



РАСТЕНИЕВОДСТВО

DOI: 10.22363/2312-797X-2018-13-1-7-13

ИЗУЧЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАСТЕНИЙ *AMARANTHUS TRICOLOR* L. СОРТА ВАЛЕНТИНА

С.Ю. Платонова, А.Ф. Пэлий, Е.М. Гинс,
Р.В. Соболев, В.В. Введенский

Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая 6, Москва, Россия, 117198

Изучали морфометрические и биохимические показатели красноокрашенного растения *Amaranthus tricolor* L. сорта Валентина, проведено определение содержания восстановленной формы витамина С, пигмента амарантина в корнях, листьях, стеблях и соцветиях. Исследования показали наличие высокой концентрации витамина С в листьях амаранта как в открытом грунте (195 мг %), так и в пленочной теплице (176 мг %).

В листьях амаранта разных сортов вида *Amaranthus tricolor* в большом количестве накапливается вторичное соединение — антиоксидант — амарантин. Красно-фиолетовая окраска листьев обусловлена наличием в вегетативных органах растения красно-фиолетового пигмента — амарантина. Важно отметить, что у сорта амаранта сорта обнаружены вещества с антиоксидантной активностью: аскорбиновая кислота, селен, каратиноиды, метионин.

В наибольшем количестве амарантин находится в соцветиях (2,18 мг/г) и листьях (1,41 мг/г). Его предшественниками являются D-глюкоза и L-тирозин — фотосинтетические метаболиты, которые используются в ростовых процессах и в биосинтезе амарантина. В красноокрашенных растениях рода *Amaranthus* бетацианин — амарантин представляет собой 5-О-глюкуронидоглюкозид бетанидина.

Листья с повышенным содержанием красно-фиолетового пигмента амарантина используют при производстве пищевых добавок-красителей Амвита и Амфикра, применяемых в пищевоконцентратной промышленности. Эти добавки благодаря антиокислительным свойствам способствуют повышению иммунитета и обладают иммуномодулирующей активностью.

Экстракция листьев амаранта в H₂O выявила высокие показатели антиоксидантной активности (ССА от 1,81 мг экв ГК/г).

Низкое содержание глутена делает амарант чрезвычайно ценным и полезным продуктом для функционального питания.

Ключевые слова: *Amaranthus tricolor* сорта Валентина, аскорбиновая кислота, антиоксиданты, амарантин

Проблемы интродукции амаранта в Нечерноземной зоне России. Одной из главных проблем, возникающих при введении в культуру высокобелковых сельскохозяйственных растений, является их адаптивная способность к условиям выращивания в данном регионе [1—3].

Амарант относится к числу культур универсального назначения. В течение многих тысячелетий амарант использовался в качестве пищевой (семенной и овощной), кормовой, лекарственной культуры в странах центральной и южной Америки и юго-восточной Азии [2]. Семена и листья растений амаранта накапливают до 20—25% белка, хорошо сбалансированного по аминокислотному составу, сравнимого с соей [4]. В настоящее время амарант выращивается как овощное и семенное растение в Китае, Индии, США. Широкий ареал распространения амаранта в мире объясняется его исключительной экологической устойчивостью к неблагоприятным факторам выращивания: засухе, засолению, высокой и низкой температуры, тяжелым металлам [5].

Амарант относится к С4-типу фотосинтеза. Эта культура имеет диапазон оптимальных температур в области более высоких значений (25—35 °С) по сравнению с С3-растениями (15—20 °С). Особенностью растений амаранта является высокая эффективность фотосинтеза при оптимальных температурах выращивания, которые обеспечивают С4-растениям быстрый прирост надземной биомассы.

Новая для нашей страны культура амарант отличается высокой продуктивностью биомассы и урожайностью семян, повышенным содержанием белка, сбалансированностью по незаменимым аминокислотам, биологически активным веществам, антиоксидантам и минералам [6]. Благодаря такому составу экстракты амаранта могут использоваться как стимуляторы роста других растений [7, 8] и биоинсектициды [9]. По суммарному содержанию антиоксидантов данная культура сравнима с такими зелеными и пряно-ароматическими культурами, как мята, иссоп, тимьян, лаванда, монарда, и может использоваться в комбинации с ними при создании фиточаев [10].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований служили растения амаранта вида *Amaranthus tricolor* L. сорта Валентина.

Объектом исследования являлись свежесобранные листья, корни, стебли и соцветия красноокрашенного амаранта сорта Валентина. Растения выращивали в открытом и защищенном грунте в ФГБНУ «ФНЦ овощеводства» в 2017 году.

Суммарное содержание антиоксидантов (ССА) определяли амперометрическим методом. Результат выражали в эквивалентах галловой кислоты (ГК) — мг экв. ГК/г. Образцы гомогенизировали в бидистилляте и 96% этаноле, а затем центрифугировали. Аликвоту супернатанта использовали для определения содержания антиоксидантов, при необходимости разбавляя. Измерения проводили на приборе «Цвет-Яуза-01-АА» в постоянно-токовом режиме [11].

Содержание восстановленной формы аскорбиновой кислоты (АК) определяли йодометрическим методом, основанном на титровании аскорбиновой кислоты в окрашенных экстрактах йодатом калия в кислой среде, в присутствии йодистого калия и крахмала [12].

Содержание пигмента амарантина определяли в водном экстракте, используя значения молекулярной массы и молярного коэффициента экстинкции соответственно равные 726,6 и $5,66 \cdot 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ [13].

Целью настоящей работы является сравнительное изучение морфометрических показателей и накопления антиоксидантов в различных органах амаранта сорта Валентина, при выращивании растений в открытом и защищенном грунте.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Выявленной особенностью растений амаранта сорта Валентина является фиолетово-красная окраска листьев, стеблей и соцветий разной интенсивности. При этом окраска листьев изменялась от фиолетово-красной до зеленовато-красной, в зависимости от возраста листа. Соцветия амаранта имели красно-фиолетовую окраску, а стебли — бордово-красную, тогда как корень и придаточные корни окрашены в светло-розовый цвет [14]. При этом наибольшая концентрация пигмента амарантина обнаружена в молодых листьях с неоформленной пластинкой и соцветиях. В эпидермальном слое стебля и корня накапливалось меньшее количество амарантина (табл. 1).

Следует отметить, что повышенное содержание амарантина в соцветиях амаранта, возможно, связано с воздействием стресс-фактора низких температур открытого грунта (ночная температура до +2 до 0 °С).

Пониженная температура в летне-осенний период 2017 года неблагоприятно отразилась на росте и развитии растений амаранта в возрасте 4 месяцев, выращенных в открытом грунте по сравнению с тепличными растениями. Как видно из табл. 2, основные морфометрические показатели растений амаранта снизились практически в 2 раза, что отразилось на продуктивности листовой биомассы, тогда как семена не вызрели. Нечерноземная зона Европейской части России для амаранта является зоной рискованного земледелия, где в отдельные годы сумма активных температур недостаточна для роста и созревания семян (САТЕ = 1800—2200 °С).

Таблица 1

Содержание пигмента амарантина в различных органах растений амаранта, выращенных в открытом грунте, в 2017 г.

Орган растения	Амарантин, мг/г
Листья	1,41 ± 0,07
Стебель	0,81 ± 0,04
Соцветия	2,18 ± 0,11
Корень	0,15 ± 0,01

Таблица 2

Морфометрические показатели растений амаранта, выращенных в открытом грунте и пленочной теплице, 2017 г.

Биометрические показатели	Открытый грунт	Пленочная теплица
Высота растения, см	80 ± 10	180 ± 20
Число листьев	14 ± 2	26 ± 4
Длина соцветия, см	29 ± 4	63 ± 7
Длина корня, см	17 ± 3	35 ± 5

Нами было обнаружено повышение содержания аскорбиновой кислоты в листьях и соцветиях растений амаранта, выращенных в открытом грунте в условиях 2017 года (табл. 3).

При анализе суммарного содержания антиоксидантов в водном и спиртовом экстрактах из листьев, стеблей и соцветий растений амаранта наибольшее количество антиоксидантов было обнаружено в водных экстрактах (табл. 4).

Таблица 3

**Содержание витамина С в растениях амаранта
сорта Валентина в возрасте 4-х месяцев**

Условия/орган	Листья	Соцветия
	витамин С, мг%	
Открытый грунт	195 ± 22	169 ± 18
Пленочная теплица	176 ± 20	130 ± 12

Таблица 4

**Показатели антиоксидантной активности растений амаранта,
выращенных в открытом грунте и в пленочной теплице**

Образец, экстракция	Открытый грунт	Пленочная теплица
	ССА, мг экв ГК/г	
Красноокрашенная ткань стебля в C ₂ H ₅ ОН	0,36 ± 0,02	—
Листья в H ₂ O	2,08 ± 0,10	1,81 ± 0,08
Листья в C ₂ H ₅ ОН	1,39 ± 0,07	—
Соцветия в H ₂ O	1,70 ± 0,09	1,18 ± 0,07
Соцветия в C ₂ H ₅ ОН	0,93 ± 0,05	—

Максимальные величины суммарного содержания антиоксидантов были обнаружены в водных экстрактах листьев амаранта, выращенных как в открытом грунте, так и в пленочной теплице.

Содержание антиоксидантов в листовой биомассе растений амаранта сорта Валентина в среднем составляет 1,94 мг/г, что больше средних значений (1,01 мг/г) [15]. Показатели превысили среднее значение даже в неблагоприятных климатических условиях в летне-осенний период 2017 года.

Данный факт дает основание рекомендовать его в производство функциональных продуктов, чая, красителей, для профилактики свободно-радикальных заболеваний.

© С.Ю. Платонова, А.Ф. Пэлий, Е.М. Гинс, Р.В. Соболев, В.В. Введенский, 2018.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кононков П.Ф., Гинс В.К., Гинс М.С. Амарант перспективная культура XXI века. М.: Изд-во Российского университета дружбы народов. 1999.
2. Кононков П.Ф., Пивоваров В.Ф., Гинс М.С., Гинс В.К. Интродукция и селекция овощных культур для создания нового поколения продуктов функционального действия. М.: Российский университет дружбы народов. 2008.

3. Шафигуллин Д.Р., Пивоваров В.Ф., Гинс М.С. Особенности вариаций признаков скороспелости у овощных и зерновых форм сои // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 5. С. 18—24.
4. Шафигуллин Д.Р., Гинс М.С., Романова Е.В., Бородин Д.Б. Изучение скороспелости у коллекционного материала сои // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (66). С. 56—62.
5. Кононков П.Ф., Гинс В.К., Пивоваров В.Ф., Гинс М.С., Бунин М.С., Мешков А.В., Терехова В.И. Овощи как продукт функционального питания. М.: Столичная типография. 2008.
6. Высочина Г.И. Амарант (*Amaranthus L.*) химический состав и перспективы использования // Химия растительного сырья. 2013. №2. С.5—14.
7. Караваяев В.А., Гунар Л.Э., Мякинчиков А.Г., Гинс М.С., Глазунова С.А., Левыкина И.П., Лепешкин Ф.Д. Медленная индукция флуоресценции и продуктивность ячменя, обработанного сверхкритическим флюидным экстрактом амаранта // Биофизика. 2012. Т. 57. № 4. С. 662—664.
8. Байков А.А., Гунар Л.Э., Гинс М.С., Глазунова С.А., Караваяев В.А., Левыкина И.П. Фотосинтетическая активность и продуктивность ячменя, обработанного сверхкритическим флюидным экстрактом амаранта // В сборнике: Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции овощных, плодово-ягодных и лекарственных растений. Москва. 2011. С. 13—15.
9. Гинс В.К., Пицункова С.А., Конищев А.С., Гинс М.С., Пивоваров В.Ф., Байков А.А., Горбатовская Е.А., Романова Е.В., Кузнецова Л.В. Инсектицидное действие метаболитов экстрактов амаранта // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. 2016. № 12. С. 191—195.
10. Гинс М.С., Харченко В.А., Гинс В.К., Байков А.А., Кононков П.Ф., Ушакова И.Т. Антиоксидантные характеристики зеленых и пряно-ароматических культур // Овощи России. 2014. № 2 (23). С. 42—45.
11. Мамедов М.И., Пышина О.Н., Байков А.А., Пивоваров В.Ф., Джос Е.А., Матюкина А.А., Гинс М.С. Состав антиоксидантов в плодах *Capsicum spp.* для получения биофортифицированной продукции // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 5. С. 1021—1029.
12. Сапожникова Е.В., Дорофеева Л.С. Определение содержания аскорбиновой кислоты в окрашенных растительных экстрактах йодометрическим методом // Консервная и овощесушильная промышленность. 1966. № 5. С. 29—31.
13. Гинс М.С., Пивоваров В.Ф., Гинс В.К., Байков А.А., Платонова С.Ю., Гинс Е.М. Содержание и пигментный состав автотрофной и гетеротрофной ткани листьев амаранта вида *A. tricolor L.* // Овощи России. 2016. № 3 (32). С. 79—83.
14. Гинс М.С. Биологически активные вещества амаранта // М.: Российский университет дружбы народов. 2002.
15. Khandaker L., Ali M. B., Oba S. Общая активность полифенолов и антиоксидантов красного амаранта (*Amaranthus tricolor L.*) под воздействием солнечного света // Журнал Японского общества садоводческой науки. 2008.

Сведения об авторах:

Платонова Светлана Юрьевна — аспирант агробиотехнологического департамента Аграрно-технологического института Российского университета дружбы народов; e-mail: Svetlana.Platonova.00@mail.ru

Пэлий Александр Федорович — аспирант агробиотехнологического департамента Аграрно-технологического института Российского университета дружбы народов; e-mail: kaluga-peliy@yandex.ru

Гинс Екатерина Муратовна — магистрант агробиотехнологического департамента Аграрно-технологического института Российского университета дружбы народов; e-mail: Katya.888888@yandex.ru

Соболев Роман Владимирович — магистрант агробиотехнологического департамента Аграрно-технологического института Российского университета дружбы народов; e-mail: maestro1994liveru@mail.ru

Введенский Валентин Валентинович — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, директор агробиотехнологического департамента Аграрно-технологического института Российского университета дружбы народов; e-mail: vaval-ved@yandex.ru

Для цитирования:

Платонова С.Ю., Пэлий А.Ф., Гинс Е.М., Соболев Р.В., Введенский В.В. Изучение морфологических и биохимических показателей растений *Amaranthus tricolor* L. сорта Валентина // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2018. Т. 13. № 1. С. 7—13. doi 10.22363/2312-797X-2018-13-1-7-13.

DOI: 10.22363/2312-797X-2018-13-1-7-13

THE STUDY OF MORPHOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETRES OF *AMARANTHUS TRICOLOR* L. VALENTINA VARIETY

S.Y. Platonova, A.F. Peliy, E.M. Gins,
R.V. Sobolev, V.V. Vvedenskiy

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)
Miklukho-Maklaya st., 6, Moscow, Russia, 117198

Abstract. Morphometric and biochemical indices of the red-colored *Amaranthus tricolor* L. Valentina variety were studied, the content of the reduced form of vitamin C, the amaranthine pigment in roots, leaves, stems and inflorescences was determined. Studies have shown the presence of a high concentration of vitamin C in the leaves of amaranth both in the open ground (195 mg%) and in the film greenhouse (176 mg%).

In the leaves of amaranth of different varieties of the species *Amaranthus tricolor*, a large amount accumulates a secondary compound — an antioxidant — amaranthine. The red-violet color of the inflorescences is due to the presence in the vegetative organs of the plant of the red-violet pigment of amaranthine.

It is important to note that the amaranth Valentine variety have found substances with antioxidant activity: ascorbic acid, selenium, carotenoids, methionine. In the largest amount, amaranthine is found in the inflorescences (2.18 mg/g) and leaves (1.41 mg/g). Its predecessors are D-glucose and L-tyrosine — photosynthetic metabolites, which are used in growth processes and in the biosynthesis of amaranthine. In red-colored plants of the genus *Amaranthus*, betacyanin-amaranthine is 5-O-glucuronidoglucoside betanidine.

Leaves with a high content of red-violet pigment amaranthine used in the production of food additives-dyes Amvita and Amphicra, used in the food concentrates industry. These additives, due to their antioxidant properties, enhance immunity and have immunomodulatory activity.

Extraction of amaranth leaves in H₂O revealed high rates of antioxidant activity (CCA from 1.81 mg EQ GK/g). The low gluten content makes amaranth an extremely valuable and useful for functional food.

Key words: *Amaranthus tricolor* Valentine variety, ascorbic acid, antioxidants, amaranthine

REFERENCES

1. Kononkov P.F., Gins V.K., Gins M.S. *Amaranth promising culture of XXI century*. Moscow: Publishing house of Russian University of friendship of peoples. 1999.
2. Kononkov P.F., Pivovarov V.F., Gins M.S., Gins V.K. *Introduction and selection of vegetables to create a new generation of functional foods actions*. M.: Russian University of Peoples' Friendship. 2008.
3. Shafigullin D.R., Pivovarov V.F., Gins M.S. The Peculiarities of variations of signs of precocity of vegetable and grain soybean forms. *Russian agricultural science*. 2017. № 5. P. 18—24.
4. Shafigullin D.R., Gins M.S., Romanova E.V., Borodin D.B. A study of precocity in the collection material of soybean. *Vestnik Orel State Agrarian University*. 2017. № 3 (66). P. 56—62.
5. Kononkov P.F., Gins V.K., Pivovarov V.F., Gins M.S., Bunin M.S., Meshkov A.V., Terekhova V.I. *Vegetables as a product of functional nutrition*. M.: Capital printing house. 2008.
6. Vysochina G.I. *Amaranth (Amaranthus L.) chemical composition and prospects of use*. *Chemistry of vegetable raw materials*. 2013. № 2. P. 5—14.
7. Karavaev V.A., Gunar L.E., Myakinkov A.G., Gins M.S., Glazunova S.A., Levykina I.P., Lepeshkin F.D. Slow induction of fluorescence and barley productivity treated with supercritical fluid extract of amaranth. *Biophysics*. 2012. T. 57. № 4. P. 662—664.
8. Baikov A.A., Gunar L.E., Gins M.S., Glazunova S.A., Karavaev V.A., Levykina I.P. Photosynthetic activity and productivity of barley treated with supercritical fluid extract of amaranth. *In the collection: The role of physiology and biochemistry in the introduction and selection of vegetable, fruit and berry and medicinal plants*. Moscow. 2011. P. 13—15.
9. Gins V.K., Piunkova S.A., Konichev A.S., Gins M.S., Pivovarov V.F., Baikov A.A., Gorbatovskaia E.A., Romanova E.V., Kuznetsova L.V. Insecticidal action of metabolites of amaranth extracts. *New and non-traditional plants and prospects for their use*. 2016. № 12. P. 191—195.
10. Gins M.S., Kharchenko V.A., Gins V.K., Baikov A.A., Kononkov P.F., Ushakova I.T. Antioxidant characteristics of green and spicy-aromatic cultures. *Vegetables of Russia*. 2014. № 2 (23). P. 42—45.
11. Mamedov M.I., Pyshnaya O.N., Baikov A.A., Pivovarov V.F., Dzhos E.A., Matyukina A.A., Gins M.S. The composition of antioxidants in fruits *Capsicum* spp. for the production of biotroblated products. *Agricultural Biology*. 2017. P. 52. № 5. P. 1021—1029.
12. Sapozhnikova E.V., Dorofeeva L.S. Determination of ascorbic acid content in stained plant extracts by the iodometric method. *Canning and vegetable drying industry*. 1966. № 5. P. 29—31.
13. Gins M.S., Pivovarov V.F., Gins V.K., Baikov A.A., Platonova S.Y., Gins E.M. Content and pigment composition of autotrophic and heterotrophic amaranth leaf tissue of *A. tricolor* L. species. *Vegetables of Russia*. 2016. № 3 (32). P. 79—83.
14. Gins M.S. *Biologically active substances of amaranth*. Moscow: Peoples' Friendship University of Russia. 2002.
15. Khandaker L., Ali M.B., Oba S. Total polyphenol and antioxidant activity of red amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) as affected by different sunlight level. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 2008. T. 77. № 4. P. 395—401.

For citation:

Platonova S.Y., Peliy A.F., Gins E.M., Sobolev R.V., Vvedenskiy V.V. The study of morphological and biochemical parameters of *Amaranthus tricolor* L. Valentina variety. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*, 2018, 13 (1), 7—13. DOI: 10.22363/2312-797X-2018-13-1-7-13.