



ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТОВ АМАРАНТА СЕЛЕКЦИИ ВНИИССОК ПО УСТОЙЧИВОСТИ К ПОНИЖЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ И ДЕФИЦИТУ ВЛАГИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ И РЕСПУБЛИКЕ ЭКВАДОР

Гинс М.С.^{1,2} – доктор биологических наук, профессор, лауреат Государственной премии и премии Правительства, зав. отделом физиологии и биохимии

Гинс В.К.¹ – доктор биологических наук, профессор, лауреат Государственной премии и премии Правительства, зав. лабораторией биотехнологии функциональных продуктов

Торрес Миньо К.Х.² – аспирант

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур» (ФГБНУ ВНИИССОК)

143080, Россия, Московская обл., Одинцовский р-н, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д.14

E-mail: anirr@bk.ru

² Российский Университет дружбы народов, Аграрный факультет

117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.8

E-mail: carlosjavier12@yahoo.com

Анализ морфофизиологических показателей растений амаранта сортов селекции ВНИИССОК и Эквадора, выращенных в оптимальных условиях, а также при пониженной температуре и дефиците осадков, выявил снижение высоты, числа листьев и длины соцветий в неодинаковой степени, что указывает на различный уровень устойчивости сортов к действию неблагоприятных факторов среды. Наиболее полное представление об устойчивости сорта можно получить при многолетней оценке морфофизиологических показателей при выращивании растений в открытом грунте при меняющихся из года в год неблагоприятных факторах среды. Помимо этого, дополнительную информацию об устойчивости сортов амаранта дает сопоставление элементов продуктивности растений, выращенных в разных географических зонах (Россия, Эквадор). Важные морфофизиологические параметры растений (высота, количество листьев, длина соцветия) использовали для более полной характеристики устойчивости сортов к действию абиогенных стрессоров. Внутрисортная и межсортная специфичность растений амаранта по показателям «высота», «число листьев» и «длина соцветий» четко проявилась при их выращивании в России и Эквадоре. Пониженная температура (13,9°C) и дефицит влаги являются стрессовым фактором для амаранта, задерживающим рост и нарастание листьев и соцветий у всех исследованных сортов за исключением сортов Неженка и Кизлярец, устойчивых к действию стрессоров. Представленные в работе данные свидетельствуют, что ростовые реакции растений амаранта изученных сортов более чувствительны к действию пониженной температуры, чем к дефициту влаги.

Ключевые слова: амарант, морфофизиологические параметры, устойчивость, пониженная температура, дефицит влаги.

Амарант – древняя сельскохозяйственная культура народов Южной Америки, заселявших ранее современные территории Мексики, Аргентины, Эквадора и других стран Латинской Америки [1,2,3,4]. Позже, благодаря экологической пластичности амарант распространился по всему миру. Интродукция амаранта – тропического растения, в Нечерноземной зоне России – зоне рискованного земледелия, потребовала создания отечественных сортов, адаптированных к почвенно-климатическим условиям этого региона. В отделе физиологии и биохимии и лаборатории семеноведения и интродукции ВНИИССОК были проведены многолетние исследования коллекции амаранта, представленной ВИР им. Н.И. Вавилова, а также оценка и отбор перспективных образцов. В результате селекционной работы путем разработки научных основ биохимической селекции, включающей, в том числе выделение источников с повышенной устойчивостью морфофизиологических параметров к стрессу, были созданы сорта амаранта многоцелевого назначения [5].

В овощеводстве при выращивании амаранта на зелень важное значение имеют количественные показатели: высота растений, облиственность, длина соцветий и др. Величина этих признаков характеризует пригодность сорта к современным технологиям возделывания и уборки, а также возможность их использования для промышленной переработки. Листовая биомасса, соцветия, стебли растений и семена ряда сортов уже используются в России в качестве сырья для получения функциональных продуктов питания [6,7]. Исследование динамики морфофизиологических показателей амаранта в процессе вегетации в разные годы является чрезвычайно важной задачей для понимания действия факторов, ограничивающих рост и развитие растений рода *Amaranthus*, выращенных в различных географических регионах земного шара, отличающихся климатическими условиями и длиной дня.

1. Сорта амаранта селекции ВНИИССОК лаборатории интродукции и семеноведения и отдела физиологии и биохимии

Название вида	Сорт	Год включения сорта в Госреестр	Назначение сорта
<i>A. tricolor</i> L.	Валентина	1999	овощное
<i>A. hypochondriacus</i> L.	Кизлярец	2001	семенное, кормовое
<i>A. hypochondriacus</i> L.	Крепыш	2004	семенное, кормовое
<i>A. paniculatus</i> L.	Памяти Коваса	2004	овощное
<i>A. caudatus</i> L.	Булава	2004	овощное, декоративное
<i>A. caudatus</i> L.	Зеленая сосулька	2005	кормовое, овощное
<i>A. cruentus</i> L.	Дюймовочка	2008	семенное
<i>A. paniculatus</i> L.	Факел	2010	кормовое, декоративное
<i>A. hybridus</i> L.	Неженка	2010	овощное

Материалы и методы

Объектом исследования являлись растения амаранта (*Amaranthus* L.) сортов ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур и Автономного национального института сельскохозяйственных исследований (INIAP, Эквадор) (Алегррия, Эку 17020 и Элой).

Научные исследования проводили в 2012-2014 годах на опытном поле ВНИИССОК, в лабораторных условиях в отделе физиологии и биохимии (Одинцово, Московская область), а также в Эквадоре в провинции Котопакси в окрестностях города Латакунга на опытных полях UTC (Технический университет Котопакси).

Посев семян в Московской области проводили в третьей декаде мая – первой декаде июня, в Эквадоре использовали два срока посева – летний в марте и зимний – в июле. Площадь учетной делянки 3 м², повторность трехкратная. Глубина заделки семян 1,5-2 см.

Регионы, где выращивали амарант, характеризовались комплексом средовых факторов (табл.2).

Для учета использовали по 15 растений с каждой учетной делянки. Статистическую обработку проводили с применением пакета Statistica 5.5. В таблицах приведены средние величины и их стандартные отклонения.

Результаты и их обсуждение

Исследование морфофизиологических показателей растений амаранта исследуемых сортов, связанных с генетическим вкладом в потенциальную продуктивность, является ключевым моментом для понимания факторов, влияющих на ее реализацию.

Данные, представленные в таблице 3, указывают на высокий уровень вариабельности растений амаранта исследованных сортов по показателю длина стебля (от 50 до 173 см) при выращивании их в условиях Московской области и Эквадора.

2. Средовые факторы Московской области и Эквадора при выращивании растений амаранта

Место и сроки посева амаранта	Годы вегетации	Средняя температура за период вегетации, С°	Средняя сумма осадков, мм	Фотопериод: долгота дня день-ночь, часы	Высота над уровнем моря, м
Московская область, посев в III декаде мая – I декаде июня	2012	18,0	340	июнь, июль: 17-7 август: 14-10 сентябрь: 12-12	185
	2013	16,3	540		
	2014	17,7	310		
Эквадор, летний посев в марте	2013	15,1	550	12-12	2750
Эквадор, зимний посев в июле	2014	13,9	550	12-12	2750

Анализ испытаний, проведенных в Московской области, показал, что в 2013 году наблюдалась максимальная высота растений сортов амаранта, отнесенных к группе скороспелых и позднеспелых, тогда как в 2012 и 2013 годах показатели высоты растений были наибольшими у среднеспелых сортов и близкими между собой. По-видимому, растения группы среднеспелых сортов более устойчивы к небольшому дефициту осадков по сравнению со скороспелыми и позднеспелыми сортами, и поэтому они отличались большей выравненностью растений по высоте в пределах сорта.

Однако в 2014 году при более низком уровне осадков по сравнению с 2012 и 2013 годами растения амаранта всех групп спелости изученных сортов по высоте отличались в пределах сорта между собой: от 6% у сорта Дюймовочка до 46% у сорта Дон Педро. При этом большей устойчивостью ростовых процессов к дефициту влаги отличались сорта Дюймовочка, Зеленая Сосулька, Неженка, высота которых в конце периода вегетации изменилась на 6,12 и 14% соответственно, в то время как растения сортов Булава, Памяти Коваса и Дон Педро оказались в меньшей степени адаптированы к недостатку влаги.

3. Изменчивость признака «высота растений» сортов амаранта, выращенных в Московской области (2012-2014 годы) и Эквадоре (2013-2014 годы), см

Сорта	Россия			Эквадор	
	2012	2013	2014	2013	2014
Скороспелые					
Дюймовочка	105,9±9,5	107,3±10,5	91,8±8,8	123,6±11,5	50,0±4,8
Валентина	93,5±8,3	148,2±13,5	104,9±10,1	132,5±12,5	63,0±5,9
Зеленая сосулька	126,7±11,3	149,4±13,7	130,5±12,8	145,5±13,8	62,0±6,0
Крепыш	142,9±13,5	173,2±16,5	129,6±11,8	153,5±14,6	120,0±11,2
Среднеспелые					
Неженка	55,5±4,8	60,3±5,8	56,9±5,3	70,0±6,8	94,0±8,9
Факел	116,6±10,2	121,3±11,5	95,9±9,1	127,8±11,9	68,0±6,2
Булава	142,2±12,9	149,0±12,5	93,2±8,9	135,8±13,2	66,0±6,0
Памяти Коваса	153,3±13,5	151,4±13,5	95,6±9,1	165,6±15,5	76,0±7,2
Кизлярец	143,5±13,5	137,3±11,9	107,5±104,5	162,5±15,1	134,0±11,5
Позднеспелые					
Дон Педро	185,6±17,2	173,5±15,8	94,2±9,2	116,0±10,9	88,0±7,9
Алегория	-	168,9±165,5	101,3±9,9	118,5±11,2	-
Эку 17020	-	145,4±13,8	93,2±8,9	-	-
Элой	-	132,5±12,5	115,5±10,9	-	-

**4. Изменение величины отношения
массы листьев к растению к массе стебля**

Сорт	т листьев/т стебля	т листьев/т растения		
	обычные	загущенные	обычные	загущенные
Дон Педро	3,76	4,15	0,72	0,74
Дюймовочка	1,87	2,11	0,56	0,61
Булава	1,25	1,13	0,51	0,50
Зеленая сосулька	1,22	1,64	0,53	0,58
Памяти Коваса	2,45	2,04	0,71	0,61
Факел	1,42	1,96	0,51	0,52
Кизлярец	1,63	1,63	0,57	0,57
Крепыш	1,56	1,54	0,55	0,56
Валентина	2,45	2,75	0,65	0,68
Неженка	2,61	2,94	0,67	0,70

Самые низкорослые растения амаранта были получены в условиях Эквадора в 2014 году при посеве в зимний период. По-видимому, пониженная температура (13,9°C) являлась стрессовым фактором для амаранта, угнетающим рост всех изученных сортов: высота растений составляла 50-88 см, исключения составили сорта Кизлярец (134 см), Крепыш (120 см) и Неженка (94 см), ростовые процессы которых устойчиво протекали при пониженной температуре.

Следует отметить, что в условиях 2014 года при действии стрессора (пониженная температура) высота растений сортов амаранта селекции ВНИИССОК при выращивании в Эквадоре снижалась до 50% в сравнении с 2013 годом в Московской области, тогда как в условиях дефицита влаги в Московской области в 2014 году – только до 20%. Можно предположить, что ростовые реакции растений амаранта более чувствительны к действию пониженной температуры, чем к дефициту влаги. При этом выявилась большая устойчивость растений к этим стрессовым факторам у сортов Неженка и Кизлярец (см. табл.3).

Учитывая значительную вариабельность показателя «высота растений» у амаранта, выращенного в Московской области и Эквадоре в разные годы вегетации, необходимо создавать принципиально новые генотипы, стабильно обеспечивающие оптимальную высоту растений (1-1,5 м) с небольшими колебаниями по высоте в различных почвенно-климатических условиях регионов возделывания. Так, например, овощной сорт Неженка отличается выравненностью по данному признаку при выращивании в обоих регионах.

Следует отметить, что в Эквадоре при летнем посеве создаются оптимальные условия для роста растений амаранта сортов ВНИИССОК, сравнимые с таковыми в Московской области (2013 год).

Показатели «число листьев, образуемых на растении в ходе вегетации», «высота растений» имеют важное значение.



ние для определения продуктивности сорта, который кроме того, в значительной мере характеризуют его пригодность для переработки листовой массы на пищевые, технические или кормовые цели. Перспективность использования сортов амаранта в качестве овощного салатного растения определяется рядом признаков, таких как способность накапливать большую массу листьев с нежной мягкой листовой пластиной и повышенным содержанием биологически активных веществ и антиоксидантов в течение всего вегетационного периода.

Одним из важных показателей, который характеризует сорт как салатное растение, является его облиственность. О величине облиственности растения судят по изменению величины показателя «отношение массы листьев с растения к массе стебля или надземной части растения». Как видно из таблицы 5, в загущенных посевах биомасса листьев у салатных растений нарастает быстрее, чем биомасса стеблей. Большей величиной показателя облиственности отличались сорта Дон Педро, Валентина, Неженка.

По данным наших исследований, количество листьев на растении варьирует в зависимости от сорта, места и условий года выращивания. Минимальное число листьев образовалось на растениях у всех изученных сортов в 2014 году. Можно предположить, что образование большого количества листьев в 2014 году у большей части сортов в Эквадоре произошло не только за счет более длительного периода вегетации, но и за счет генотипа растений. Интересно отметить, что у сорта Алегрия (селекции МНИАП) количество листьев не зависело ни от

места выращивания, ни от продолжительности периода вегетации. В Эквадоре сезон сбора листьев может быть продлен до двух месяцев по сравнению с Московской областью.

Листья молодых растений амаранта всех исследованных сортов обладают мягкой консистенцией листовой пластинки. Однако с возрастом листья становятся жесткими у большинства сортов и пригодны только для кормовых целей. В качестве овощного сорта, пригодного к использованию в пищевых целях в течение всего периода вегетации, можно рекомендовать сорта Валентина и Неженка. Эти сорта отличаются приятным вкусом, нежной консистенцией, ярко окраской листьев с высоким содержанием пигмента и антиоксидантов и быстрым отрастанием листьев боковых побегов. Это позволяет рекомендовать их и как функциональный продукт питания, и как декоративный продукт для украшения салатов и вторых блюд.

Сбор листьев с растений овощного сорта Валентина не лимитируется продолжительностью периода вегетации, поскольку на протяжении роста и развития растения постоянно образуются листья и молодые побеги, пригодные на пищевые и технические цели (получение красителей, чайных продуктов и др.). При этом собирать листья можно начинать через 20 суток после всходов и практически продолжать до созревания семян. Однако есть опасность повреждения листьев ранними осенними заморозками. В то время как в Эквадоре сезон сбора листьев может быть продлен по сравнению с Московской областью до двух месяцев, учитывая, что в горных рай-

5. Количество листьев на растениях сортов амаранта, выращенных в Московской области (2012-2014 годы) и Эквадоре

Сорта	Россия			Эквадор
	2012	2013	2014	2013
Дюймовочка	140±13,2	108±9,3	75±6,2	165±14,2
Скороспелые				
Валентина	145±13,5	146±13,3	52±4,6	125±11,6
Зеленая сосулька	186±16,3	155±15,3	58±4,0	180±16,5
Крепыш	195±18,6	150±14,4	78±6,2	130±12,3
Среднеспелые				
Неженка	98±8,3	80±7,6	68±5,5	125±10,1
Факел	119±10,5	115±10,2	65±6,6	129±11,2
Булава	155±14,6	115±10,3	30±3,6	140±11,2
Памяти Коваса	166±15,5	100±8,8	56±5,5	90±8,2
Кизлярец	127±12,6	120±11,4	58±5,6	75±6,2
Позднеспелые				
Дон Педро	143±13,2	110±10,2	76±6,7	140±12,3
Алегрия	-	120±11,3	74±6,7	120±10,3
Эку 17020	-	145±13,1	56±4,4	-
Элой	-	126±11,2	67±5,3	-

онах тропиков держится постоянная температура и выпадают обильные осадки.

Следовательно, при создании высокопродуктивных овощных форм амаранта в Нечерноземной зоне предпочтительна селекция, стратегия которой направлена на увеличение облиственности растения, повышение стрессоустойчивости к действию пониженных температур и засухе и высокое содержание антиоксидантов в листьях, формирующих активную систему защиты.

Помимо листьев важным продуктовым органом растений амаранта являются соцветия. В Московской области активный рост растений в высоту в 2013 году и нарастание листовой биомассы в 2012 и 2013 годах обеспечили сравнимый рост соцветий в длину в оба года исследования у каждого из изученных сортов (табл.6). Можно сделать вывод, что образование и развитие генеративных органов (соцветий) у растений амаранта тесно связано с количеством фотосинтетических метаболитов, поступающих из листьев и слабо связано с поступлением веществ из стебля. Об этом свидетельствуют данные по меньшей высоте растений, растений у большей части сортов в 2012 году в условиях засухи, которая пришлось на период всходы-цветение, по сравнению с высотой растений, выращенных в оптимальных по количеству осадков в условиях 2013 года. В 2014 году растения амаранта всех изученных позднеспелых сортов сформировали соцветия в 2-2,5 раза меньшие по размеру по сравнению с соответствующими сортами в предыдущие годы. Следовательно, в условиях стресс-факторов (засуха и пониженная температура) амарант формирует соцветия



6. Длина соцветий у растений сортов амаранта, выращенных в Московской области (2012-2014 годы) и Эквадоре (2013-2014 годы)

Сорта	Россия			Эквадор	
	2012	2013	2014	2013	2014
Скороспелые					
Дюймовочка	73,3±6,4	70,6±6,1	24,2±2,1	60,2±5,9	32,0±2,9
Валентина	63,5±5,9	52,3±4,9	24,6±2,2	37,6±3,7	39,0±3,5
Зеленая сосулька	82,4±7,8	83,2±7,8	34,6±3,3	92,5±9,1	40,0±3,8
Крепыш	45,3±4,0	47,3±4,2	32,4±3,1	44,6±4,3	58,0±5,5
Среднеспелые					
Неженка	20,2±1,9	29,1±2,8	19,8±1,8	30,2±2,8	52,0±4,9
Факел	48,8±4,2	52,1±5,1	30,5±2,9	30,0±2,7	39,0±3,7
Булава	58,2±5,2	51,3±4,9	38,9±3,5	46,9±4,5	47,0±4,6
Памяти Коваса	57,5±5,2	52,4±4,9	44,5±4,2	48,5±4,7	32,0±3,1
Кизлярец	52,5±5,0	46,3±4,4	42,5±3,9	48,5±4,7	49,0±4,8
Позднеспелые					
Дон Педро	16,9±1,5	15,5±1,3	8,5±0,7	40,9±3,8	75,0±7,2
Алегория	-	32,5±3,0	17,6±1,5	62,5±6,1	
Эко 17020	-	36,5±3,4	13,5±1,2	-	
Элой	-	31,9±2,9	32,5±2,9	-	

CHARACTERISTICS OF AMARANTH VARIETIES OF VNISSOK BREEDING FOR RESISTANCE TO LOW TEMPERATURE AND FIELD MOISTURE DEFICIENCY AT CULTIVATION IN THE MOSCOW REGION AND THE REPUBLIC OF ECUADOR

Gins V.K.¹, Gins M.S.¹, Torres Mino K.H.²

¹ Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Breeding and Seed Production
143080, Russia, Moscow region,
Odintsovo district, VNISSOK, Seleccionnaya st., 14
E-mail: anirr@bk.ru

² Russian Peoples' Friendship University,
Faculty of Agricultural
117198, Russia, Moscow, Miklukho-Maklaya st., 8
E-mail: carlosjavier12@yahoo.com

Summary. Analysis of morphological and physiological characters of amaranth varieties of VNISSOK and Ecuador breeding grown under optimal conditions, as well as at low temperature and precipitation deficit showed a reduction in height, number of leaves and inflorescence length to different extents. It points to the different resistance of varieties to the unfavorable environmental factors.

Keywords: amaranth, morphological parameters, resistance, low temperature, water stress.

той величины, которые он в состоянии обеспечить необходимыми метаболитами до полного созревания семян.

Сорт Неженка выделился небольшими соцветиями (20-30 см) в Московской области во все годы исследований, хотя в Эквадоре в 2014 году длина соцветий достигала 52 см.

Соцветия растений амаранта, выращенных в 2013 году в Эквадоре, выделились по длине у сортов Дюймовочка, Зеленая сосулька, Алегррия (от 60 до 92 см).

Позднеспелый сорт Дон Педро в Московской области образовывал наибольшие по размеру соцветия (максимальная длина 16 см), а в Эквадоре сформировал соцветия длиной 41 см в 2013 году, а в 2014-ом – 75 см, последнее можно объяснить более длительным периодом вегетации растений.

В обоих регионах выращивания сорт Кизлярец отличался практически постоянной длиной соцветий, что подтверждается стабильностью урожая семян при выращивании.

Особенности взаимодействия органов проявляются и в характере изменения отдельных элементов структуры растения при стрессах.

Следует отметить коррелятивную связь между показателями «высота растений», «число листьев» и «длина соцветия» во все годы исследования (коэффициент корреляции 0,95 и 0,63 соответственно).

Таким образом, средовые факторы: температура, отличающаяся от оптимальной, недостаток влаги, долгота дня – влияют на морфофизиологические показатели растений амаранта исследуемых сортов в неодинаковой степени: ростовые реакции растений амаранта изученных сортов более чувствительны к действию пониженной температуры, чем к дефициту влаги.

При этом выявленная сортовая и видовая специфичность сортов амаранта обусловлена генотипом растения и его адаптивностью.

Литература

1. Кононков П.Ф., Гинс В.К., Гинс М.С. Амарант - перспективная культура XXI века. РУДН. 1998. – 296 с.
2. Nieto, C. 1990. El cultivo de amaranto (Amaranthus spp.) una alternativa agronómica para Ecuador. INIAP, EE. Santa Catalina. Publicación Miscelánea. № 52. – Quito, Ecuador.
3. Peralta, E. 1985. Situación del amaranto en Ecuador. El Amaranto y su Potencial, Boletín №.2. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. INCAP. Guatemala.
4. Monteros, J.C., et al. 1994. INIAP-Alegría, Primera variedad mejorada de amaranto para la sierra Ecuatoriana. INIAP. Boletín Divulgativo №245. Ecuador.
5. Кононков П.Ф., Гинс М.С. Интродукция амаранта в России // Овощи России. – №1-2. – 2008. – С.79-82.
6. Кононков П.Ф., Гинс М.С., Гинс В.К., Рахимов В.М. Технология выращивания и переработки листовой массы амаранта как сырья для пищевой промышленности. РУДН. 2008. – 195 с.
7. Гинс М.С., Лапо О.А., Обогащение чая черного байхового антиоксидантными веществами листьев амаранта // Овощи России. – № 2. – 2014. – С.37-39.