

ПЛАТОНОВА СВЕТЛАНА ЮРЬЕВНА

**ОСОБЕННОСТИ РОСТА И ФОРМИРОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ
КРАСНООКРАШЕННЫХ СОРТОВ АМАРАНТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ
НАТУРАЛЬНОГО ПИЩЕВОГО СЫРЬЯ С ПОВЫШЕННЫМ
СОДЕРЖАНИЕМ АМАРАНТИНА**

06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва - 2019

Диссертационная работа выполнена в Агробиотехнологическом департаменте Аграрно-технологического института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» и в федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр овощеводства».

Научный руководитель: член-корреспондент РАН,
доктор биологических наук, профессор
Гинс Мурат Сабирович

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
кафедры овощеводства ФГБОУ ВО «Российский
государственный аграрный университет - МСХА
имени К.А. Тимирязева»

Маланкина Елена Львовна

доктор сельскохозяйственных наук, доцент
кафедры растениеводства и земледелия ФГБОУ ВО
«Башкирский государственный аграрный
университет»

Кузнецов Игорь Юрьевич

Ведущая организация: ФГБНУ «Прикаспийский научно-
исследовательский институт аридного земледелия»

Защита диссертации состоится «27» июня 2019 года в 11.00 часов на заседании диссертационного совета Д 999.078.03 при ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», ФГБНУ «Почвенный институт им. В.В.Докучаева» по адресу: 117198 г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.8, корпус 2.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке РУДН по адресу: 117198 г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.6; библиотеке ФНЦО по адресу: 143080, Московская область, пос. ВНИИССОК ул.Селекционная, д.14; и библиотеке Почвенного института им. В.В.Докучаева по адресу: 119017, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7 стр. 2

Объявление о защите и текст автореферата размещены на официальном сайте Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации и на сайте РУДН

Автореферат разослан «24» мая 2019 года

Ученый секретарь
диссертационного совета

Введенский Валентин Валентинович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В последнее десятилетие наблюдается устойчивая тенденция роста потребительского спроса на продукты, в составе которых присутствуют натуральные компоненты растительного происхождения. Многие натуральные пигменты обладают антиоксидантными свойствами, поэтому использование их в качестве пищевой добавки позволяет не только улучшить внешний вид, но и повысить пищевую и биологическую ценность. Амарант является источником ценных биологически активных соединений, которые могут найти применение в различных областях народного хозяйства. Листья и соцветия амаранта служат сырьем для получения ценного пищевого красителя – амарантина, обладающего сильными антиоксидантными свойствами, которые можно сравнить с аскорбиновой кислотой. Амарантин как водорастворимый антиоксидант также перспективен для использования в медицине (Кононков, 2008; Griffiths, 2005).

Разработка и оптимизация элементов технологии выращивания (подбор сортов, сроки и полнота срезки вегетативной массы растений, внесение минеральных удобрений, использование защищенного грунта и т.д.) воспроизводимого растительного сырья с высоким содержанием натурального пигмента амарантина на основе краснолистных и красноокрашенных соцветий видов амаранта является актуальной. Для этого необходимо изучение изменчивости биометрических и биохимических показателей, продуктивности растений в процессе вегетации и отзывчивости сортов на внешние факторы среды в разных условиях возделывания.

Научная новизна. Впервые изучена динамика накопления амарантина и выявлены оптимальные фазы сбора растительного материала краснолистных сортов амаранта, содержащих максимальное количество амарантина при выращивании в условиях открытого грунта. Изучены пределы варьирования накопления амарантина и аскорбиновой кислоты в растениях красноокрашенных соцветиях зеленолистных сортов амаранта, которые могут служить перспективным сырьем для получения натурального красителя.

Выявлены видовые особенности проявления хозяйственно ценных признаков (скороспелость, масса листьев, число листьев, масса соцветия, длина соцветия) и накопления амарантина в отдельных частях растений амаранта разного эколого-географического и генетического происхождения в условиях Не-черноземной зоны России. Установлены различия в реакции изученных видов и сортов амаранта по данным признакам на изменения климатических факторов среды (температура, количество осадков, ГТК).

Дано научное обоснование эффективности использования разработанных агротехнических приемов выращивания в открытом и защищенном грунте красно-

листных сортов амаранта как сырьевого источника получения растительного пигмента амарантина и аскорбиновой кислоты.

Показана высокая степень реакции сортов на внесение минеральной подкормки, повышающей содержание амарантина в биомассе и соцветиях амаранта. При этом возрастает продуктивность растений независимо от условий выращивания.

Теоретическая и практическая значимость. Выявлены сортовые особенности влияния условий выращивания на рост, развитие и накопление биологически активных веществ растениями амаранта в открытом и защищенном грунте в условиях Нечерноземной зоны РФ (на примере Московской области). Выделены оптимальные фазы развития сортов амаранта разных групп спелости для сбора листьев и соцветий – как источников пищевого красителя. Показана перспективность использования защищенного грунта и разработаны элементы сортовых технологий выращивания этой культуры с целью получения стабильных урожаев растительного сырья с высоким содержанием амарантина.

Целью исследований является совершенствование выращивания красноокрашенных сортов амаранта с высокой антиоксидантной активностью для получения натурального пищевого сырья с повышенным содержанием амарантина в условиях Нечерноземной зоны России.

Для решения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Изучить особенности роста и развития растений амаранта разных сортов с красноокрашенными листьями или соцветиями в условиях открытого грунта Нечерноземной зоны РФ (Московская область).
2. Изучить динамику изменения содержания амарантина в листьях и соцветиях в процессе вегетации и его взаимосвязь с биометрическими и биохимическими показателями растений амаранта разных сортов в условиях открытого грунта.
3. Выявить оптимальную фазу сбора растительного материала изученных сортов амаранта, содержащих максимальное количество амарантина в листьях и соцветиях в условиях открытого грунта.
4. Установить особенности накопления амарантина и продуктивность растений сортов амаранта в условиях защищенного грунта Московской области.
5. Изучить влияние минеральных удобрений в виде подкормки на содержание амарантина и продуктивность биомассы листьев и соцветий, выделенных сортов амаранта в условиях открытого и защищенного грунта Московской области.

Методология и методы исследований. Методология проводимых исследований основывались на формулировке целей и задач исследования, проведении полевых и лабораторных исследований, анализа литературных источников, учета, анализа и статистической обработки полученных данных согласно общепринятым ме-

тодикам, изложенным по Доспехову и ГОСТ-4671-78, используемым в растениеводстве, земледелии, агрохимии и т.д.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Рост, развитие, продуктивность растений, динамика накопления амарантина перспективных сортов амаранта с повышенным содержанием биологически активных веществ в условиях открытого грунта Московской области;
2. Влияние сорта амаранта и условий выращивания на сроки уборки растительного сырья с максимальным выходом амарантина
3. Использование защищенного грунта для получения высококачественного растительного сырья на основе краснолистных сортов амаранта - как источника пищевого красителя амарантина
4. Влияние минеральной подкормки на повышение урожайности растительной биомассы и выход амарантина с единицы площади при разных способах выращивания.

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность полученных результатов обусловлена общепринятой схемой проведения полевого опыта в течение 2013-2018 годов в условиях Одинцовского района Московской области.

Основные положения диссертационной работы представлены на международных научно-практических конференциях в г. Москва, г. Пущино, г. Севастополь и с. Соленое займище Прикаспийской области в период 2013-2018 годов. Опытные образцы полученных изделий демонстрировались на международных выставках 2013-2016 годов: «Импортозамещение», «ВУЗПРОМЭКСПО», «РосБиоТех–2013», всероссийском фестивале науки «NAUKA 0+».

Работа поддержана Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по программе УМНИК в рамках молодежного конкурса «Московский молодежный старт» в 2013 и в 2015 гг.

По материалам диссертации опубликовано 18 печатных работ, в том числе 5 работы в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Личное участие соискателя в получении результатов. Диссертация представляет собой самостоятельное исследование. Планирование, организация и проведение эксперимента по изучению возделывания красноокрашенных сортов амаранта для получения натурального пищевого сырья с повышенным содержанием амарантина выполнены соискателем лично. Личный вклад соискателя состоит в апробации результатов исследования по теме выполнения диссертационной работы, в подготовке основных публикаций. Доля личного участия в выполненной работе 70%.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 197 страницах компьютерного текста, включает 42 таблицы, 65 рисунков и 14 приложений. Состоит из введения, списка сокращений, 3 глав, заключения с предложениями производ-

ству, а также списка использованной литературы, который включает 202 наименования, в том числе 71 источник иностранных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Обзор литературы. В главе освещены вопросы систематики, биологические особенности, агротехника возделывания и хозяйственное значение амаранта как культуры универсального использования: пищевое, кормовое, лекарственное, техническое и источника биологически активных соединений. Обоснована актуальность исследований, направленных на получение растительного сырья с высоким содержанием амарантина с учетом биологии растений сортов амаранта при их возделывании в агроклиматических условиях конкретной зоны.

2. Объекты, условия и методика проведения экспериментов

Экспериментальные исследования проводились в течение 2013-2018 годов на опытных участках открытого и защищенного грунта на базе лаборатории физиологии и биохимии растений, интродукции и функциональных продуктов ФГБНУ ФНЦО (Федеральный научный центр овощеводства) и АГБД АТИ (агробиотехнологический департамент Аграрно-технологического института) РУДН.

Материалом исследований являлись краснолистные виды амаранта: *Amaranthus tricolor* L. (сорт Валентина), *Amaranthus hypochondriacus* L. (сорта Дон Педро и Памяти Коваса), *Amaranthus paniculatus* L. (сорт Факел) оригинатор ФГБНУ ФНЦО и *Amaranthus caudatus* L. (сорт Есу-17020), образец Эквадорской селекции, оригинатор INIAP.

Агроклиматические условия зоны исследований. Сравнительный анализ среднесуточной температуры, среднего количества осадков, относительной влажности воздуха и значений ГТК на разных стадиях онтогенеза за вегетационные периоды 2013-2017 годов показал, что большинство из них нельзя считать оптимальными по условиям для этой культуры. Так, температура воздуха за вегетационный период 2013, 2014 и 2016 годов превышала среднее многолетнее значение (16,87 °С) и была снижена в 2015 г. и в 2017г. (14,98°С). В 2013 и 2017 году преобладало избыточное увлажнение (ГТК больше 1,6). 2014 год был более оптимален, но характеризовался дефицитом влаги (ГТК менее 0,7) в фазу цветения. В 2015 и 2016 году наблюдалось повышенное увлажнение (ГТК = 1,24-1,19). За весь период исследований наиболее благоприятным для развития тепло- и светолюбивой культуры амаранта был 2013 год.

Методы исследований. Полевые опыты, наблюдения, учёты и анализы проводили согласно общепринятым методикам: «Полевого опыта в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве овощных культур. ГОСТ-4671-78»; «Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (1975) и «Методические указания по механизированной технологии возделывания амаранта» (Ко-

нонков и др., 1996). Полевые опыты (размер делянок и схемы посева) осуществлялись по ГОСТ 4671-78. Посев амаранта в открытом грунте и пленочной необогреваемой теплице производили рядовым способом вручную в четвертой декаде мая. Глубина заделки семян 1,5-2,0 см. Норма высева 0,5-0,6 г на м². Учётная делянка - 3м. Повторность 3- кратная.

В течение вегетационного периода проводили фенологические наблюдения в соответствии с методическими указаниями по изучению зеленых культур, разработанными в ВИРе (1987). На разных стадиях развития были изучены биометрические признаки и биохимический состав вегетативной массы растений.

При анализе биохимического состава листьев и соцветий определяли: содержание *аскорбиновой кислоты* по методике Сапожникова, Дорофеевой (1966); содержание *сухого вещества* по методике Ермакова; содержание пигментов *амарантина* определяли спектрофотометрическим методом; *суммарное содержание антиоксидантов* (ССА) определяли амперометрическим методом на приборе «Цвет-Яуза-01-АА» в постоянно-токовом режиме (Яшин, 2006).

Полученные данные обрабатывали статистически с использованием пакета электронных таблиц MS Excel и метода дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985 г.). Для обработки данных использовали схему двухфакторного опыта: фактор А (сорт) и фактор Б (год) (Гужов, 1999).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение количественных и биохимических признаков и их корреляций в период вегетации на разных стадиях развития растений позволило выявить особенности развития изученных сортов амаранта в Нечерноземной зоне РФ, влияющих на урожайность, содержание биологически активных веществ и антиоксидантов в растительном сырье.

По продолжительности периода вегетации растений амаранта в Московской области от всходов до созревания семян (среднее за 2013-2016 годы) изученные сорта были разделены на следующие группы спелости. Сорт Валентина – более раннеспелый (менее 120 суток) среди среднеспелых образцов, к которым относятся и сорта Факел и Памяти Коваса (до 130 суток); к среднепозднеспелым – сорт Дон Педро (140-150 суток) и позднеспелым – сорт селекции INIAP из Эквадора (более 160 суток).

Ранжирование изученных сортов в основном сохранялось (рис. 1), хотя в разные годы, их распределение по продолжительности вегетационного периода «посев – биологическая спелость семян» изменялось. Так, в 2014-2015 годах скороспелым был сорт Валентина, а в 2013 и 2016 годах – сорт Памяти Коваса. Причем, среди всех сортов наиболее широкий размах варьирования по данному признаку имел сорт Валентина (106-162 суток).

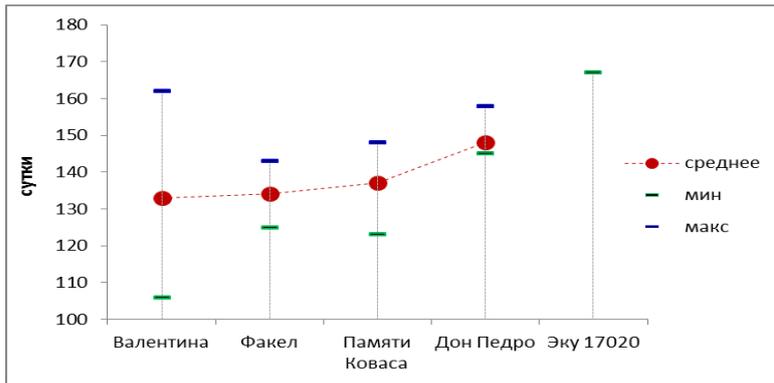


Рис.1. Пределы варьирования и средняя продолжительность вегетационного периода от посева до биологической спелости семян сортов амаранта в условиях открытого грунта Московской области за 2013-2016 годы.

При биометрическом анализе признаков

растений выявлено, что масса соцветия относится к наиболее стабильным признакам и в основном определяется генотипом сорта ($ДВ_A > 80\%$), в то время на массу листьев с растения значительное влияние оказывают погодные условия ($ДВ_B = 50-92\%$) (рис. 2).

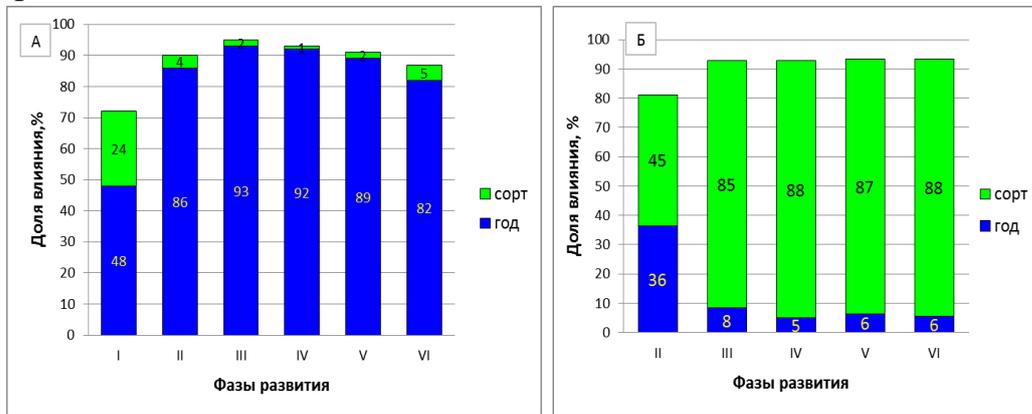


Рис. 2. Влияние генотипа – фактор А (сорт) и условий выращивания – фактор В (год) на изменчивость признаков «общая продуктивность листьев», % (А) и «масса соцветия», % (Б) в разные фазы онтогенеза (2013-2016 годы)

Наибольшие межсортовые отличия ($C_{vg} > 20\%$) в группе изученных сортов отмечены по высоте растений. По числу и массе листьев коэффициент генетической изменчивости в зависимости от фазы развития составил 12-26%; по признакам длина корня и соцветия – менее 10%. По высоте растений выделяется сорт Эку 17020, по числу листьев – Дон Педро, по массе листьев – Валентина и Эку 17020, по длине соцветия – Памяти Коваса, по массе соцветия – сорт Факел.

Анализируя признак «масса листьев с растения» всех сортов, следует отметить, что высокими показателями отличался 2013 год с максимальными значениями на IV фазе у сортов Факел, Дон Педро и Памяти Коваса; на V фазе – у сорта Валентина. У сорта Эку 17020 масса листьев, сформировавшаяся к IV фазе, оставалась постоянной до конца вегетации.

В 2014 году общая масса листьев на растениях всех сортов была существенно ниже, чем в 2013 году, но динамика была аналогична (рис. 3). В условиях неблагоприятных 2015-2016 годов масса листьев с растения у всех сортов относительно 2013 года в зависимости от фазы снижалась: сорта Валентина - в 2,1-9,8 раза; сор-

та Дон Педро - в 1,3- 15,3 раза; сорта Факел - в 1,8- 8,7 раза; сорта Памяти Коваса - 2,3- 12, 9 раза; сорта Эку 17020 – в 1,3- 10,8 раза. В большинстве случаев максимальные различия приходились в период цветения на III фаз.

По признаку «*масса соцветия*», также выделяются две группы сортов: Валентина, Факел и Памяти Коваса с крупными соцветиями (>20 г); Дон Педро и Эку 17020 с мелкими соцветиями (<5 г). В первой группе сорта Факел и Памяти Коваса имеют схожую динамику нарастания массы соцветия во все годы, в то время как у сорта Валентина зарегистрировано резкое снижение этого показателя в 2016 году. На развитие соцветий второй группы сортов погодные условия оказывали различное влияние. Сорт Эку 17020 отличался наибольшей изменчивостью по данному признаку, у которого масса соцветия была сопоставима только в 2013 и 2014 годах.

В среднем за все годы исследований наибольшая *продуктивность растений* (листья+соцветия) была отмечена у сорта Валентина на первой стадии, около 140 г/растение (табл.1). Растения других сортов Дон Педро, Памяти Коваса и Эку 17020 были более продуктивны на стадиях созревания (VI-V фаза) – от 115 до 130 г/растение). Наименее продуктивным оказался сорт Факел (107-115 г/растение). Сортные различия по общей продуктивности амаранта выражены в большей степени, чем у других признаков, особенно на I и V фазах развития.

Таблица 1 – Общая продуктивность растений сортов амаранта в открытом грунте в зависимости от фазы онтогенеза

Сорт	Масса листьев и соцветий по фазам развития, г/растения				
	I	II	III	IV	V
Валентина	9,3	47,9	99,1	118,6	141,0
Факел	8,4	39,7	93,8	115,8	107,3
Дон Педро	10,3	32,8	87,4	120,2	124,3
Памяти Коваса	11,1	44,0	108,4	120,6	115,2
Эку 17020	7,5	45,2	105,2	121,9	129,6
НСР ₀₅	2,7	2,3	6,0	9,5	11,0

Корреляционный анализ показал, что в пределах всей совокупности изученных сортов амаранта высокие положительные корреляции ($r > 0,8$) были отмечены у массы листьев с признаками «длина корня», «высота растения» и «число листьев» на III и IV фазах развития и с признаком «число листьев» и «высота растения» на II и V фазе. Взаимосвязь признака «масса листьев» с генеративными признаками следующая: с «длиной соцветия» - положительна на II и V стадии, а с признаком «масса соцветий» - на последней фазе развития соцветий ($r = 0,79$).

Динамика накопления амарантина в листьях. У всех сортов амаранта с красноокрашенными листьями была выявлена общая закономерность увеличения накопления пигмента амарантина в онтогенезе с максимальной концентрацией в листьях в фазу бутонизации и начало цветения. При сравнении динамики накопле-

нии амарантина в листьях в пределах каждого сорта содержание амарантина на разных стадиях развития существенно зависит от погодных условий года (рис.3).



Рис. 3. Содержание амарантина (мг/г) в листьях сортов амаранта в зависимости от фазы онтогенеза (2014-2016 годы)

Наиболее низкую концентрацию пигмента наблюдали в 2016 году. Значения этого показателя в 2014-2015 у сорта Валентина существенно отличались только на ранней и поздней фазах развития (I и IV), тогда как у сорта Дон Педро – на протяжении всего периода развития до стадии цветения (I и II фазы). У сорта Факел содержание амарантина в листьях в 2014-2015 годах было сопоставимо на всех стадиях и коэффициент экологической изменчивости у данного сорта имел наименьшие значения - $C_{ve} = 6-24\%$ в зависимости от фазы (табл. 3).

Таблица 3 – Изменчивость содержания амарантина в листьях краснолистных сортов-образцов амаранта на различных этапах онтогенеза (2014-2016 годы)

Сорт	Содержание амарантина на стадиях развития							
	начало ветвления стебля		начало бутонизации		начало цветения		начало формирования семян	
	мг/г	$C_{ve}\%$	мг/г	$C_{ve}\%$	мг/г	$C_{ve}\%$	мг/г	$C_{ve}\%$
Валентина	0,87	34	1,66	11	2,06	12	2,03	17
Дон Педро	0,49	55	1,22	23	1,72	8	1,25	8
Факел	0,58	24	1,43	14	1,83	16	2,10	6
НСР ₀₅	0,3		0,2		0,2		0,4	
$C_{vg}\%$	31		15		9		26	

У сорта Валентина и сорта Дон Педро показатель изменчивости составил $C_{ve} = 11-34\%$ и $8-55\%$. Наиболее изменчивым этот признак у всех сортов был на ранней стадии $C_{ve} = 24-55\%$ и $C_{vg}=31\%$. В целом, за все годы исследований наибольшее количество амарантина содержалось в листьях сорта Валентина, наименьшее - в листьях сорта Дон Педро, у которого пик накопления пигмента отмечен в фазу цветения, после чего его содержание снижалось.

Динамика накопления амарантина в соцветиях. В соцветиях сорта Валентина содержание амарантина равномерно возрастало от стадии бутонизации к стадии созревания. Более высокую концентрацию амарантина отмечали в 2014 году, а минимальную – в 2016 году, с наибольшим значением коэффициента варьирования признака от условий года на II фазе ($C_{ve} = 33\%$). У сорта Дон Педро высокая кон-

центрация амарантина отмечена в 2015 году, где наблюдали выраженный пик содержания амарантина на III фазе ($C_{ve}=34\%$). В динамике накопления амарантина в соцветиях сорта Факел существенных различий в отдельные годы не наблюдалось ($C_{ve}=8-19\%$) за исключением IV фазы в 2015 году (рис. 4).

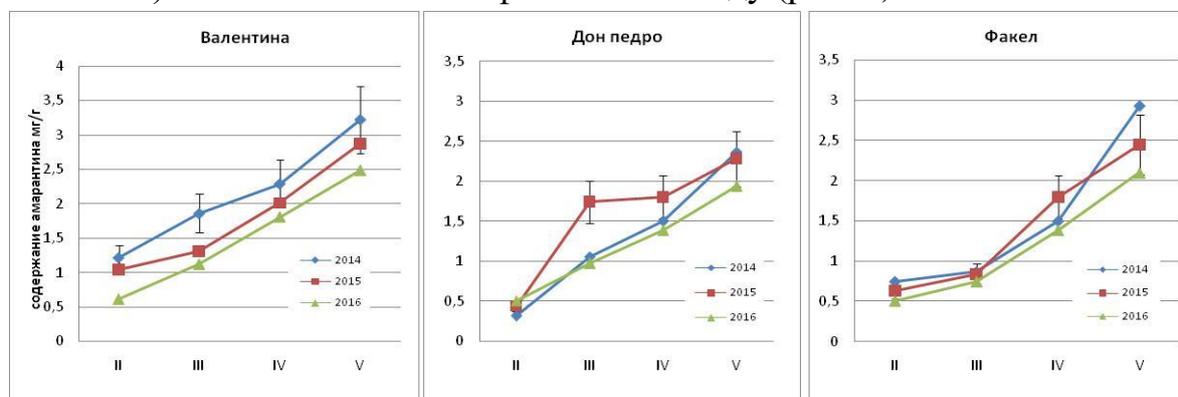


Рис. 4. Содержание амарантина (мг/г) в соцветиях сортов амаранта в зависимости от фазы онтогенеза в разные годы исследований (2014-2016 годы)

В целом содержание амарантина было наиболее изменчиво в период бутонизации и цветения $C_{ve}=19-33\%$ и $8-27\%$. Низкая концентрация амарантина отмечена в начале развития ($0,42 - 0,96$ мг/г). Однако в дальнейшем, динамика изменчивости у отдельных сортов отличается. У сортов Валентина и Факел значения равномерно возрастают к началу созревания семян. У сорта Дон Педро наблюдалось увеличение синтеза амарантина на стадии цветения (табл. 4).

Таблица 4 – Содержание амарантина в соцветиях краснолистных сортов амаранта на различных этапах онтогенеза (2014-2016 годы)

Сорт	Содержание амарантина на стадиях развития							
	начало бутонизации		начало цветения		начало формирования семян		начало созревания	
	мг/г	$C_{ve}\%$	мг/г	$C_{ve}\%$	мг/г	$C_{ve}\%$	мг/г	$C_{ve}\%$
Валентина	0,96	33	1,43	20	2,04	12	2,86	13
Дон Педро	0,42	23	1,26	34	1,56	14	2,20	10
Факел	0,63	19	0,82	8	1,56	14	2,49	17
НСР ₀₅	0,3		0,5		0,3		0,2	
$C_{vg}\%$	40		27		16		13	

Суммарный выход амарантина с растения. В итоге, суммарный выход амарантина с одного растения (листья+соцветия) в среднем у сорта Валентина составил от 8 до 183 мг на сырую массу в зависимости от фазы развития; у сорта Факел – от 5 до 149 мг/сырую массу; у сорта Дон Педро – от 4 до 96 мг/сырую массу. При пересчете на сухую массу суммарный выход амарантина с растения составил у сорта Валентина от 37 до 975 мг/растение в зависимости от фазы развития, у сорта Факел – от 26 до 723 мг/сырую массу, у сорта Дон Педро – от 22 до 454 мг/сырую массу. Необходимо отметить, что вклад соцветия в суммарный выход амарантина с растения был невысоким. У сорта Факел в среднем составил около 23%, у сорта Валентина – 16%, Дон Педро – менее 5%. То есть основной вклад в общий выход

амарантина с растения у сортов амаранта вносят листья, масса которых у всех сортов в значительной степени зависит от погодных условий года.

Рассматривая взаимосвязь относительной концентрации амарантина в листьях и относительной концентрации амарантина в соцветиях, можно подчеркнуть высокие корреляции у сорта Валентина на всех стадиях, у сорта Дон Педро и Факел – на стадии биологической спелости семян ($r > 0,83$). Положительные корреляции были отмечены также у сорта Факел на II-IV фазах развития соцветий.

Прослеживаются тесные взаимосвязи между относительной концентрацией амарантина и биохимическими показателями листьев и соцветий, но отмечена и своя сортовая специфика. Так, у сорта Валентина содержание аскорбиновой кислоты в онтогенезе было наибольшим на III и IV фазах (128,01-143,88 мг%), как и в случае накопления амарантина; у сорта Дон Педро – на III фазе (137,94 мг%). У сорта Валентина следует отметить высокую сопряженность с содержанием аскорбиновой кислоты и суммарным содержанием водорастворимых антиоксидантов ($r = 0,65 \dots 1,00$) на всех стадиях. У сорта Дон Педро наблюдали положительные корреляции с показателем ССА на I-III фазе и содержанием аскорбиновой кислоты на III фазе ($r > 0,75$) в листьях и на IV-V фазе в соцветиях.

У сорта Факел можно выделить положительные корреляции с содержанием ССА на III фазе ($r = 0,95$), с содержанием аскорбиновой кислоты в листьях на II-III фазе, в соцветиях на VI-V фазах ($r > 0,95$), чем также можно объяснить выбор стадии сбора сырья для получения красителя с высоким выходом амарантина.

Содержание сухого вещества в листьях имело существенные сортовые различия только к III-IV фазе – цветение - начало завязывания семян, когда у большинства сортов завершатся этап формирования листовой массы. Высокие положительные взаимосвязи прослеживались у всех сортов с «относительной концентрацией амарантина» в соцветиях на стадиях созревания IV-V ($r = 0,72 \dots 0,92$).

Многообразие видов амаранта с различным уровнем накопления АО позволяет широко использовать растительное сырье в пищевых целях. По нашим данным, зеленолистные сорта с красными соцветиями можно рекомендовать для получения сырья с высоким содержанием аскорбиновой кислоты в листьях на III-IV фазе у сорта Памяти Коваса (132-140 мг/%) и на II-III стадии у сорта Эку 17020 (123-131 мг/%). Несмотря на то, что относительная концентрация амарантина в соцветиях сорта Эквадорской селекции была сопоставима с сортом Валентина (2,37-2,78 мг/г), однако, в условиях открытого грунта Московской области он не успевает сформировать большую массу соцветия и не доходит до стадии созревания, поэтому выращивание данного сорта в качестве сырья для получения амарантина из соцветий на территории Московской области не перспективно.

Оптимальными фазами сбора сырья с наиболее высоким выходом амарантина с растения при возделывании в открытом грунте Московской области являются репродуктивные стадии развития: у сорта Валентина - «начало бутонизации» и «начало формирования семян», т.е. III и IV фазы; у сорт Дон Педро – III фазу; у сорта Факел – IV фазу развития растений. Общий выход амарантина с единицы площади на данных фазах в среднем за все годы у сорта Валентина в среднем составил 1,5-1,8 г/м², у сорта Дон Педро – 1,6г/м² и у сорта Факел – 1,5 г/м² (табл. 5).

Таблица 5 – Общий выход амарантина с растения и единицы площади у краснолистных сортов амаранта на различных фенологических фазах развития растений в открытом грунте Московской области (2013-2016 годы)

Сорт	Содержание амарантина на стадиях развития							
	II		III		IV		V	
	мг/растение	г/м ²	мг/растение	г/м ²	мг/растение	г/м ²	мг/растение	г/м ²
Валентина	8,11	0,11	69,33	0,79	139,70	1,52	183,22	1,79
Дон Педро	4,37	0,05	45,72	0,56	125,11	1,55	96,03	1,13
Факел	5,38	0,07	40,03	0,56	95,96	1,17	149,35	1,52
НСР ₀₅	2,9	0,01	30,5	0,03	60,8	0,08	65,2	0,07

Для снижения влияния внешних факторов среды на развитие теплолюбивых растений амаранта с целью получения более гарантированного урожая в условиях НЧЗ РФ можно использовать защищенный грунт.

Влияние условий защищенного грунта на продуктивность и накопление амарантина растениями амаранта. Выращивание сортов амаранта в теплице способствовало увеличению продуктивности (на 40-80%) и относительной концентрации амарантина (на 16-32% в листьях на 17-40% соцветиях). Итоговый анализ показал, что при расчете выхода амарантина с единицы площади эффективность использования защищенного грунта была существенно выше у сорта Валентина, у которого выход пигмента был в два раза выше, чем в контроле (поле). У сортов Дон Педро и Факел общий выход амарантина с единицы площади в условиях защищенного грунта был выше в 2,8 и 1,5 раза. При пересчете на сухую биомассу выход амарантина у сортов Валентина и Дон Педро превысил контроль в три раза, у сорта Факел – в два раза. Использование защищенного грунта перспективно для выращивания амаранта с целью получения высокого урожая растительной массы с высоким содержанием амарантина.

Влияние внесения минеральных удобрений на развитие, продуктивность вегетативной массы и накопление амарантина растениями амаранта. Как известно, амарант относится к культурам, интенсивно использующим легкодоступные питательные вещества с высоким уровнем их потребления. Ранее было показано, что урожайность листовой биомассы амаранта сильно зависела от доз внесения азотных удобрений. Варьирование соотношения NPK приводит к

значительному изменению интенсивности фотосинтеза и общей биомассы растений, а также содержания пигментов (Гинс М.С., 2016). Исследование влияния минерального удобрения на морфофизиологические параметры, урожайность растений и содержание в них амарантина актуально при выращивании амаранта.

Анализируя выход сырой биомассы следует отметить, что при внесении минеральной подкормки $N_{30}P_{30}K_{30}$ более существенную прибавку у сорта Валентина отмечали в условиях открытого грунта (в 2,1 раза), тогда как у сортов Факел и Дон Педро - в условиях теплицы (в 1,6 и 2,9 раза).

Таблица 6 - Влияние минеральной подкормки на урожайность и выход амарантина с единицы площади краснолистных сортов амаранта в открытом и защищенном грунте Московской области (2015-2017 годы)

Сорт	условия	Вариант опыта	Урожайность, кг/м ²	Выход амарантина, г/м ²	Выход сухого в-ва	
					г/м ²	содержание амарантина, %
Валентина	поле	контроль	0,65	1,0	125,9	0,78
		$N_{30}P_{30}K_{30}$	1,28	2,2	250,3	0,88
	теплица	контроль	1,18	2,4	219,5	1,09
		$N_{30}P_{30}K_{30}$	2,05	4,9	363,7	1,34
	НСР ₀₅		0,47	1,1	78,0	0,19
Факел	поле	контроль	0,61	0,6	136,8	0,42
		$N_{30}P_{30}K_{30}$	0,84	1,0	173,9	0,56
	теплица	контроль	0,76	0,9	214,4	0,42
		$N_{30}P_{30}K_{30}$	1,18	1,6	239,5	0,69
	НСР ₀₅		0,19	0,3	35,9	0,10
Дон Педро	поле	контроль	0,30	0,4	57,0	0,63
		$N_{30}P_{30}K_{30}$	0,59	0,9	107,4	0,79
	теплица	контроль	0,82	1,1	209,7	0,54
		$N_{30}P_{30}K_{30}$	2,36	3,7	405,6	0,92
	НСР ₀₅		0,73	0,5	61,3	0,13

У всех сортов максимальный выход растительного сырья на фоне подкормки был отмечен в защищенном грунте. В данном варианте по урожайности сырой массы и выходу сухого вещества с единицы площади сорта расположились в следующей последовательности: самый отзывчивый сорт Дон Педро (2,4 кг/м² и 0,45 кг/м²) > сорт Валентина (2,0 кг/м² и 0,36 кг/м²) > наименее отзывчивый сорт Факел (1,6 кг/м² и 0,24 кг/м²).

Наибольший выход амарантина с единицы площади у всех изученных краснолистных сортов амаранта также отмечен в условиях защищенного грунта на фоне внесения $N_{30}P_{30}K_{30}$. По данному параметру сорта расположились в другом порядке: Валентина > Дон Педро > Факел. В среднем выход амарантина в этом варианте в 1,8-3,4 раза был выше, чем в контроле в теплице, в 1,6-4,1 раза выше, чем в варианте с внесением удобрений в поле и в 2,7-9,3 раза превышал значения контроля в полевых условиях. При этом повышалось и процентное содержание

амарантина в сухом веществе с единицы площади, которое у сорта Валентина составило 1,3%, у сорта Дон Педро – 0,9%, а у сорта Факел – около 0,7%.

Вклад отдельных органов в суммарный выход амарантина с растения амаранта в зависимости от сорта, условий выращивания и сушки (2016-2018 годы). Ранее было показано, что у сорта Валентина в качестве сырья для пищевого красителя можно использовать не только листья с основного побега и соцветие, но и боковые побеги. При выращивании в поле общий выход амарантина с боковых побегов на стадии цветения был выше или сопоставим с его содержанием в соцветии (Кононков, 2008). Вклад соцветий и боковых побегов в наших исследованиях в общий выход амарантина со всего растения у сорта Валентина составил 21% и 22%. Основную долю составляла листовая масса основного побега, более 50%. Сбор листьев с растений осуществляли по фракциям, начиная с нижнего яруса: 1 ярус (1-7); 2 ярус (8-13); 3 ярус (14-20); 4 ярус (листья 21-32 порядка). При этом, в качестве сырья рекомендуется использовать листья с верхней части основного побега, начиная с 8 порядка. Наибольшая относительная концентрация амарантина отмечается в листьях четвертого яруса, но основной вклад (>75%) в суммарный выход амарантина вносят листья второго и третьего ярусов (рис. 5).

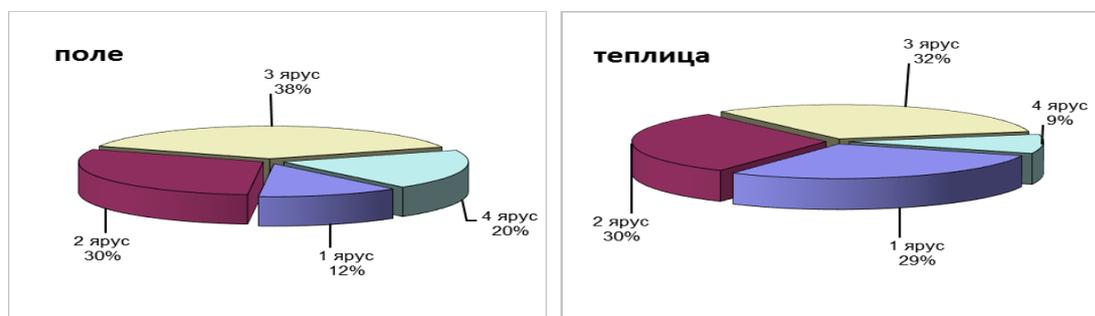


Рис. 5. Доля вклада (%) листьев разных ярусов в суммарное содержание амарантина в листовой массе сорта Валентина при выращивании в условиях открытого и защищенного грунта Московской области (2016-2018 годы)

В условиях защищенного грунта масса листьев разных фракций листьев и их вклад в суммарный выход амарантина, отличалась от открытого грунта. В контроле общий вклад всех листьев в суммарный выход амарантина с растения был выше (>70 %), чем на фоне минеральной подкормки, где доля вклада листьев была сопоставима с открытым грунтом. При внесении N30P30K30 существенно увеличилась доля вклада соцветия (>25 %), чем на фоне без удобрений (рис. 6).

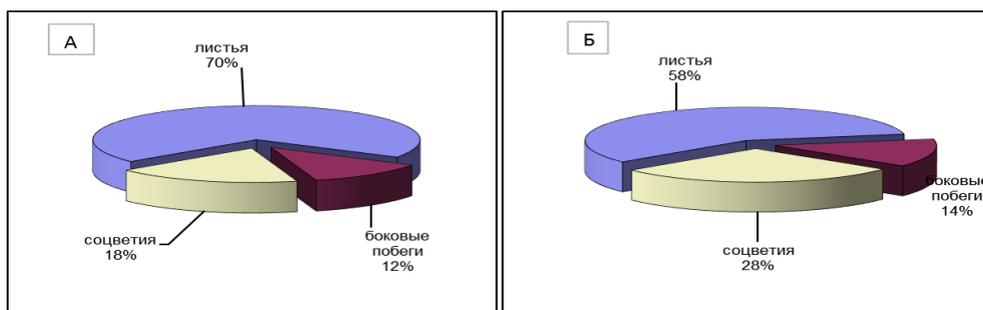


Рис. 6. Доля вклад а (%) различных частей амаранта в суммарный выход амарантина с одного растения сорта Валентина в условиях защищенного грунта Московской области: контроль без удобрений (А) и с внесением $N_{30}P_{30}K_{30}$ (Б) (2016-2018 годы)

То есть, при выращивании в теплице в качестве сырья можно использовать всю надземную вегетативную часть, боковые побеги и листья нижнего яруса. Урожайность сорта Валентина составила 11,80 т/га в контроле и в 20,50 т/га в опыте, тогда как урожайность в поле составила 4,38 т/га и в 8,28 т/га. При расчете содержания амарантина в сухом сырье отмечено, что вклад листьев первых трех ярусов был сопоставим (24-29%, 30-37% и 29-32%), доля вклада листьев четвертого яруса составила 9-13% в зависимости от сорта.

Внесение минеральной подкормки способствует более полной реализации продуктивного потенциала разных сортов амаранта, высокому накоплению амарантина и сдерживанию процессов старения листьев нижнего яруса. В качестве сырья не пригоден только стебель, в котором содержание амарантина, было низким и не превышало 1-3 мг даже на фоне $N_{30}P_{30}K_{30}$.

Экономическая эффективность. Расчеты экономической эффективности показали, что на сорте Валентина прибыль от применения минерального удобрения в виде подкормки по оптовой цене 1000 руб/кг в открытом грунте составила 40 тыс. руб./га. При этом себестоимость была в 1,2-1,5 раза ниже по сравнению с контролем (табл.4). В защищенном грунте сорта Валентина при высоких затратах (187 тыс. руб) рентабельным можно считать вариант с внесением $N_{30}P_{30}K_{30}$ (48%). Высокой прибылью от продажи также отличался вариант выращивания в теплице с внесением подкормок (91 тыс. руб./га).

У сортов Дон Педро и Факел урожайность товарного сырья в открытом грунте составила 72-101 кг/га с рентабельностью 10-42%. В защищенном грунте урожайность у сорта Дон Педро в контроле составила 200 кг/га, в опыте - 250 кг/га; у сорта Факел 156 кг/га и 205 кг/га, соответственно. Себестоимость в контроле была в 1,3 раза ниже. Эффективность выращивания сорта Факел в защищенном грунте была низкой во всех вариантах. У сорта Дон Педро вариант опыта можно считать рентабельным с эффективностью до 32-38% в поле и теплице.

Таблица 4 – Экономическая эффективность возделывания сортов амаранта для получения натурального пищевого сырья с применением минеральной подкормки в условиях открытого и защищенного грунта Московской области (2018 год).

Усло- вия вы- ращи- вания	варианты опыта	Показатели				
		площадь 1 га	Стоимость товарного сырья, тыс. руб./га (НДС 20%)	Себе- стоим ость, тыс. руб./кг	При- быль, руб./га	Рента- бель- ность, %
		общие За- траты, тыс. руб./га				
Сорт Валентина						
поле	контроль	66	80	658	14204	22
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	71	112	510	40629	58
теп- лица	контроль	182	240	608	57511	32
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	187	280	539	91369	48
Сорт Факел						
поле	контроль	66	76	693	10204	16
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	71	101	562	30229	42
теп- лица	контроль	182	156	936	-26489	-15
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	187	205	734	16969	10
Сорт Дон Педро						
поле	контроль	66	72	658	6204	10
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	71	98	510	26229	38
теп- лица	контроль	182	200	730	17511	12
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	187	250	605	60969	32

Таким образом, вариант с применением минеральной подкормки наиболее экономически эффективен при возделывании краснолистных сортов амаранта Валентина и Дон Педро на получение натурального красителя как в условиях открытого, так и защищенного грунта Московской области. Выращивание сорта Факел рентабельно только в условиях открытого грунта.

Заключение

1. Продолжительность межфазных периодов, динамика нарастания листьев и соцветий растений сортов амаранта в условиях открытого грунта Московской области определяются их скороспелостью и нормой реакции на изменение погодных условий. К группе среднеспелых относятся сорта Валентина, Факел и Памяти Коваса («посев-созревание семян» - в среднем 130 суток), к позднеспелым относятся сорта Дон Педро (140-150 суток) и Эку 17020 (более 160 суток). Наиболее стабильным признаком растений амаранта является масса соцветия, определяемая генотипом сорта ($DV_A > 80\%$), на остальные биометрические признаки значимое влияние оказывают погодные условия ($DV_B = 50-92\%$ в зависимости от фазы развития).
2. Наибольшие межсортовые отличия в группе изученных сортов отмечены по признаку «высота растения» ($Cvg > 20\%$), по числу и массе листьев коэффициент генетической изменчивости в зависимости от фазы развития составил 12-26%; по признакам длина корня и соцветия – $Cvg < 10\%$. По высоте растений выделяется сорт Эку 17020, по числу листьев - сорт Дон Педро, по массе ли-

стве – Валентина и Эку 17020, по длине соцветия – Памяти Коваса, по массе соцветия – сорт Факел.

3. Порядок ранжирования сортов по общей продуктивности вегетативной массы (листья+соцветия) сорта зависит от фазы развития – на стадии цветения большую массу растений имели сорта Памяти Коваса и Эку 17020 (>100 г/раст.), на стадии завязывания семян этот показатель был сравним у всех сортов (115-121 г/раст.), в фазу начала созревания семян по данному признаку выделяется сорт Валентина (более 140 г/раст.).
4. Динамика накопления амарантина в листьях и соцветиях у всех сортов имеет схожие закономерности и в меньшей степени зависит от погодных условий ($C_{ve}=6-17\%$ в зависимости от сорта). Относительная концентрация пигмента в красноокрашенных листьях достигает максимальных значений в период «цветение-начало завязывания семян», в соцветиях – на стадии созревания семян у всех изученных сортов. Наибольшим содержанием амарантина в листьях характеризуется сорт Валентина, в соцветиях – сорта Валентина и Эку 17020 (>2 мг/г).
5. Оптимальными фазами для получения высокого выхода амарантина с растения при возделывании красноокрашенных сортов в открытом грунте Московской области являются репродуктивные стадии развития: у сорта Валентина это период от начала бутонизации до формирования семян (в среднем $15-18$ г/м²); у сортов Дон Педро – фаза цветения ($15,5$ г/м²); у сорта Факел – фаза начала формирования семян, что обеспечивает в среднем выход $15-18$ г амарантина с метра квадратного.
6. Отмечены тесные взаимосвязи между относительной концентрацией амарантина и содержанием ССА и АК в листьях красноокрашенных сортов на репродуктивных стадиях развития ($r=0,75-0,96$ и $r=0,55-0,98$ соответственно), в соцветиях – на стадии созревания семян с АК у всех сортов ($r=0,72-0,92$) и ССА у сортов Валентина и Дон Педро ($r=0,75-0,98$). Содержание АК составляло в среднем от 120 мг% (Факел) до 144 мг% (Валентина) и максимум накопления ССА был отмечен от $2,0$ мг экв. ГК/г (Дон Педро) до $2,9$ мг экв. ГК/г (Валентина) в листьях всех изученных сортов в фазу цветения.
7. Нестабильность погодных условий в открытом грунте ведет к необходимости оптимизации условий выращивания растений амаранта. Использование защищенного грунта способствует увеличению относительной концентрации амарантина (на $16-32\%$ в листьях на $17-40\%$ соцветиях в зависимости от сорта) и продуктивности растений (на $40-80\%$). Выход амарантина в сухой биомассе листьев у сортов Валентина и Дон Педро повышается в три раза, у менее отзывчивого сорта Факел – в два раза.

8. Внесение минеральной подкормки в фазу 5-6 настоящих листьев приводит к увеличению выхода амарантина как в открытом (в 1,5-2,6 раза), так и в защищенном грунте (в 1,8-3,4 раза). Выход амарантина в защищенном грунте при внесении удобрений в зависимости от сорта повышался в 1,6-4,1 раза, при этом повышалось процентное содержание амарантина в сухом веществе с единицы площади, которое у сорта Валентина составило 1,3%, у сорта Дон Педро – 0,9%, а у сорта Факел – около 0,7%. Эффективность внесения $N_{30}P_{30}K_{30}$ значительно выше в условиях защищенного грунта, где, в отличие от открытого грунта, для заготовки высококачественного сырья можно использовать всю листовую массу, включая листья нижнего яруса и боковые побеги.
9. Минеральная подкормка $N_{30}P_{30}K_{30}$ повышает экономическую эффективность технологии возделывания краснолистных сортов амаранта в условиях открытого грунта в три раза, в защищенном грунте – более чем в два раза, где рентабельность выращивания сорта Валентина составила 48%, а у сорта Дон Педро – 32%. Для получения сырья краснолистного сорта Факел экономически более целесообразно выращивание растений в условиях открытого грунта.

Практические рекомендации

1. Для получения натурального растительного сырья из красноокрашенных сортов амаранта при возделывании в открытом грунте Московской области необходимо использовать краснолистные сорта Валентина, Дон Педро и Факел с максимальным выходом красителя и повышенным содержанием биологически активных веществ (ССА и АК).
2. Для получения стабильных урожаев вегетативной массы с высоким содержанием амарантина сортов Валентина и Дон Педро рекомендовано использование защищенного грунта.
3. Уборку листьев и соцветий сорта Дон Педро рекомендуется проводить на стадии цветения, сорта Факел – на стадии формирования семян, сорта Валентина в течении всего периода, от начала цветения до созревания семян.
4. При возделывании сортов амаранта в условиях Нечерноземной зоны РФ рекомендуется внесение комплекса минеральных удобрений $N_{30}P_{30}K_{30}$ в виде корневой подкормки при развитии 5-6 настоящих листьев.
5. Зеленолистные сорта Памяти Ковса и Эку 17020 с красными соцветиями можно использовать с целью получения листовой массы – как источника аскорбиновой кислоты и соцветий – как источника амарантина; уборку сырья этих сортов также можно проводить от цветения до завязывания семян.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**Публикации в ведущих научных рецензируемых журналах, определенных ВАК:**

1. Платонова, С.Ю. Фенологическая характеристика сортов амаранта, выращенных в России и Эквадоре / М.С. Гинс, К.Х. Торрес Миньо, Е.М. Гинс, С.Ю. Платонова, Е.В. Романова, Э.Х. Хакоме Могро, П.Ф. Кононков // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2015. – №1 (22). – С. 14-19.
2. Платонова, С.Ю. Перспективные источники получения натуральных пищевых красителей из растительного сырья / М.С. Гинс, Е.К. Платонова, С.Ю. Платонова // Вестник РУДН. Серия агрономия и животноводство. – 2016. – №1. – С. 34-41.
3. Платонова, С.Ю. Содержание и пигментный состав автотрофной и гетеротрофной ткани листьев амаранта вида *A. tricolor*. L. / М.С. Гинс, В.Ф. Пивоваров, В.К. Гинс, А.А. Байков, С.Ю. Платонова, Е.М. Гинс // Овощи России. – 2016. – №3 (32). – С. 79-83.
4. Платонова, С.Ю. Изучение морфометрических и биохимических показателей растений *Amarantus tricolor*. L. сорта Валентина / Платонова С.Ю., Пэлий А.Ф., Гинс Е.М., Соболев Р.В., Введенский В.В. // Вестник РУДН. Серия агрономия и животноводство. – 2018. – Т.13., №1. – С. 7-13.
5. Платонова, С.Ю. Изменчивость биохимических показателей амаранта при выращивании растений с целью получения натурального пищевого красителя с высоким содержанием биологически активных веществ. / М.С. Гинс, В.К. Гинс, А.А. Байков, М.М. Тареева, С.Ю. Платонова, М.К. Торрес, А.Ф. Пэлий // Овощи России. – 2018. – №5 (43). – С. 69-72.

Научные статьи, опубликованные в иных изданиях:

6. Платонова, С.Ю. Изменчивость биохимического состава листьев амаранта в процессе онтогенеза / К.Х. Торрес Миньо, С.Ю. Платонова, М.С. Гинс, Е.В. Романова // Инновационные процессы в АПК: сборник статей V Междунар. науч.-практ. конф. преподавателей, молодых ученых, аспирантов и студентов. – М., 2013. – С. 89-92.
7. Платонова, С.Ю. Сравнительная оценка суммарного содержания витамина С и сухого вещества в листьях амаранта и лука репчатого / К.Х. Торрес Миньо, С.Ю. Платонова, М.С. Гинс, Е.В. Романова // Инновационные процессы в АПК: сборник статей V Междунар. науч.-практ. конф. преподавателей, молодых ученых, аспирантов и студентов. – М., 2013. – С. 93-94.
8. Платонова, С.Ю. Окрашивание мясных продуктов с помощью пигмента амарантина / С.Ю. Платонова // II Международная науч.-практ. интернет конференция молодых учёных «Теоретическое и практическое развитие науки в современных социально-экономических условиях». – М., 2013. – С. 56-60.
9. Платонова, С.Ю. Разработка получения натурального пищевого красителя из растения амарант (*Amarantus tricolor*. L.) для окрашивания мясных продуктов / С.Ю. Платонова // Инновационные процессы в АПК: сборник статей V Междунар. науч.-практ. конф. преподавателей, молодых ученых, аспирантов и студентов. – М., 2013. – С. 228-231.

10. Платонова, С.Ю. Интродукция и селекция овощных культур для создания продуктов функционального назначения / М.С. Гинс, К. Торрес Миньо, С.Ю. Платонова // РосБиоТех, 7-й Международный Биотехнологический форум-выставка: сборник тезисов докладов. – М., 2013. – С. 22-23.
11. Платонова, С.Ю. Окрашивание сублимированных мясных продуктов при помощи натуральных красителей-антиоксидантов с целью создания новых функциональных продуктов питания / С.Ю. Платонова // Дню Науки-2014 посвящается: сборник научных статей студентов и аспирантов – победителей международных, всероссийских и университетских конкурсов. – М., 2014. – С. 50-53.
12. Платонова, С.Ю. Обзор технологии получения концентратов и биопродукции во Франции / С.Ю. Платонова // Инновационные процессы в АПК: сборник статей VI Междунар. науч.-практ. конф. преподавателей, молодых ученых, аспирантов и студентов. – М., 2014 г. – С. 89-92.
13. Платонова, С.Ю. L'extraction d'un colorant naturel alimentaire rouge a partir de l'Amarante Valentina (*Amaranthus. L.*) / S.Yu. Platonova // Современная парадигма научного знания: актуальность и перспективы: материалы II Междунар. науч.-практ. Конференции. – М., 2014. – С. 31-33.
14. Платонова, С.Ю. Использование натурального пищевого красителя из растения амарант (*Amaranthus. L.*) с высоким содержанием биологически активных веществ для окрашивания кисломолочной продукции / М.С. Гинс, С.Ю. Платонова // Перспективные ферментные препараты и биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов: сборник научных трудов VIII Междунар. науч.-практ. симпозиума. – М., 2016 – С. 291-295.
15. Платонова, С.Ю. Activites anti-radicalaires d'extraits de fruits du figuier de barbarie (*Opuntia ficus-indica. L.*) cultivée dans les conditions d'une région du Maroc et de la péninsule de Crimée de la Rédération de la Russie / S.Yu. Platonova // Современная парадигма научного знания: актуальность и перспективы: материалы III Междунар. науч.-практ. конференции. – М., 2016. – С. 11-14.
16. Platonova, S.Yu. Biologically active substances of plants from Latin America / M.S. Gins, E.V. Romanova, C. Torres, , M. Cholokinga // Innovative in Agriculture: Conference Papers of the VIII International scientific and practical conference. – М., 2016 – P. 37-40.
17. Платонова, С.Ю. Food plant extracts from red forms of amaranth (*Amaranthus. L.*) and opuntia fig (*Opuntia ficus indica. L.*) with high levels of antioxidants and biologically active substances / M.S. Gins, S.Yu. Platonova, M.I. Yablonskaya // Innovative in Agriculture: Conference Papers of the VIII International scientific and practical conference. – М., 2016 – P. 43-46.
18. Платонова, С.Ю. Изучение стабильности экстрактов с высоким содержанием биологически активных веществ из листьев и соцветий растения амарант (*Amaranthus. L.*) в процессе хранения / М.С. Гинс, С.Ю. Платонова // Приоритетные направления развития современной науки молодых ученых аграриев: материалы V междунар. науч.-практ. конф. молодых учёных, посвященные 25-летию ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия». – Соленое Займище, 2016. –

C. 717-720.

Аннотация

Особенности роста и формирования продуктивности красноокрашенных сортов амаранта для получения натурального пищевого сырья с повышенным содержанием амарантина

Диссертация посвящена исследованию красноокрашенных сортов амаранта, перспективных для получения натурального пищевого сырья с повышенным содержанием амарантина. Изучены корреляционные связи и вариабельность хозяйственно ценных признаков растений сортов амаранта с красноокрашенными листьями и соцветиями. Показаны различия нормы реакции сортов на изменение погодных условий при выращивании в условиях открытого грунта Московской области. Изучена динамика развития, изменчивость количественных признаков и особенности накопления амарантина в растениях краснолистных сортообразцов амаранта при выращивании в условиях открытого и защищенного грунта Московской области. Доказана высокая отзывчивость сортов амаранта на внесение минеральной подкормки ($N_{30}P_{30}K_{30}$), оказывающее стабилизирующее действие на старение листьев, положительное влияние на накопление амарантина в растениях, повышение продуктивности и качества продукции не зависимо от условий выращивания.

Traits of growth and productivity formation of amaranth red varieties to produce natural food raw materials with a high content of amarantin.

This work was conducted to study the amaranth red varieties, which are promising for obtaining natural food raw materials with a high content of amarantin. The correlations and variability of valuable traits as well as early maturity, leaf weight, number of leaves, weight and length of inflorescence of amaranth red varieties were investigated. There are a differences in the responding rate of varieties to climatic changes when it cultivated in open field of Moscow Region. The dynamics of growth, variability of quantitative traits and features of amarantin accumulation in red-leaved amaranth plants when it cultivated in open and protected field of the Moscow Region were also investigated. Our results confirmed that, amaranth varieties significantly responded to application of mineral fertilization ($N_{30}P_{30}K_{30}$). The application of mineral fertilizers has a fixed effect on leaf senescence, a marked effect on amarantin accumulation in plants and improved the productivity and production quality regardless of growing conditions.