

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Ботанические сады как центры изучения и сохранения фиторазнообразия

Труды Международной научной конференции, посвященной
140-летию Сибирского ботанического сада
Томского государственного университета

Томск, 28–30 сентября 2020 г.

Томск
Издательство Томского государственного университета
2020

Биологические особенности видов рода *Amaranthus* L. в условиях Томской области

А.А. Буренина¹, С.И. Михайлова^{2,3}, Т.П. Астафурова^{1,3}

¹ Сибирский ботанический сад Томского государственного университета, Томск, Россия, baa888@mail.ru

² Томский филиал ФГБУ «ВНИИКР», Томск, Россия, mikhailova.si@yandex.ru

³ Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

Аннотация. Представлены результаты изучения влияния позднего посева на урожайность и биохимический состав листьев *Amaranthus tricolor* L. сорт Валентина и *A. hypochondriacus* L. сорт Кизлярец в условиях Томской области. Показано, что сокращенный период вегетации позволяет растениям сформировать надземную массу до 158–163 г. В листьях отмечено высокое содержание белка, флавоноидов и метаболитов с антиоксидантными свойствами – амарантина, аскорбиновой кислоты и каротиноидов.

Ключевые слова: *A. hypochondriacus* L., *A. tricolor* L., амарантин, пигменты, белок, антиоксиданты.

Biological characteristics of species of the genus *Amaranthus* L. in the conditions of the Tomsk region

A.A. Burenina¹, S.I. Mikhailova^{2,3}, T.P. Astafurova^{1,3}

¹ Siberian Botanical Garden of Tomsk State University, Tomsk, Russia, baa888@mail.ru

² Tomsk Branch of All-Russian Plant Quarantine Center (“VNIKR”), Tomsk, Russia, mikhailova.si@yandex.ru

³ National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Abstract. The paper presents the results of studying the effect of late sowing on the yield and biochemical composition of leaves of *A. tricolor* L. cv Valentina and *A. hypochondriacus* L. cv Kizlyarets in the conditions of the Tomsk region. It has been shown that the shortened growing season allows plants to form an aboveground mass up to 158–163 g. The leaves have a high content of protein, flavonoids and metabolites with antioxidant properties – amarantine, ascorbic acid and carotenoids.

Key words: *A. hypochondriacus* L., *A. tricolor* L., amarantine, pigments, protein, antioxidants.

Введение. Амарант является многоцелевой культурой – зернового, овощного, кормового, декоративного и технического назначения. Большинство культивируемых сортов амаранта отличаются высокой урожайностью, повышенным содержанием белка, незаменимых аминокислот и минеральных солей. Овощные формы также считаются ценными лекарственными растениями из-за высокого содержания аскорбиновой кислоты, фенольных и других соединений (Kavita, Puneet, 2017). Красноокрашенные сорта содержат метаболит-антиоксидант амарантин с широким спектром биологической активности (Гинс и др., 2018а; 2020).

Проведенные ранее исследования выявили эколого-физиологические особенности видов амаранта в условиях Томской области (Астафурова и др., 2012), особенности роста и накопления биомассы сортов амаранта российской селекции (Михайлова и др., 2013), концентрацию некоторых минеральных веществ в тканях растений (Kurovsky et al., 2015).

Климат Томской области характеризуется наличием поздних весенних и ранних осенних заморозков, ограничивающих и без того короткий период вегетации растений. Сложные погодные условия не всегда позволяют провести посев амаранта в оптимальные сроки (конец мая-начало июня). Цель настоящей работы – исследование особенностей развития и накопления биологически активных веществ и антиоксидантов в листьях растений амаранта овощного и зернового направления при позднем посеве.

Материалы и методы исследований. Объектами исследований выбраны два вида: *A. tricolor* L. овощной сорт Валентина и *A. hypochondriacus* L. зерновой сорт Кизлярец селекции ФГБНУ ФНЦО (ВНИИССОК). Полевой опыт по выращиванию сельскохозяйственных культур был заложен в коллек-

ционном питомнике лаборатории сельскохозяйственных растений, расположенном на территории учебно-экспериментального хозяйства Сибирского ботанического сада ТГУ (г. Томск). Почва участка по данным анализа станции агрохимической службы «Томская» серая лесная, среднеподзоленная, по механическому составу среднесуглинистая. Обеспеченность почвы подвижными формами фосфора и калия – высокая. Содержание гумуса – 3,2 %, рН солевой вытяжки – 6,0. Для каждой культуры были заложены делянки площадью 2 м² в 3-кратной повторности. Посев проводили в 3-й декаде июня. Количество хлорофиллов *a* и *b*, а также сумму каротиноидов определяли в этиловом спирте на спектрофотометре UV-1650 (Shimadzu) при длинах волн 665, 649 и 440,5 нм (Шлык, 1971). Содержание амарантина определяли по методике, предложенной М.С. Гинс (2002), белка по методике Bradford (1976), аскорбиновой кислоты по Hewitt и Dickes (1961). Содержание флавоноидов в эпидерме листа определяли с помощью портативного прибора DUALEX 4 (Forse-A, Франция).

Результаты и обсуждение. В течение вегетационного периода амаранта выделяют несколько фенологических фаз: всходы, рост стебля (вегетативный рост), бутонизация, цветение, плодоношение. В ходе фенологических наблюдений установлено, что развитие *A. hypochondriacus* опережало *A. tricolor*. Наиболее длительной по времени являлась фаза вегетативного роста, которая у *A. hypochondriacus* продолжалась до первой декады августа, а период всходы – бутонизация длился 40 дней. Растения *A. tricolor* к моменту уборки в конце августа так и не достигли фазы цветения. На протяжении вегетационного периода растения различались по размерным и весовым показателям. У *A. hypochondriacus* отмечено увеличение высоты побега и уменьшение площади листовой поверхности относительно *A. tricolor* (табл. 1). Надземная биомасса растений амаранта к концу вегетации составила 158–163 г и не имела существенных различий между видами.

Таблица 1

Морфометрические параметры растений амаранта в конце вегетации

Параметры	<i>A. hypochondriacus</i> L. сорт Кизлярец	<i>A. tricolor</i> L. сорт Валентина
Фаза вегетации	Начало цветения	Бутонизация
Высота растений, см	133,98 ± 2,80	105,58 ± 2,61
Количество листьев, шт.	24,0 ± 0,86	22,83 ± 0,79
Площадь листьев, см ²	1456,01 ± 68,38	1668,23 ± 109,71
Биомасса растения, г	183,07 ± 16,37	176,83 ± 13,90
Надземная масса, г	163,10 ± 14,92	157,73 ± 12,18
Масса листьев, г	45,38 ± 3,63	50,85 ± 2,96

Наиболее ценной частью урожая амаранта являются листья главного побега, так как они являются основными фотосинтезирующими органами, накопителями белка и биологически активных веществ. По показателям количества и массы листьев виды существенно не различались. Однако были выявлены отличия в содержании основных метаболитов с антиоксидантными свойствами – амарантина, аскорбиновой кислоты и каротиноидов. В красноокрашенных листьях *A. tricolor* сорта Валентина пигмента амарантина было в 12,4 раза больше, а каротиноидов на 21 % меньше, чем в зеленых листьях *A. hypochondriacus* (табл. 2). Это согласуется с данными о роли амарантина в растениях – в листьях зеленоокрашенных растений амаранта поглощение света в синей области спектра обеспечивают каротиноиды, а в красноокрашенных листьях амарантин дополнительно к фотосинтетическим пигментам поглощает свет в зеленой области спектра (Гинс, 2002).

Таблица 2

Биохимические показатели листьев амаранта в конце вегетации

Показатели	<i>A. hypochondriacus</i> L. сорт Кизлярец	<i>A. tricolor</i> L. сорт Валентина
Сумма хлорофиллов <i>a+b</i> , мг/г сырого веса	1,72 ± 0,08	1,70 ± 0,02
Каротиноиды, мг/г сырого веса	0,52 ± 0,02	0,41 ± 0,01
Амарантин, мг/г сырого веса	0,12 ± 0,003	1,49 ± 0,1
Аскорбиновая кислота, мг/г сырого веса	2,96 ± 0,01	2,35 ± 0,07
Белок, мг/г сырого веса	15,0 ± 0,57	15,25 ± 0,14
Флавоноиды, отн. ед. DUALEX	1,66 ± 0,02	1,64 ± 0,03

По содержанию аскорбиновой кислоты листья *A. tricolor* несколько уступали сорту Кизлярец. Известно, что накопление аскорбиновой кислоты в листьях амаранта зависит от условий выращивания, особенно на последних стадиях развития растений, в отличие от амарантина, содержание которого, в основном, определяется сортовыми особенностями (Гинс и др., 2018б).

Проведенный анализ биохимического состава листьев не выявил существенных различий между сортами по количеству фотосинтетических пигментов ($a+b$), белка и флавоноидов.

Заключение. Приведенный анализ морфометрических параметров и биохимического состава листьев двух сортов амаранта (Кизлярец и Валентина) показал, что и при позднем посеве растения могут стать ценным сырьем для создания функциональных продуктов и кормов, так как накапливают достаточно большую биомассу и содержат биологически активные соединения.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № 0721-2020-0019).

ЛИТЕРАТУРА

Kavita P., Puneet G. Rediscovering the therapeutic potential of *Amaranthus* species: a review // Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences. 2017. Vol. 4. P. 196–205.

Гинс М.С., Гинс В.К., Мотылева С.М., Куликов И.М., Медведев С.М., Кононков П.Ф., Пивоваров В.Ф. К характеристике антиоксидантного метаболома овощных культур // Плодоводство и ягодоводство России. 2018а. Т. 55. С. 112–119.

Гинс М.С., Гинс В.К., Кононков П.Ф., Удалова Ж.В., Зиновьева С.В. Действие амарантина на стрессоустойчивость томатов (*Lycopersicon esculentum* Mill.), инвазированных галловой нематодой (*Meloidogyne incognita*) // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55, № 1. С. 97–106.

Астафурова Т.П., Михайлова С.И., Войцекковская С.А., Буренина А.А. Морфо-физиологические особенности видов рода *Amaranthus* L. в Томской области // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2012. № 4. С. 55–61.

Михайлова С.И., Буренина А.А., Астафурова Т.П. Оценка сортов амаранта в Томской области // Кормопроизводство. 2013. № 4. С. 26–27.

Kurovsky A.V., Burenina A.A., Mikhailova S.I., Petrochenko K.A., Astafurova T.P. Amaranth nutritional properties assessment based on potassium and nitrate concentration in tissues // Biosciences biotechnology research Asia. 2015. Vol. 12, № 3. P. 2161–2166.

Шлык А.А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии растений / под ред. О.А. Павлиновой. М.: Наука, 1971. С. 154–170.

Гинс М.С. Биологически активные вещества амаранта. Амарантин: свойства, механизмы действия и практическое использование. М.: РУДН, 2002. 183 с.

Bradford M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // Analytical Biochemistry. 1976. Vol. 72. P. 248–254.

Hewitt E.J., Dickes G.J. Spectrophotometric measurements on ascorbic acid and their use for the estimation of ascorbic acid and dehydroascorbic acid in plant tissues // The Biochemical J. 1961. Vol. 78. P. 384–391.

Гинс М.С., Гинс В.К., Байков А.А., Тареева М.М., Платонова С.Ю., Торрес М.К., Пэлий А.Ф. Изменчивость биохимических показателей растений амаранта при выращивании для получения натурального пищевого красителя с высоким содержанием биологически активных веществ // Овощи России. 2018б. № 5 (43). С. 69–72.