plants (agricultural sciences)

CURRENT TRENDS IN MAIZE HYBRID BREEDING

Isakova Svetlana Victorovna
postgraduate student, Chair of genetic, plant breeding and seeds
svetlanaisakova238@gmail.com

Tsatsenko Lyudmila Vladimirovna
Dr.Sci.Biol., professor,
Chair of genetic, plant breeding and seeds
lyt-lemna@yandex.ru
RSCI SPIN-code: 2120-6510, AuthorID: 94468
<https://orcid.org/0000-0003-1022-1942>
Scopus Author ID: 55952841000
“Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin”, Krasnodar 350044, Kalinina 13, Russia

The article presents a review of the literature on the creation of maize hybrids resistant to low temperatures, which is an important direction in the breeding of this crop, along with breeding for reduced moisture of grain at harvest and heat tolerance. Two types of low temperature tolerance, frost tolerance and cold tolerance, are being considered. Another issue concerns the problem of cold tolerance. Here, cold tolerance refers to the ability of plants to tolerate positive temperatures slightly above 0°C. When such plants cool down, their enzyme apparatus is not impaired, their resistance to fungal diseases is not reduced, and there is no noticeable damage to the plant. It is shown that the mechanism of plant resistance to low temperatures is a complex of adaptive reactions developed in the process of evolution as a result of organism adaptation to the changing temperature conditions of the environment. There are mechanisms of protective substances accumulation and strengthening of protein, lipid and chlorophyll bonds to strengthen intracellular structures. The cold tolerance of plants is determined by the ability of plants to maintain the normal structure of the cytoplasm, change metabolism during cooling and the subsequent increase in temperature at a sufficiently high level, data on several agronomically important agricultural plants are given

Keywords: MAIZE, COLD TOLERANCE, FROST

ХОЛОДОСТОЙКОСТЬ,
МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТЬ, ТЕМПЕРАТУРНЫЙ
МИНИМУМ, ТЕМПЕРАТУРА ОХЛАЖДЕНИЯ,
СУБОПТИМАЛЬНАЯ ТЕМПЕРАТУРА

TOLERANCE, TEMPERATURE MINIMUM,
COOLING TEMPERATURE, SUBOPTIMAL
TEMPERATURE

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-173-016>

Кукуруза широко распространена в мире благодаря высокой продуктивности и питательной ценности, а также способности адаптироваться к различным климатическим зонам. Её изменчивость по продолжительности вегетационного периода имеет весьма широкие границы. Кукуруза является основной кормовой культурой для сельскохозяйственных животных и птицы главным образом в таких странах как США, Австрия, Франция, Германия и др. В странах Латинской Америки, Африки, Азии, Южной Европы она играет роль важной продовольственной культуры. Основными экспортёрами кукурузы являются США, Австралия, Бразилия, Канада, Аргентина. В России в 2020 году площадь посева кукурузы составила 2,75 млн га, произведено 14 млн тонн зерна кукурузы [32].

Потребность животноводства в фуражном зерне возрастает с каждым годом. Это приводит к необходимости повышения урожайности гибридов кукурузы и расширения ареала возделывания. Это становится возможным при наличии гибридов, пригодных к возделыванию в регионах с дефицитом тепла. Поэтому основными условиями продвижения кукурузы в северные регионы являются селекция на скороспелость и холодостойкость. Плохо досушенное, влажное, незрелое зерно теряет всхожесть при снижении температуры до 3 °С, поэтому в регионах с пониженными температурами во время посева кукурузы так же важна селекция на быструю влагоотдачу зерном при созревании [3, 4, 6, 8, 16,17].

Факторами среды, снижающих всхожесть, урожайность и качество полученного урожая, являются почвенное засоление, почвенная и воздушная засуха, экстремальные температуры (высокие или низкие) и

<http://ej.kubagro.ru/2021/09/pdf/16.pdf>

другие факторы. Приспособление растений к таким факторам проявляются на клеточном, организменном и популяционном уровнях.

В большинстве случаев выделяют биологическую и агрономическую устойчивость. Если растительный организм способен переносить экстремальные условия с сохранением жизнедеятельности и способности к размножению, говорят о биологической устойчивости. Однако, даже у устойчивых растений неблагоприятные условия среды могут вызвать снижение продуктивности. Поэтому агрономическая устойчивость культурных растений понимается как способность выдерживать неблагоприятные условия без потери урожайности. При длительном пребывании в неблагоприятных условиях проявляются специфические механизмы устойчивости растений, при кратковременном и сильном – неспецифические. Ответная реакция растения на неблагоприятные условия среды зависит от интенсивности и продолжительности действия стресс-фактора, присутствия устойчивости и физиологического состояния растений. Способность противостоять стрессу зависит так же от фазы вегетации растения. Наиболее устойчивым к пониженным температурам состоянием растения является состояние покоя (семена, луковицы). Самая чувствительная фаза – прорастание семян и появление всходов, так как активно растущие ткани и органы наиболее уязвимы. Существует три группы факторов, негативно влияющих на растения: физические (избыток или недостаток почвенной влаги, недостаточная освещенность, механические воздействия), химические (пестициды, промышленные отходы), биологические (болезни и вредители, уязвимые фазы вегетации). Пониженная температура относится к физическим факторам [16, 25, 31].

У растений известно два вида устойчивости к пониженным температурам – морозоустойчивость и холодостойкость. Морозоустойчивостью называется способность растений переносить отрицательные температуры [1, 2, 15, 17, 22]. Кристаллы льда в

межклеточном пространстве образуются при постепенном снижении температуры, и не вызывают гибели клеток, но результаты этого процесса могут быть вредоносными. Таким образом, при постепенном промерзании в межклеточниках образуется лед, из-за которого меняются рН и концентрация клеточного сока, так как он оттягивает воду из клеток. В результате меняются осмотические свойства клеток, цитоплазма сжимается кристаллами льда [24, 19, 20, 30, 32].

Из воды, находящейся за пределами клетки образуются центры кристаллизации внеклеточного льда, после чего начинается вымерзание клеток. При последующем понижении температуры лед оттягивает воду из клеток, что вызывает их обезвоживание и образование линз льда в межклеточниках. Отток воды из клеток способствует образованию внеклеточного льда [15, 1, 9, 25, 26].

Под холодостойкостью понимают способность растений переносить положительные температуры несколько выше 0°C. При охлаждении у таких растений работа ферментативного аппарата не нарушена, устойчивость к грибным заболеваниям не снижена, заметных повреждений растения не происходит. Растения, повреждённые низкими температурами, теряют упругость листьев и стебля, их окраска бледнеет из-за разрушения хлорофилла. Это происходит из-за нарушения транспорта воды к листьям. Нарушение цепи ДНК – РНК – белок – признак приводит к сбою в обмене нуклеиновых кислот и белков, нарушению физиологических процессов. Так же нарушается структура митохондрий и пластид, что вызывает снижение фотосинтеза и аэробного дыхания. Нарушение процесса диссимиляции происходит из-за разрушения хлоропластов и структуры пигментно – липидного комплекса. Наиболее вредоносным следствием влияния пониженных температур на теплолюбивые растения является нарушение функций клеточных мембран из-за трансформации насыщенных жирных кислот из жидкокристаллического состояния в

состояние геля [15, 26, 28]. Растение можно назвать холодостойким, если оно способно стабилизировать обмен веществ во время скачков температуры среды и сохранить структуру цитоплазмы [25, 26].

Холодостойкость определяется как прямым (по выживанию растений после температурного стресса), так и косвенным (оценка состояния мембран) методами. Для оценки холодостойкости растений пользуются понятием температурный минимум – это температура, при которой прекращается активный рост. По холодостойкости сельскохозяйственные культуры условно делят на четыре группы: холодоустойчивые культуры – ячмень, овес, горох, сахарная свекла, среднеустойчивые – подсолнечник, гречиха, слабоустойчивые – просо, кукуруза, соя, не устойчивые – бахчевые, рис, хлопчатник (таблица).

Таблица –Холодостойкость сельскохозяйственных культур [11, 13]

Культура	Минимальная температура прорастания семян, °С	Оптимальная температура прорастания семян, °С	Температурный минимум, °С	Всходы выдерживают заморозки более, °С не
Ячмень	1 – 2	10 – 12	12 – 14	-7 -8
Овес	2 – 3	15 – 18	10 – 12	-7 -8
Горох	1 – 2	10 – 12	8 – 10	-3 -4
Сахарная свекла	3 – 4	15 – 18	6 – 8	-3 -4
Подсолнечник	3 – 5	20 – 22	18 – 20	-5 -6
Гречиха	7 – 8	15 – 25	10 – 12	-2 -3
Просо	8 – 10	16 – 19	6 – 10	-2 -3
Кукуруза	7 – 10	16 – 20	10 – 12	+2 +3
Соя	8 – 10	12 – 14	10 – 12	+2 -3
Бахчевые	13 – 17	23 – 25	10 – 20	+5 – 0
Рис	10 – 14	20 – 25	10 – 12	0
Хлопчатник	12 – 14	25 – 30	17 – 20	0 -1

Кукуруза является теплолюбивым растением. Для прорастания семян необходима минимальная температура 7-10 °С, всходы появляются при 10-12 °С. При посеве в холодную переувлажнённую почву наблюдается гибель семян и изреженность всходов. Всходы повреждаются при температуре 2-3 °С. Биологический минимум развития жизнеспособных всходов у кукурузы отмечается при 10- 12 °С. Оптимальная температура появления всходов - 16-20 °С. Показателями холодостойкости, позволяющими оценить холодостойкость линии или гибрида кукурузы, служат полевая всхожесть, энергия роста в период прорастания и урожайность зерна при различной степени понижения температур в период вегетации [12, 14, 24].

Начальные фазы развития растений кукурузы включают стадии, чувствительные к низким температурам – всходы, развитие листьев, формирование фотосинтетического аппарата. В период перехода от гетеротрофного питания к автотрофному переохлаждение вызывает физиологические нарушения у молодых растений. Это такие нарушения, как снижение фотосинтетической активности, нарушение баланса между образованием и распадом активных форм кислорода, нарушение целостности мембран, снижение скорости деления и удлинения клеток листьев, задержка роста, увядание, хлороз и некроз, в некоторых случаях даже гибель растений. Снижение температуры негативно сказывается так же и на процессе фотосинтеза, снижает проводимость устьиц, нарушает развитие хлоропластов, замедляет передачу продуктов фотосинтеза во флоэму и их экспорт из листьев. Для гибридов кукурузы наиболее важна устойчивость к температурам ниже биологического минимума, при которых возможно получить полноценные всходы, и к температурам ниже биологического оптимума (субоптимальным), при которой реализуются высокие темпы стартового роста и стабильное развитие растений [18, 19, 24, 30, 31]. Чаще всего холодостойкость линий и гибридов кукурузы

изучают лабораторным и полевым методом. В полевых условиях проводят посев в два срока – ранний (температура в период посев – всходы составляет +8+10 °С), оптимальный (температура в период посев – всходы составляет +15+20 °С). Для лабораторной оценки используют метод холодного проращивания (cold test) [11, 22, 25, 26].

В процессе эволюционного развития под действием изменяющихся температурных условий среды у растений сформировался комплекс реакций, помогающих приспособиться к пониженным температурам и выработался механизм устойчивости. При помощи механизмов накопления защитных веществ и укрепления связей между белками, липидами и хлорофиллом происходит упрочение внутриклеточных структур. Такие вещества как водорастворимые белки, минеральные соли, сахара, фосфолипиды, аминокислоты стабилизируют цитоплазму, укрепляют клеточную стенку и защищают ее от деформаций. Увеличение морозостойкости растений можно достичь введением в растение неорганических соединений, так как ионы солей снижают температуру замерзания воды. Защитное действие (понижает температуру замерзания на 8 – 11 °С), оказывают сахара (глюкоза 1–2). При повышении устойчивости растений к низким температурам возрастает фотосинтетическая активность растения. При воздействии низких температур на растения происходит экспрессия генов, продукты которых носят название белков холодового шока. Одновременное включение таких генов повышает устойчивость к низким температурам всего растительного организма [15, 21].

Обычной реакцией на охлаждение является накопление углеводов в листьях. Снижение интенсивности фотосинтеза усиливается при понижении температуры и увеличении периода воздействия низких температур и сохраняется даже после потепления. Это происходит из-за снижения нисходящего транспорта углеводов из листьев, в следствие чего

происходит снижение интенсивности фотосинтеза, из-за чего снижается устьичная проводимость листа, нарушается синтез хлорофилла, уменьшается образование реакционных центров. Длительное воздействие низких температур вызывает разрушение сформировавшихся хлоропластов, что снижает содержание хлорофилла [24, 25]. Под воздействием пониженных температур в ночное время у кукурузы накапливается крахмал, глюкоза и сахароза в листьях. Причинами этого может являться изменение метаболизма углеводов в листе или низкой метаболической активности корневой системы. Добавление экзогенной сахарозы стимулирует рост и дыхание охлаждённых корней. Растяжимость клеточной стенки клеток корня кукурузы при понижении температуры до 5 °С снижается, и не восстанавливается при последующем повышении температуры, так как не образуется новых клеток, способных к растяжению. Внутриклеточное давление возрастает в первые 70 часов охлаждения. Так же при пониженных температурах снижается поглощение корнями Mn и Zn. Поглощаемые вещества медленно передвигаются по корню и накапливаются в апикальной зоне. При пониженных температурах в растении снижается доля органических форм фосфора, повышение содержания неорганического фосфора, в растении наблюдается дефицит фосфатов. Охлаждение растений кукурузы во время микроспорогенеза наиболее вредоносно в наиболее уязвимую фазу - период от конца стадии тетрад до начала образования молодых микроспор, холодное воздействие в этот период приводит к стерильности пыльцы. В первую очередь у кукурузы от холода повреждается стебель [15, 25, 26, 30, 32].

Растения кукурузы имеют разнообразные механизмы устойчивости к пониженным температурам. Способность быстро активизировать ферментную систему, превращать запасные вещества (проламины) в подвижные формы, увеличивать интенсивность дыхания являются одними

из этих механизмов. При понижении температуры среды происходит высвобождение свободных форм фитогормонов из их связанных форм. Активность ауксинов резко возрастает в первые часы охлаждения растения кукурузы, что связано с биосинтезом белка, и говорит о важной физиологической роли этих гормонов при адаптации растений к температурному стресс- фактору [10, 26].

Среди множества теплолюбивых культур, возделываемых в умеренном климате, кукуруза является одной из самых продуктивных. Изначально адаптация гибридов кукурузы к северным районам происходила за счет сокращения вегетационного периода, то есть проводилась селекция на скороспелость. Однако это вызывало сокращение урожайности гибридов. Поэтому важным направлением для селекции кукурузы становится увеличение холодостойкости в ранние фазы развития.

Список литературы

1. Бишарова И. Л., Галкина А. А. Реакция растений кукурузы на температурные стрессы / И. Л. Бишарова, А. А. Галкина, А. С. Гурьянова, А. С. Лукаткин // *Fundamental science and technology: Сборник научных статей по материалам V Международной научно-практической конференции*, Уфа, 12 марта 2021 года. – 2021. – С. 11-15.
2. Горбачёва А. Г., Ветошкина И. А. Диагностика холодостойкости линий кукурузы / А. Г. Горбачёва, И. А. Ветошкина // *Кукуруза и сорго*. – №1. – 2018. – С. 21-26.
3. Губин С. В., Логинова А. М. Перспективы создания раннеспелых гибридов кукурузы с участием инбредных линий, созданных в Сибирском филиале ВНИИК / С. В. Губин, А. М. Логинова, Г. В. Гетц, В. С. Ильин // *Сборник материалов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции: Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции посвященной 100-летию со дня рождения С. И. Леонтьева*, Омск, 27 февраля 2019 года. – 2019. – С. 158-162.
4. Губин С. В., Логинова А. М. Создание исходного материала и раннеспелых гибридов кукурузы в сибирском филиале ВНИИК / С. В. Губин, А. М. Логинова, Г. В. Гетц // *Актуальные направления развития аграрной науки в работах молодых учёных*. – 2018. – С. 44.
5. Давыдова С. А. Состояние и перспективные направления развития селекции и семеноводства кукурузы в Российской Федерации / С. А. Давыдова, А. В. Горячева // *Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК : материалы XI Международной научно-практической интернет конференции*, п. Правдинский, 05–07 июня 2019 года. – п. Правдинский: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2019. – С. 97-104.
6. Журавлёва Р. Д., Вяткина Г. В. Кукуруза на среднем Урале / Р. Д. Журавлёва, Г. В. Вяткина // *Молодежь и наука*. – 2019. – №. 4. – С. 25-25.
7. Зауралов О.А. Краткая история исследований физиологии холодоустойчивости растений в России / О.А. Зауралов // *Инженерные технологии и системы*. – № 4 (17). - 2007. – С. 14-19.
8. Зезин Н. Н., Намятов М. А. Подбор гибридов кукурузы и оптимальные сроки их уборки на среднем Урале / Н. Н. Зезин, М. А. Намятов, В. А. Пелевин // *АПК России*. – 2018. – Т. 25. – №. 1. – С. 37-44.
9. Казакова Н. И. Реакция гибридов кукурузы на абиотические факторы среды в фазу прорастания и всходов / Н.И. Казакова // *Проблемы аграрного сектора Южного Урала и пути их решения*. – 2018. – С. 86-94.
10. Клименко О. А. Взаимосвязь устойчивости к пониженной температуре и некоторых количественных признаков у кукурузы / О. А. Клименко // *Евразийский Союз Ученых*. – № 3-5 (60). – 2019. – С. 13-17.
11. Клименко О. А. Оценка двойных и трехлинейных гибридов кукурузы по устойчивости к пониженным температурам и элементам продуктивности / О. А. Клименко // *Вестник научных конференций*. – ООО Консалтинговая компания Юком. – 2019. – №. 12-3. – С. 18-21.
12. Клименко О. А. Устойчивость к холоду простых гибридов кукурузы / О. А. Клименко // *Инновации и традиции в науке и образовании: теория и современная практика : монография*. – 2021. – С. 88 – 107.
13. Клименко О. Оценка холодоустойчивости мужского гаметофита линий и гибридов кукурузы // *InterConf*. – 2020. –P/145-146/

14. Клименко О.А. Изменчивость и наследуемость ряда признаков у простых гибридов f1 кукурузы при пониженной температуре и в обычных условиях / О.А. Клименко // Евразийский Союз Ученых. – № 5-9 (74). – 2020. – С. 19-26.
15. Климентова Е.Г., Сатаров Г. А., Зудова Т.А. Приспособление и устойчивость растений: Учебное пособие для студентов экологического факультета. – Ульяновск, УлГУ, 2006. –53с/
16. Манжесов В. И., Попов И. А., Максимов И. В. [и др.] Технология послеуборочной обработки, хранения и предреализационной подготовки продукции растениеводства: учебное пособие; под общей редакцией В. И. Манжесова. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 624 с
17. Панфилов А. Э. Селекция кукурузы для севера: направления и тенденции //Современные проблемы земледелия Зауралья и пути их научно обоснованного решения: Материалы междунаро. – 2014. – С. 233.
18. Поскребышева М. М., Исмагилов К. Р. Влияние гидротермических условий на рост и развитие растений кукурузы / М. М. Поскребышева, К. Р. Исмагилов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2020. – №. 2. – С. 44-50.
19. Пыльнев В. В, Коновалов Ю. Б, Хупацария Т. И., Буко О. А. / Частная селекция полевых культур : учебник / В. В. Пыльнев, Ю. Б. Коновалов, Т. И. Хупацария, О. А. Буко. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 544 с.
20. Ряднова М. В. Основные направления в селекции кукурузы / М. В. Ряднова, А. Н. Воронин // Инновационные технологии возделывания белого люпина и других зерновых культур. – С. 238.
21. Сотченко В. С. Сохранение жизнеспособности элитных семян линий кукурузы в процессе хранения / В.С. Сотченко, А.Г. Горбачева, И.А. Ветошкина, Н.А. Орлянский, Н.А. Орлянская, В.И. Соломко //Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2020. – №. 4. – С. 65-71.
22. Сотченко В.С., Горбачева А. Г. Методика определения лабораторной всхожести и силы роста семян / В. С. Сотченко, А. Г. Горбачева, И. А. Ветошкина, В. И. Соломко // Кукуруза и сорго. – 2021. – № 1. – С. 12-24.
23. Федулов Ю.П., В.В. Котляров., Доценко К.А. Устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды : учеб. Пособие. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 64 с/
24. Чудинова Л.А. Физиология устойчивости растений: учеб. пособие к спецкурсу/ Л.А. Чудинова, Н.В. Орлова; Перм. ун-т. – Пермь, 2006. – 124с/
25. Цаценко Л.В. Пыль цевай анализ / Л.В. Цаценко, С.Н. Нековаль //Краснодар, КубГАУ. 2012. – 126с.
26. Чудинова Л.А. Физиология устойчивости растений: учеб. пособие к спецкурсу/ Л.А. Чудинова, Н.В. Орлова; Перм. ун-т. – Пермь, 2006. – 124с/
27. Шерудило Е.Г., Шибаева Т.Г. Влияние кратковременных ежесуточных понижений температуры на холодоустойчивость листьев разного возраста / Е.Г. Шерудило, Т.Г. Шибаева // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. – №6. – 2018. – С. 115-123.
28. Шибаева Т. Г., Икконен Е. Н. Особенности реакции растений на ежесуточные понижения температуры в зависимости от их интенсивности и продолжительности / Т. Г. Шибаева, Е. Н Икконен., Е. Г. Шерудило., А.Ф. Титов // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. – №12. – 2018. – №. 12. – С.20 – 37.
29. Cholakova-Bimbalova R., Vassilev A. Effect of chilling stress on the photosynthetic performance of young plants from two maize (*Zea mays*) hybrids //CBU International Conference Proceedings. – 2017. – Т. 5. – С. 1118-1123.

30. Grzybowski M. et al. Increased photosensitivity at early growth as a possible mechanism of maize adaptation to cold springs //Journal of experimental botany. – 2019. – T. 70. – №. 10. – С. 2887-2904.
31. Karpuk L. The algorithm selection of initial material corn by breeding for cold resistance and model of inbred line / V. L., Zhemoyda, S. A. Krasnovsky , L. M. Karpuk, O. S. Makarchuk // EurAsian Journal of BioSciences Eurasia J Biosci. – №13. – 2019. – P.431-436
32. Sobkowiak A. et al. Molecular foundations of chilling-tolerance of modern maize //BMC genomics. – 2016. – T. 17. – №. 1. – P. 1-22.

REFERENCES

1. Bisharova I. L., Galkina A. A. Reakciya rastenij kukuruzy na temperaturnye stressy / I. L. Bisharova, A. A. Galkina, A. S. Gur'yanova, A. S. Lukatkin //Fundamental science and technology: Sbornik nauchnyh statej po materialam V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Ufa, 12 marta 2021 goda. – 2021. – S. 11-15.
2. Gorbachyova A. G., Vetoshkina I. A. Diagnostika holodostojkosti linij kukuruzy / A. G. Gorbachyova, I. A. Vetoshkina // Kukuруза i sorgo. – №1. – 2018. - S. 21-26.
3. Gubin S. V., Loginova A. M. Perspektivy sozdaniya rannespelyh gibrinov kukuruzy s uchastiem inbrednyh linij, sozdannyh v Sibirskom filiale VNIK / S. V. Gubin, A. M. Loginova, G. V. Getc, V. S. Il'in // Sbornik materialov Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoj konferencii: Materialy Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoj konferencii posvyashchennoj 100-letiyu so dnya rozhdeniya S. I. Leont'eva, Omsk, 27 fevralya 2019 goda. – 2019. – S. 158-162.
4. Gubin S. V., Loginova A. M. Sozdanie iskhodnogo materiala i rannespelyh gibrinov kukuruzy v sibirskom filiale VNIK / S. V. Gubin, A. M. Loginova, G. V. Getc //Aktual'nye napravleniya razvitiya agrarnoj nauki v rabotah molodyh uchyonyh. – 2018. – S. 44.
5. Davydova S. A. Sostoyanie i perspektivnye napravleniya razvitiya selekcii i semenovodstva kukuruzy v Rossijskoj Federacii / S. A. Davydova, A. V. Goryacheva // Nauchno-informacionnoe obespechenie innovacionnogo razvitiya APK : materialy XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj internet konferencii, p. Pravdinskij, 05–07 iyunya 2019 goda. – p. Pravdinskij: Rossijskij nauchno-issledovatel'skij institut informacii i tekhniko-ekonomicheskikh issledovanij po inzhenerno-tekhnicheskomu obespecheniyu agropromyshlennogo kompleksa, 2019. – S. 97-104.
6. ZHuravlyova R. D., Vyatkina G. V. Kukuруза na srednem Urale / R. D. ZHuravlyova, G. V. Vyatkina //Molodezh' i nauka. – 2019. – №. 4. – S. 25-25.
7. Zauralov O.A. Kratkaya istoriya issledovanij fiziologii holodoustojchivosti rastenij v Rossii / O.A. Zauralov // Inzhenernye tekhnologii i sistemy. – № 4 (17). - 2007. – S. 14-19.
8. Zezin N. N., Namyatov M. A. Podbor gibrinov kukuruzy i optimal'nye sroki ih uborki na srednem Urale / N. N. Zezin, M. A. Namyatov, V. A. Pelevin //APK Rossii. – 2018. – T. 25. – №. 1. – S. 37-44.
9. Kazakova N. I. Reakciya gibrinov kukuruzy na abioticheskie faktory sredy v fazu prorastaniya i vskhodov / N.I. Kazakova // Problemy agrarnogo sektora YUzhnogo Urala i puti ih resheniya. – 2018. – S. 86-94.
10. Klimenko O. A. Vzaimosvyaz' ustojchivosti k ponizhennoj temperature i nekotoryh kolichestvennyh priznakov u kukuruzy / O. A. Klimenko // Evrazijskij Soyuz Uchenyh. – № 3-5 (60). – 2019. – S. 13-17.
11. Klimenko O. A. Ocenka dvojnnyh i trekhlinejnyh gibrinov kukuruzy po ustojchivosti k ponizhennym temperaturam i elementam produktivnosti / O. A. Klimenko

//Vestnik nauchnyh konferencij. – ООО Konsaltingovaya kompaniya YUkom. – 2019. – №. 12-3. – S. 18-21.

12. Klimenko O. A. Uстойchivost' k holodu prostyh gibridov kukuruzy / O. A. Klimenko // Innovacii i tradicii v nauke i obrazovanii: teoriya i sovremennaya praktika : monografiya. – 2021. – S. 88 – 107.

13. Klimenko O. Ocenka holodoustojchivosti muzhskogo gametofita linij i gibridov kukuruzy //InterConf. – 2020.

14. Klimenko O.A. Izmenchivost' i nasleduemost' ryada priznakov u prostyh gibridov f1 kukuruzy pri ponizhennoj temperature i v obychnyh usloviyah / O.A. Klimenko // Evrazijskij Soyuz Uchenyh. – № 5-9 (74). – 2020. – S. 19-26.

15. Klimentova E.G., Satarov G. A., Zudova T.A. Prispособlenie i ustojchivost' rastenij: Uchebnoe posobie dlya studentov ekologicheskogo fakul'teta. – Ul'yanovsk, UIGU, 2006. –53s.

16. Koshkin S.S. Izuchenie produktivnosti glavnogo kolosa starodavnyh sortov ozimoy myagkoj pshenicy / S.S. Koshkin, L.V. Cacenko // Nauchnyj zhurnal KubGAU, [Elektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №04(098). S. 933 – 942. – IDA [article ID]: 0981404069. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/04/pdf/69.pdf>, 0,625 u.p.l.

17. Manzhesov V. I., Popov I. A., Maksimov I. V. [i dr.] Tekhnologiya posleuborochnoj obrabotki, hraneniya i predrealizacionnoj podgotovki produkcii rastenievodstva: uchebnoe posobie; pod obshchej redakciej V. I. Manzhesova. — 4-e izd., ster. — Sankt-Peterburg : Lan', 2020. — 624 s

18. Panfilov A. E. Selekcija kukuruzy dlya severa: napravleniya i tendencii //Sovremennye problemy zemledeliya Zaural'ya i puti ih nauchno obosnovannogo resheniya: Materialy mezhdunarod. – 2014. – S. 233.

19. Poskrebysheva M. M., Ismagilov K. R. Vliyanie gidrotermicheskikh uslovij na rost i razvitie rastenij kukuruzy / M. M. Poskrebysheva, K. R. Ismagilov // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2020. – №. 2. – S. 44-50.

20. Pyl'nev V. V, Konovalov YU. B, Hupacariya T. I., Buko O. A. / CHastnaya selekcija polevyh kul'tur : uchebnyk / V. V. Pyl'nev, YU. B. Konovalov, T. I. Hupacariya, O. A. Buko. — Sankt-Peterburg : Lan', 2016. — 544 s.

21. Ryadnova M. V. Osnovnye napravleniya v selekcii kukuruzy / M. V. Ryadnova, A. N. Voronin // Innovacionnye tekhnologii vozdeleyvaniya belogo lyupina i drugih zernovyh kul'tur. – S. 238.

22. Sotchenko V. S. Sohranenie zhiznesposobnosti elitnyh semyan linij kukuruzy v processe hraneniya / V.S. Sotchenko, A.G. Gorbacheva, I.A. Vetoshkina, N.A. Orlyanskij, N.A. Orlyanskaya, V.I. Solomko //Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN. – 2020. – №. 4. – S. 65-71.

23. Sotchenko V.S., Gorbacheva A. G. Metodika opredeleniya laboratornoj vskhozhesti i sily rosta semyan / V. S. Sotchenko, A. G. Gorbacheva, I. A. Vetoshkina, V. I. Solomko // Kukuruzi i sorgo. – 2021. – № 1. – S. 12-24.

24. Fedulov YU.P., V.V. Kotlyarov., Docenko K.A. Uстойchivost' rastenij k neblagopriyatnym faktoram sredy : ucheb. Posobie. – Krasnodar: KubGAU, 2015. – 64 s

25. Cacenko L.V. Pyl'cevoj analiz / L.V. Cacenko, S.N. Nekoal' /Krasnodar, KubGAU. 2012. – 126s.

26. CHudinova L.A. Fiziologiya ustojchivosti rastenij: ucheb. posobie k speckursu/ L.A. CHudinova, N.V. Orlova; Perm. un-t. – Perm', 2006. – 124

27. SHerudilo E.G., SHibaeva T.G. Vliyanie kratkovremennyh ezhesutochnyh ponizhenij temperatury na holodoustojchivost' list'ev raznogo vozrasta / E.G. SHerudilo, T.G. SHibaeva // Trudy Karel'skogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. – №6. – 2018. – S. 115-123.

28. SHibaeva T. G., Ikkonen E. N. Osobennosti reakcii rastenij na ezhesutochnye ponizheniya temperatury v zavisimosti ot ih intensivnosti i prodolzhitel'nosti / T. G. SHibaeva, E. N Ikkonen., E. G. SHerudilo., A.F. Titov // Trudy Karel'skogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. – №12. – 2018. – №. 12. – S.20 – 37.

29. Cholakova-Bimbalova R., Vassilev A. Effect of chilling stress on the photosynthetic performance of young plants from two maize (*Zea mays*) hybrids //CBU International Conference Proceedings. – 2017. – Т. 5. – С. 1118-1123.

30. Grzybowski M. et al. Increased photosensitivity at early growth as a possible mechanism of maize adaptation to cold springs //Journal of experimental botany. – 2019. – Т. 70. – №. 10. – С. 2887-2904.

31. Karpuk L. The algorithm selection of initial material corn by breeding for cold resistance and model of inbred line / V. L., Zhemoyda, S. A. Krasnovsky , L. M. Karpuk, O. S. Makarchuk // EurAsian Journal of BioSciences Eurasia J Biosci. – №13. – 2019. – Pp.431-436

32. Sobkowiak A. et al. Molecular foundations of chilling-tolerance of modern maize //BMC genomics. – 2016. – Т. 17. – №. 1. – С. 1-22.