

УДК 635.49:581.19
DOI:10.18619/2072-9146-2018-5-69-72

ИЗМЕНЧИВОСТЬ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АМАРАНТА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАСТЕНИЙ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ НАТУРАЛЬНОГО ПИЩЕВОГО КРАСИТЕЛЯ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ



VARIABILITY OF BIOCHEMICAL PARAMETERS OF AMARANTH PLANTS DURING CULTIVATION TO OBTAIN THE NATURAL FOOD COLORANT WITH A HIGH CONTENT OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

Гинс М.С.^{1,2*} – чл.-корр. РАН, доктор биол. наук, зав. лаб. физиологии и биохимии растений, интродукции и функциональных продуктов
<https://orcid.org/0000-0001-5995-2696>

Гинс В.К.¹ – доктор биол. наук, гл.н.с. лаб. физиологии и биохимии растений, интродукции и функциональных продуктов
<https://orcid.org/0000-0002-7053-4345>

Байков А.А.^{1**} – с.н.с. лаб. физиологии и биохимии растений, интродукции и функциональных продуктов
<https://orcid.org/0000-0003-4393-7525>

Тареева М.М.^{1**} – кандидат с.-х. наук, с.н.с.
<https://orcid.org/0000-0001-5817-0860>

Платонова С.Ю.² – аспирант агробиотехнологического департамента

Торрес М.К.³ – кандидат с.-х. наук, директор по научным исследованиям
<https://orcid.org/0000-0002-3730-1371>

Пэлий А.Ф.² – аспирант агробиотехнологического департамента

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства»
143072, Россия, Московская обл., Одинцовский р-н, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14
E-mail: anirr@bk.ru

E-mail: physiol@inbox.ru

E-mail: tareeva-marina@rambler.ru

² ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (РУДН)
117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

³ Технический университет Котопакси
Эквадор, Латакунга

Gins M.S.^{1,2*} – Doctor of Science in Biology
<https://orcid.org/0000-0001-5995-2696>

Gins V.K.¹ – Doctor of Science in Biology
<https://orcid.org/0000-0002-7053-4345>

Baikov A.A.^{1**} – senior researcher
<https://orcid.org/0000-0003-4393-7525>

Tareeva M.M.^{1**} – PhD, senior researcher
<https://orcid.org/0000-0001-5817-0860>

Platonova S.Yu.² – graduate student

Torres M.K.³ – PhD, director of science
<https://orcid.org/0000-0002-3730-1371>

Pelli A.F.² – graduate student

¹FSBSI "Federal Scientific Vegetable Center"

Selectionnaya st., 14, p. VNISSOK,

Odintsovo district, Moscow region, 143072, Russia

E-mail: anirr@bk.ru

E-mail: physiol@inbox.ru

²FSAEI of HE "Peoples' Friendship University of Russia" (RUDN University),

Miklukho-Maklaya st., 6, Moscow, 117198, Russia

³Technical University of Cotopaxi

Ecuador, Latacunga

Листья амаранта могут употребляться в составе салатов, супов, соусов обогащая их биологически активными веществами (в частности аскорбиновой кислотой и фенольными соединениями), а так же придавая им оригинальный вкус и цвет. Растения выращивали на опытном поле ВНИИССОК в Московской области. Опыт был заложен на дерново-подзолистой почве. За период 2013-2016 годов были исследованы биохимические показатели: суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов, содержание аскорбиновой кислоты, сухого вещества, амарантина в трех краснолистных сортообразцах амаранта (Валентина, Дон Педро и Факел) и двух зеленолистных сортообразцах (Памяти Коваса и Эку 17020) селекции ФГБНУ ФНЦО и INIAP и проведен корреляционный анализ, который показал наличие зависимости между относительной концентрацией амарантина в листьях и другими биохимическими показателями на разных стадиях развития растений. Подтверждено наличие положительной корреляции между содержанием аскорбиновой кислоты и суммы гидрофильных антиоксидантов. Сорта Памяти Коваса и Эку 17020 можно рекомендовать как источник зеленой массы листьев с повышенным содержанием аскорбиновой кислоты, красноокрашенные сорта Дон Педро, Валентина, Факел – для получения красно-фиолетового красителя, обогащенного антиоксидантами.

Ключевые слова: биологически активные вещества, антиоксиданты, аскорбиновая кислота, пигменты, пищевой краситель, амарантин.

Для цитирования: Гинс М.С., Гинс В.К., Байков А.А., Тареева М.М., Платонова С.Ю., Торрес М.К., Пэлий А.Ф. ИЗМЕНЧИВОСТЬ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АМАРАНТА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАСТЕНИЙ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ НАТУРАЛЬНОГО ПИЩЕВОГО КРАСИТЕЛЯ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ. Овощи России. 2018;(5):69-72. DOI:10.18619/2072-9146-2018-5-69-72

Amaranth leaves can be used in salads, soups, sauces enriching them with biologically active substances (in particular, ascorbic acid and phenolic compounds), as well as giving them an original taste and color. Plants were grown on the experimental field of VNISSOK in the Moscow region. The experiment was laid on sod-podzolic soil. For the period of 2013-2016 years, biochemical parameters were investigated: total content of water-soluble antioxidants, ascorbic acid content, dry matter content, amarantine content in three amaranth varieties (Valentina, Don Pedro and Fakel) and two green leaf varieties (Pamyati Kovasa and Eku 17020) of FSBSI FSVC (formerly VNISSOK) and INIAP selection and a correlation analysis was performed, which showed a relationship between the relative concentration of amarantine in the leaves and other biochemical parameters at different stages of plant development. The maximum accumulators of antioxidants according to the TAC parameter were the Valentina and Don Pedro varieties - up to 2.9 mg gallic acid equivalents/g. The situation was similar in terms of the content of the reduced form of ascorbic acid. So also the Valentina and Don Pedro varieties were leading with values of about 140 mg%. A positive correlation between the content of ascorbic acid and the sum of hydrophilic antioxidants was confirmed. Pamyati Kovasa and Eku 17020 varieties can be recommended as a source of green mass of leaves with a high content of ascorbic acid, red colored varieties Don Pedro, Valentina, Fakel – for obtaining red dye enriched with antioxidants.

Keywords: biologically active substances, antioxidants, ascorbic acid, pigments, food colorant, amarantine.

For citation: Gins M.S., Gins V.K., Baikov A.A., Tareeva M.M., Platonova S.Yu., Torres M.K., Pelli A.F. VARIABILITY OF BIOCHEMICAL PARAMETERS OF AMARANTH PLANTS DURING CULTIVATION TO OBTAIN THE NATURAL FOOD COLORANT WITH A HIGH CONTENT OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES. Vegetable crops of Russia. 2018;(5):69-72. (In Russ.) DOI:10.18619/2072-9146-2018-5-69-72

Многообразие видов амаранта с различным уровнем накопления водорастворимых антиоксидантов [1-3] позволяет широко использовать растительное сырье в пищевых целях (овощном и кормовом направлении, для переработки на получение красителя – амарантина и других БАВ). Источником получения пищевых пигментов являются красноокрашенные листья растений амаранта, содержащие природный красно-фиолетовый пигмент – алкалоид амарантин.

Л-аскорбиновая кислота (витамин С) – наиболее распространенный метаболит в клетках растений и антиоксидант, действующий во всех частях клетки, где возможно образование АФК [4]. Накопление аскорбиновой кислоты в листьях амаранта во многом зависит от условий года выращивания, особенно на последних стадиях развития растений амаранта, в отличие от накопления амарантина, содержание которого в большей мере определяется сортовыми особенностями.

Материалы и методы

Растения выращивали в открытом грунте на дерново-подзолистой почве с тяжелым механическим составом в Московской области в 2013-2016 годах.

Биохимические исследования проводили в лаборатории физиологии и биохимии, интродукции и функциональных продуктов ФГБНУ ФНЦО по общепринятым методикам [5-7]: содержание восстановленной формы аскорбиновой кислоты определяли йодометрическим методом, основанном на титровании аскорбиновой кислоты в окрашенных экстрактах йодатом калия в кислой среде в присутствии йодистого калия и крахмала в модификации Сапожниковой и Дорофеевой, суммарное содержание низкомолекулярных водорастворимых антиоксидантов в пересчете на галловую кислоту (ГК) – амперометрическим методом, адаптированным для листовых и листостебельных культур, содержание амарантина – спектрофотометрическим методом, сухое вещество – методом высушивания в сушильном шкафу до постоянной абсолютно сухой массы в течение 2-х суток при 85°C. Полученные данные обрабатывали статистически с использованием пакета электронных таблиц MS Excel, а также методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985).

Результаты и их обсуждение

При исследовании суммарного содержания антиоксидантов (ССА) отмечали увеличение показателей к третьей фазе – начало цветения, в зависимости как от сортообразца (А), так и от года исследования – средние значения всех рассмотрен-

ных сортов (Б) (рис.1). Причем в динамике отдельных сортов наблюдаются более резкие переходы: у зеленолистных сортов Эку 17020 и Памяти Коваса – между фазами I и II; у краснелистных сортов Валентина и Факел – между фазами III и IV. Затем к фазе созревания IV происходит снижение содержания суммарных антиоксидантов. На графике зависимости от года динамика 2016 года существенно отличается от периода 2013-2015 годов, что объясняется неблагоприятными условиями этого года выращивания.

Анализируя влияние генотипической и фенотипической изменчивости на показатель ССА в листьях, следует отметить, что влияние фенотипа наиболее выражено у сорта Валентина на стадии активного роста (Cve=28%), у сорта Памяти Коваса – на стадии «начало бутонизации» и на стадии «начало завязывания семян-созревание» (Cve =28-30%). Влияние генотипической изменчивости на ССА усиливалось на начальной стадии и стадии созревания (Cvg=32-33%), как и в анализе доли влияния сортового фактора – Фактор А на тех же стадиях (ДВА>60%).

Высокие значения накопления аскорбиновой кислоты (АК) отмечали в I фазе (активного роста): у сорта Валентина и Памяти Коваса – в 2014 году; у сорта Эку 17020 – в 2013 году; в III фазе: у всех сортов – в 2015 году; в V фазе: у сорта Памяти Коваса – в 2015 году. Низкое содержание витамина С у всех сортов наблюдали в 2016 году (рис 2).

При анализе показателя фенотипической составляющей Cve, % наблюдали, что изменчивостью признака «содержание АК» в онтогенезе отличались сорта Дон Педро (Cve = 20-49%) и Памяти Коваса (Cve = 20-54%). Наибольшее варьирование у всех сортов было на более поздних фазах IV-V: биологической спелости (Cve=30-60%) и начала формирования семян (Cve=25-30%). Следует также подчеркнуть, что накопление аскорбиновой кислоты в листьях амаранта во многом зависит от условий года выращивания – Фактор В, особенно на последних стадиях развития (ДВВ>50%), в отличие от остальных рассмотренных показателей, содержание которых в большей мере определяется сортовыми особенностями.

Исследуя содержание сухого вещества в листьях амаранта, существенного влияния сорта (Cvg<15%) и условий выращивания (Cve<25%) на показатель не наблюдали. Влияние сортового фактора было заметно к III-IV фазе: «цветение – начало завязывания семян» (50%), когда у большинства сортов к этому периоду завершается этап формирования листовой массы. Можно было выявить различия исследуемого показателя у сорта Памяти Коваса (между 2013 годом и 2014-

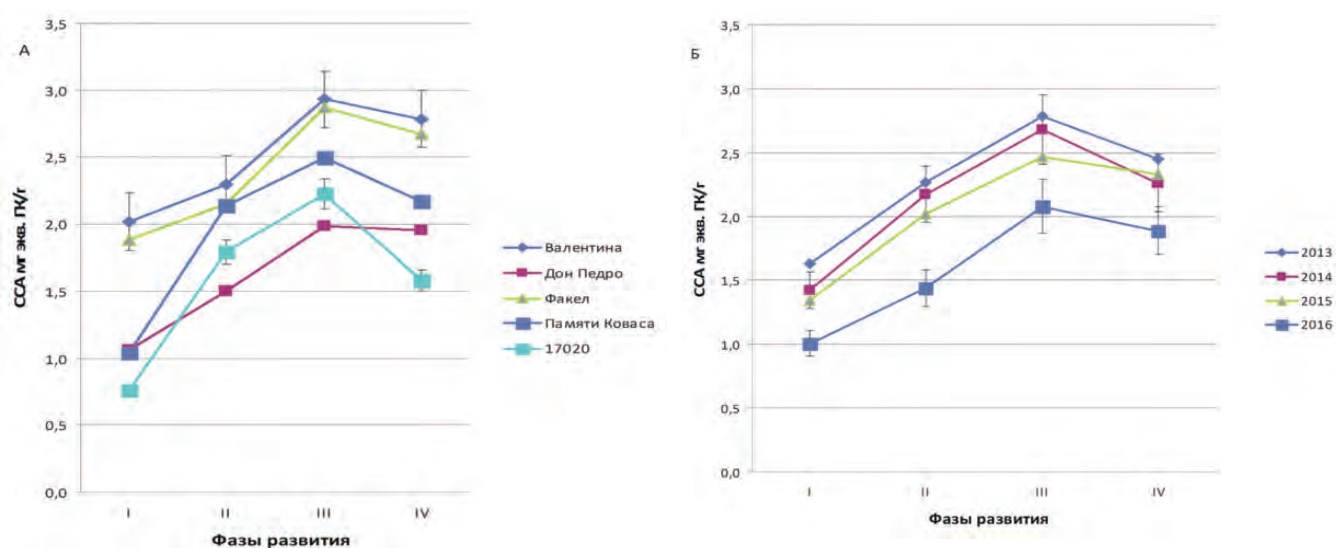


Рис. 1. Суммарное содержание антиоксидантов в листьях краснелистных и зеленолистных сортов

в разные фазы онтогенеза в зависимости от сортообразца (А) и года исследования (Б).

Fig. 1. The total antioxidant content in the leaves of red and green leaf varieties in different phases of ontogenesis, depending on the variety sample (A) and year of study (B).

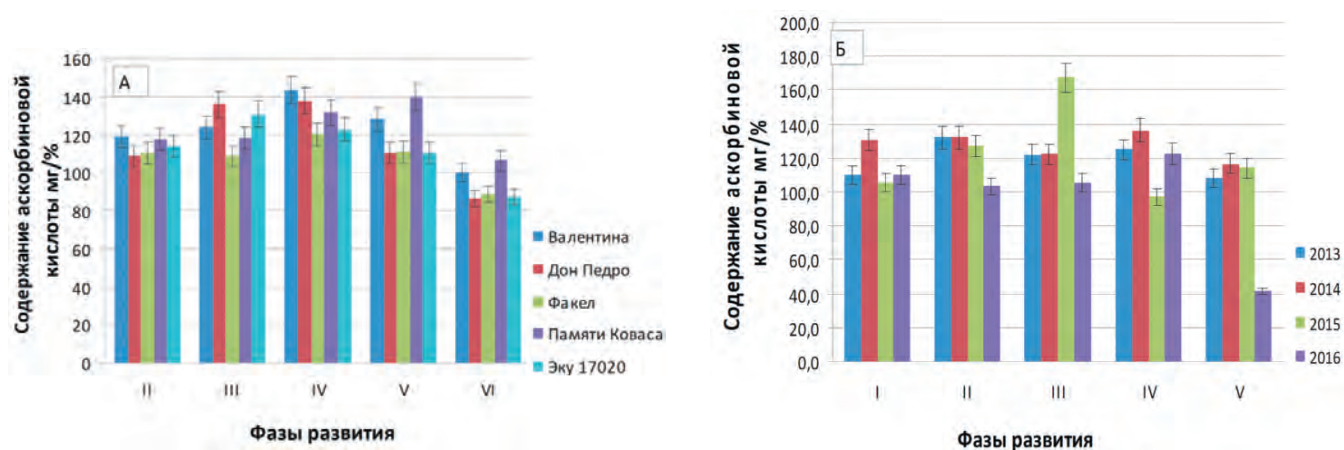


Рис. 2. Содержание аскорбиновой кислоты в листьях краснолистных и зеленолистных сортов в разные фазы онтогенеза в зависимости от сортообразца (А) и года исследования (Б).

Fig.2. The content of ascorbic acid in the leaves of red and green leaf varieties in different phases of ontogenesis, depending on the variety sample (A) and year of study (B).

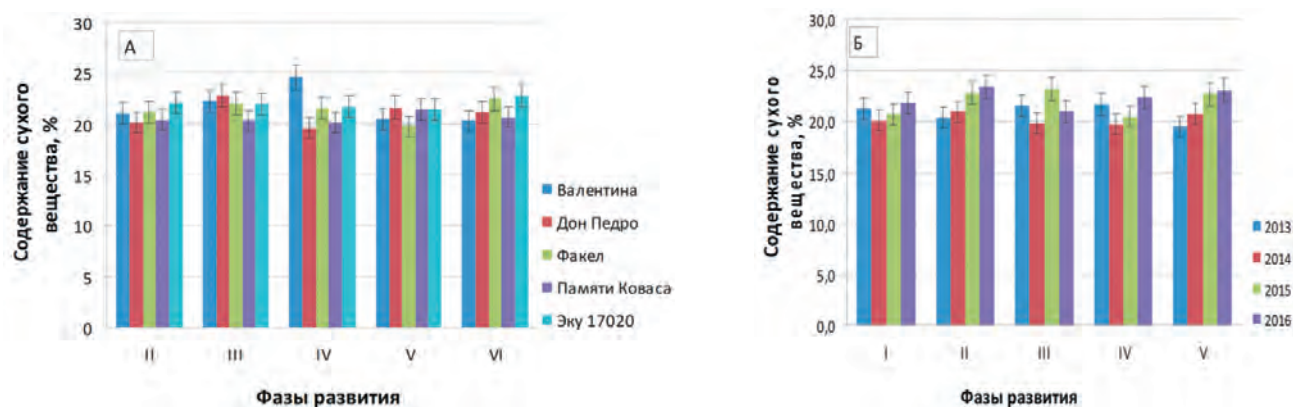


Рис.3. Содержание сухого вещества в листьях краснолистных и зеленолистных сортов в разные фазы онтогенеза в зависимости от сортообразца (А) и года исследования (Б).

Fig.3. The leaf dry matter content of red-leaf and green-leaf varieties in different phases of ontogenesis, depending on the variety sample (A) and year of study (B).

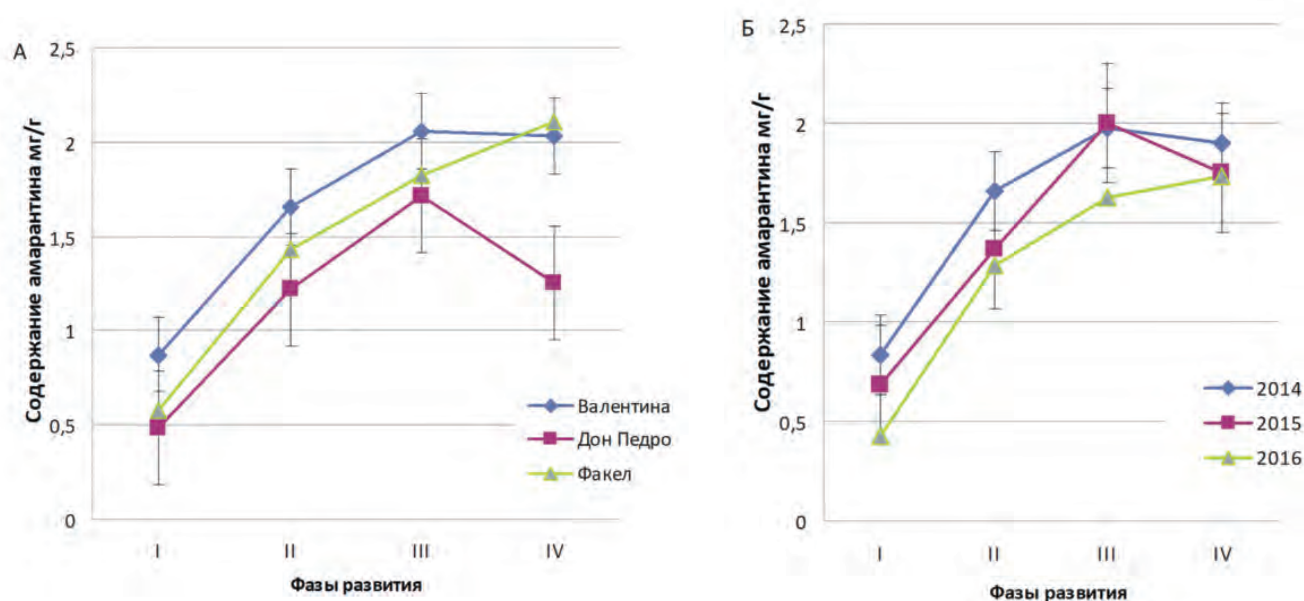


Рис.4. Относительная концентрация амарантина в листьях краснолистных и зеленолистных сортов в разные фазы онтогенеза в зависимости от сортообразца (А) и года исследования (Б).

Fig.4. The relative concentration of amaranthin in the leaves of red-leaf and green-leaf varieties in different phases of ontogenesis depending on the variety sample (A) and year of study (B).

2015 годами), у сорта Факел (между 2013 и 2016 годами), у сорта Валентина (в 2013, 2014 и 2016 годы) (рис. 3).

За период 2014-2016 годов в онтогенезе трех сортов амаранта с красноокрашенными листьями была выявлена общая закономерность увеличения накопления пигмента амарантина с максимальной концентрацией в листьях в фазу бутонизации и начала цветения (рис.4). Значения этого показателя в 2014-2015 у сорта Валентина существенно отличались на ранней и поздней фазах развития ($C_{ve} = 11-34\%$), тогда как у сорта Дон Педро – на протяжении всего периода развития до стадии цветения ($C_{ve} = 8-55\%$). У сорта Факел содержание амарантина в листьях в 2014-2015 годах было сопоставимо практически на всех стадиях развития растений, и коэффициент внутрисортной изменчивости у данного сорта имел наименьшие значения – $C_{ve} = 6-24\%$ в зависимости от фазы.

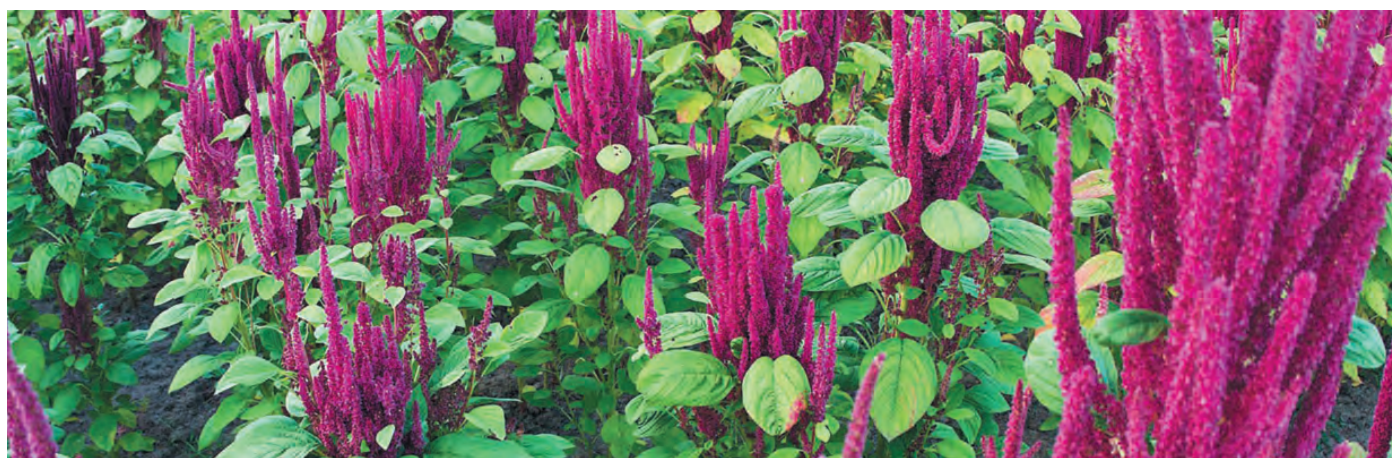
При анализе корреляционных взаимосвязей относительной концентрации амарантина с другими биохимическими показателями листьев следует отметить высокие корреляции с содержанием аскорбиновой кислоты и суммарным содержанием водорастворимых антиоксидантов ($r=0,65-1,00$) у сорта Валентина. Содержание сухого вещества имело положительную взаимосвязь только на I фазе ($r=0,94$). У сорта Дон Педро наблюдали высокие корреляции с показателем ССА на I-III фазе и содержанием АК на III фазе ($r>0,88$). У сорта Факел можно выделить положительные корреляции с содержанием ССА на III фазе ($r=0,95$) и с содержанием АК на II-III фазе ($r=0,55-0,64$). Это согласуется с литературными данными о положительной корреляции суммарного содержания антиоксидантов и аскорбиновой кислоты в листовой массе овощных растений семейств *Amaranthaceae* и *Brassicaceae*, хотя содержание суммы антиоксидантов и аскорбиновой кислоты меняется в зависимости от возраста и исследуемого органа растения, их соотношение остается достаточно стабильным [8].

Заключение

Максимум накопления ССА и АК в листьях всех изученных сортов отмечен в фазу цветения. Содержание суммы антиоксидантов в среднем составляло от 2,0 мг экв. ГК/г (Дон Педро) до 2,9 мг экв. ГК/г (Валентина); аскорбиновой кислоты – от 120 мг% (Факел) до 144 мг% (Валентина). Эти сорта можно рекомендовать для получения растительного сырья с повышенным содержанием биологически активных веществ (ССА и АК) с целью производства пищевого красителя.

Зеленолистные сорта Памяти Коваса и Эку 17020 с красными соцветиями можно использовать с целью получения листовой массы – как источника аскорбиновой кислоты; соцветий – как источника амарантина. Уборку сырья этих сортов также можно проводить от цветения до завязывания семян.

Работа выполнена при частичной поддержке "Проекта победителя" Грантового конкурса Стипендиальной программы Владимира Потанина 2016/2017 (договор о гранте № ГПК-19/17 от 05.06.2017 г.)



Литература

1. Sarker U., Islam M.T., Rabbani M.G., Oba S. Variability in total antioxidant capacity, antioxidant leaf pigments and foliage yield of vegetable amaranth // J Integrative Agric. 2018. V. 17, P. 1145–1153. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61778-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61778-7)
2. 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):79-83. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-3-79-83>
3. Jiménez-Aguilar D.M., Grusak M.A. Minerals, vitamin C, phenolics, flavonoids and antioxidant activity of Amaranthus leafy vegetables // J. Food Comp. Anal. 2017. V. 58, P. 33-39. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.01.005>
4. Davies M.B., Austin J., Partridge D.A. Vitamin C: its Chemistry and Biochemistry // The Royal Society of Chemistry. Cambridge. 1991.
5. Гинс М.С., Гинс В.К., Кононков П.Ф., Пивоваров В.Ф., Романова Е.В., Осокин И.Е., Гинс Е.М. Технология выращивания овощного (листового) амаранта. // Учебно-методическое пособие. М.: РУДН, 2017. – 49 с.
6. Гинс М.С., Гинс В.К., Колесников М.П., Кононков П.Ф., Чекмарев П.А., Каган М.Ю. Методика анализа фенольных соединений в овощных культурах // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Москва, 2010.
7. Гинс М.С., Гинс В.К., Байков А.А., Романова Е.В., Кононков П.Ф., Торрес М.К., Лапо О.А. Методика анализа суммарного содержания антиоксидантов в листовых и листовостебельных овощных культурах // Учебно-методическое пособие. Москва, 2013.
8. Гинс М.С., Гинс В.К., Байков А.А., Пивоваров В.Ф., Козак Н.В., Имамкулова З.А., Куликов И.М., Медведев С.М., Гинс Е.М. Листовая биомасса овощных и ягодных растений - источник антиоксидантов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. №1. С.39-44.

References

1. Sarker U., Islam M.T., Rabbani M.G., Oba S. Variability in total antioxidant capacity, antioxidant leaf pigments and foliage yield of vegetable amaranth // J Integrative Agric. 2018. V. 17, P. 1145–1153. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61778-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61778-7)
2. Gins M.S., Pivovarov V.F., Gins V.K., Baikov A.A., Platonova S.J., Gins E.M. PIGMENT CONTENT AND COMPOSITION IN AUTOTROPHIC AND HETEROTROPHIC LEAF TISSUES OF AMARANTH SPECIES A. TRICOLOR L. Vegetable crops of Russia. 2016;(3):79-83. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-3-79-83>
3. Jiménez-Aguilar D.M., Grusak M.A. Minerals, vitamin C, phenolics, flavonoids and antioxidant activity of Amaranthus leafy vegetables // J. Food Comp. Anal. 2017. V. 58, P. 33-39. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.01.005>
4. Davies M.B., Austin J., Partridge D.A. Vitamin C: its Chemistry and Biochemistry // The Royal Society of Chemistry. Cambridge. 1991.
5. Gins M.S., Gins V.K., Kononkov P.F., Pivovarov V.F., Romanova E.V., Osokin I.E., Gins E.M. Technology of growing vegetable (leaf) amaranth. // Teaching aid. M.: RUDN, 2017. 49 p.
6. Gins M.S., Gins V.K., Kolesnikov M.P., Kononkov P.F., Chekmarev P.A., Kagan M.Yu. Methods of analysis of phenolic compounds in vegetable crops // Ministry of Agriculture of the Russian Federation. Moscow, 2010.
7. Gins M.S., Gins V.K., Baikov A.A., Romanova E.V., Kononkov P.F., Torres M.K., Lapo O.A. Methods of analysis of the total content of antioxidants in leafy and leafy vegetable crops // Teaching guide. Moscow 2013.
8. Gins M.S., Gins V.K., Baikov A.A., Pivovarov V.F., Kozak N.V., Imamkulova Z.A., Kulikov I.M., Medvedev S.M., Gins E.M. Foliar biomass of the vegetable and small fruit plants – source of the antioxidants/Vestnik of the Russian agricultural science. 2018. №1. P.39-44.