

УДК 635.53:581.19
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-3-91-95>

Иванова М.И.^{1,2}, Алексеева К.Л.¹,
 Зеленков В.Н.^{1,2}, Корнев А.В.¹,
 Кашлева А.И.¹

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт
 овощеводства – филиал ФГБНУ
 «Федеральный научный центр овощеводства»
 140153, Россия, Московская обл.,
 Раменский район, д. Верея, стр. 500
 E-mail: ivanova_170@mail.ru, vnioh@ya.ru

² ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский
 институт лекарственных и ароматических растений»
 117216, Россия, г. Москва, ул. Грина, д. 7
 E-mail: vilamii@mail.ru

Ключевые слова: сельдерей корневой,
Apium graveolens var. *rapaceum* (Mill.) Gaud.,
 септориоз, *Septoria apiicola* Speg.,
 хлорофиллы а и b, β-каротин, антоциан.

Конфликт интересов: Авторы заявляют
 об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Иванова М.И., Алексеева К.Л.,
 Зеленков В.Н., Корнев А.В., Кашлева А.И. БИОХИ-
 МИЧЕСКИЙ СОСТАВ *Apium graveolens* var. *rapaceum*
 (Mill.) Gaud. Овощи России. 2019;(3):91-95.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-3-91-95>

Поступила в редакцию: 28.03.2019
Опубликована: 25.06.2019

Ivanova M.I.^{1,2}, Alekseeva K.L.¹,
 Zelenkov V.N.^{1,2}, Kornev A.V.¹, Kashleva A.I.¹

¹ All-Russian Scientific Research Institute
 of Vegetable Growing – Branch of the FSBSI
 Federal Scientific Vegetable Center
 Vereya, Ramenskoye district,
 Moscow region, Russia, 140153
 E-mail: ivanova_170@mail.ru, vnioh@ya.ru

² FSBSI All-Russian Scientific Research Institute
 of Medicinal and Aromatic Plants
 117216, Russia, Moscow, st. Grin, 7

Keywords: *Apium graveolens* var. *rapaceum* (Mill.)
 Gaud., *Septoria apiicola* Speg., chlorophylls a and b, β-
 carotene, anthocyanin.

Conflict of interest: The authors declare
 no conflict of interest.

For citation: Ivanova M.I., Alekseeva K.L., Zelenkov
 V.N., Kornev A.V., Kashleva A.I. BIOCHEMICAL
 COMPOSITION OF *Apium graveolens* var. *rapaceum*
 (Mill.) Gaud. Vegetable crops of Russia. 2019;(3):91-
 95 (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-3-91-95>

Received: 28.03.2019
Accepted: 25.06.2019

БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ *APIUM GRAVEOLENS* VAR. *RAPACEUM* (MILL.) GAUD



Сельдерей корневой (*Apium graveolens* L., *Apiaceae*), происходящий из Средиземноморского бассейна, является двухлетним видом, выращиваемым во всем мире. В статье представлены показатели содержания хлорофиллов а и b, β-каротина и антоциана у различных сортов сельдерея корневого, дана оценка их устойчивости к септориозу и урожайности корнеплодов. Исследования выполнены на базе Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиала ФГБНУ ФНЦО (Московская обл., Раменский район) в 2014-2016 гг. Суммарное содержание антоцианов в листьях у сортов с антоциановой окраской черешка листа составило в среднем 1,32 мг/100 г, у сортов с зеленым черешком – 0,90 мг/100 г, β-каротина – 1,82 и 1,67 мг/100 г, хлорофилла а – 86,5 и 81,4 мг/100 г, хлорофилла b – 43,1 и 44,9 мг/100 г сырой массы соответственно. Линейный корреляционный анализ позволил установить достоверную (на 5% уровне значимости) положительную связь между урожайностью корнеплодов и суммарным содержанием антоцианов в листьях сельдерея ($r=0,53$), суммарным содержанием антоцианов и хлорофилла а в листьях ($r=0,55$), отрицательную связь между степенью развития септориоза и массой корнеплода ($r=-0,62$), а также урожайностью корнеплодов ($r=-0,71$), между содержанием хлорофилла а в листьях и степенью развития септориоза ($r=-0,54$). Выявленная изменчивость в хлорофилле, β-каротине, суммарном содержании антоцианов отражает генетическую гетерогенность среди изученных сортов сельдерея и ответные реакции растений на среду. Для селекции на устойчивость к септориозу и урожайность корнеплодов выделены сорта сельдерея корневого Корневой грибовский, Максим, Купидон.

BIOCHEMICAL COMPOSITION OF *APIUM GRAVEOLENS* VAR. *RAPACEUM* (MILL.) GAUD

Celeriac (*Apium graveolens* L., *Apiaceae*), originating from the Mediterranean basin, is a two-year-old species grown worldwide. The article presents the content of chlorophylls a and b, β-carotene and anthocyanin in various celery root varieties, and an assessment of their resistance to septoria and the yield of root crops. The studies were carried out on the basis of the All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing, a branch of the Federal Scientific Vegetable Center (Moscow Region, Ramensky District) in 2014-2016. The total content of anthocyanins in the leaves in varieties with anthocyanin coloring on the leaf stem is on average 1.32 mg / 100 g, in the varieties with a green stem, 0.90 mg / 100 g, β-carotene – 1.82 and 1.67 mg / 100 g, chlorophyll a – 86.5 and 81.4 mg / 100 g, chlorophyll b – 43.1 and 44.9 mg / 100 g wet weight, respectively. Linear correlation analysis allowed to establish a reliable (at 5% significance level) positive relationship between the yield of root crops and the total content of anthocyanins in celery leaves ($r = 0.53$), the total content of anthocyanins and chlorophyll a in leaves ($r = 0.55$), a negative relationship between the degree of development septoria and root mass ($r = -0.62$), as well as the yield of root crops ($r = -0.71$), between the chlorophyll a content in the leaves and the degree of septoria development ($r = -0.54$). The revealed variability in chlorophyll, β-carotene, the total content of anthocyanins reflects genetic heterogeneity among the studied celery varieties and plant responses to the environment. For breeding for resistance to septoria and crop yields of root crops, varieties of celeriac Kornevoy Gribovskiy, Maxim, Cupidon were selected.



Рис. 1. Сельдерей сорт Корневой Грибовский.



Рис. 2. Сельдерей сорт Купидон



Рис.3 - Септориоз на листьях сельдерея.

Введение

Сельдерей корневой (*Apium graveolens* var. *rapaceum* (Mill.) Gaud.) является ценной овощной культурой с целебными свойствами и широко возделывается в зоне умеренного климата во многих странах мира, в том числе в России. Богат различными питательными веществами, такими как витамины, минералы и белки, и обладает многими фармакологическими свойствами, что способствует росту его популярности среди потребителей. При этом рентабельность производства культуры во многом определяется внедрением в практику высокоурожайных сортов, способных с наибольшей эффективностью использовать благоприятные факторы среды и в максимальной степени противостоять абиотическим и биотическим стрессам [1].

Доказана важная роль концентрации фотосинтетических пигментов в формировании урожая и накоплении биоэнергии растений в агроэкосистемах [2]. Эти пигменты являются главными фоторецепторами фотосинтезирующей клетки. Хлорофиллы локализованы в трех типах мембранных комплексов: фотосистемах I (ФI) и II (ФII) и светособирающем комплексе (ССК). Хлорофилл *a* участвует в формировании реакционных центров обеих фотосистем, хлорофилл *b* в основном входит в состав ССК, сопряженного с ФII. Каротиноиды являются дополнительными пигментами, которые обеспечивают расширение спектра поглощения света. Содержание хлорофиллов и каротиноидов в значительной степени определяет взаимосвязь растения с окружающей средой, является одним из показателей физиологического состояния растений, их фотосинтетической активности и реакции на неблагоприятные изменения факторов внешней среды [3].

Существенный вклад в повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды, включая поражение фитопатогенами, вносят антоцианы – окрашенные растительные гликозиды, относящиеся к флавоноидам. Антоцианы поглощают избыточные кванты света, и, таким образом, снижают окислительную нагрузку на растение, выступая в качестве фильтра света желто-зеленой области спектра, так как большая часть свободных радикалов образуется в результате возбуждения хлорофилла [4]. У многих видов растений антоцианы снижают частоту фотоингибирования и ускоряют восстановление фотосинтетического аппарата [5, 6], повышают устойчивость растений к холоду и морозу [7], к загрязнению тяжелыми металлами [8], к засухе [9], фитопатогенам [10]. Способность накапливать в тканях фотосинтетические и антоциановые пигменты является важной характеристикой сорта, определяющей его болезнеустойчивость и продуктивность, а получение сортов сельдерея с повышенным содержанием пигментов – важное направление селекционной работы с этой культурой.

Цель исследований заключалась в определении содержания хлорофиллов *a* и *b*, β -каротина и суммарного содержания антоцианов у различных сортов сель-

дерей корневой, оценке их устойчивости к септориозу и урожайности корнеплодов.

Материалы и методы

Исследования проводили на базе Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиала ФГБНУ ФНЦО (Московская обл., Раменский район) в 2014-2016 годах с использованием стандартных методик полевого опыта, принятых в овощеводстве [11]. Почвенно-климатическая зона района исследований – Центральный район подзолистых и дерново-подзолистых почв таежно-лесной области. Опытный участок расположен на среднесуглинистой аллювиальной луговой почве Москворецкой поймы. Содержание гумуса в пахотном слое составляет 3,1-3,3%, реакция среды нейтральная (рН солевой вытяжки – 6,8), содержание поглощенных оснований высокое (47-50 мг-экв./100г почвы). Гидролитическая кислотность – 0,72-0,91 мг-экв./100 г почвы. Степень обеспеченности питательными веществами: фосфором – хорошая (P_2O_5 – 21,2-23,2 мг/100 г почвы); калием – низкая (K_2O – 12,4-16,3 мг/100 г почвы).

В качестве объектов исследований использовали 14 сортов сельдерея корневой отечественной и иностранной селекции. Их выращивали на опытном поле по общепринятой технологии через рассаду. Посев семян в растительный грунт проводили 1 марта, пикировку сеянцев – 30 марта, высадку рассады в открытый грунт – в первой декаде мая, уборку корнеплодов – в первой декаде октября. Уход за растениями сельдерея заключался в своевременном поливе, прополке. Содержание пигментов в листьях сельдерея определяли спектрофотометрическим методом в модификации J. Oliver (2000) [12]. Для расчета концентрации пигментов использовали формулы Wintermans, De Mots [13]. Экстракцию пигментов (хлорофиллов и каротина) проводили в 96% этаноле. Определение суммарного содержания антоцианов в листьях сельдерея проводили методом рН-дифференциальной спектрофотометрии [14]. Экстракцию антоциановых пигментов проводили раствором соляной кислоты и этанола в соотношении 15:85 (в расчете на 100 мл приготовленного раствора) [15]. Суммарное содержание антоцианов рассчитывали в пересчете на цианидин-3-глюкозид [14]. Степень развития септориоза оценивали на естественном инфекционном фоне по фитопатологической методике [16]. Учеты урожайности корнеплодов проводили весовым методом поделочно.

Статистический анализ выполнен с помощью программного приложения Excel. Определяли средние ($\bar{X}$) значения показателей, среднюю квад-

ратическую погрешность среднего арифметического ($S_{\text{ср}}$)

Результаты и их обсуждение

Метеорологические условия в годы проведения исследований характеризовались высокой среднесуточной температурой, превышающей среднегодовые значения на 1,5-8,6°C, и неравномерно выпавшими осадками. Засушливая погода чередовалась с обильными дождями, что создавало стрессовые условия для растений. Большое количество осадков и значительные различия между дневной и ночной температурой воздуха вызвали появление тумана и устойчивой росы, что способствовало распространению септориоза.

Изученные сорта сельдерея корневого различались по суммарному содержанию антоцианов в листьях и были сгруппированы по этому признаку (табл. 1). Этот показатель у сортов с антоциановой окраской черешка листа составлял в среднем 1,32 мг/100 г сырой массы, у сортов с зеленым черешком – 0,90 мг/100 г сырой массы.

Содержание β -каротина в листьях у сортов с антоциановой окраской черешка листа также превышало значение этого показателя у сортов с зеленым черешком и составило соответственно 1,82 и 1,67 мг/100 г сырой массы.

Содержание хлорофилла *a* в листьях сельдерея у сортов с антоциановой окраской черешка составляло в среднем 86,5 мг/100 г сырой массы, что пре-

вышало значение этого показателя у сортов с зеленой окраской черешка – 81,4 мг/100 г сырой массы. Содержание хлорофилла *b* у изученных сортов с зеленой окраской черешка в среднем составляло 44,9 мг/100 г сырой массы и незначительно отличалось от значения этого показателя у сортов с антоциановой окраской черешка (43,1 мг/100 г сырой массы).

Наши данные согласуются с данными, полученными Helaly et al. (2015), которые зафиксировали в листьях сельдерея суммарное содержание антоцианов 0,76 мг/100 г, β -каротина – 1,66 мг/100 г, хлорофилла – 126 мг/100 г сырой массы [17].

Важным показателем сформированности фотосинтетического аппарата является отношение содержания хлорофилла *a* к хлорофиллу *b*. Это отношение связано с активностью хлорофилла *a* и характеризует интенсивность фотосинтеза. В норме этот показатель у здоровых и хорошо развитых растений составляет 2,2-3,0, но под влиянием неблагоприятных условий среды и патогенов его значение снижается, что характерно для сортов с зеленой окраской черешка.

Выявленная изменчивость в хлорофилле, β -каротине, суммарном содержании антоцианов отражает генетическую гетерогенность среди изученных сортов сельдерея и ответные реакции растений на среду. Такая неоднородность распространена среди различных образцов растений [17]. Неоднородность

позволяет видам растений адаптироваться к различным условиям окружающей среды, но у культурных растений может привести к фенотипам с пониженной энергией и непредсказуемым урожаям. Разнообразие и гетерогенность расширяет генетическую базу и позволяет селекционерам разрабатывать селекционные программы по улучшению сортов сельдерея корневого и производству экологически устойчивых генотипов с высокой урожайностью. Более высокий уровень антоцианов может защитить растения от абиотических стрессов [18].

Одним из наиболее распространенных патогенов сельдерея является грибок *Septoria apiicola* Speg., вызывающий болезнь, известную под названиями септориоз, белая пятнистость, поздний ожог листьев [19, 20]. Под воздействием возбудителя у пораженных растений разрушается фотосинтетический аппарат и снижается площадь ассимиляционной поверхности, что приводит к снижению массы корнеплодов, вызывает ухудшение их качества и биохимического состава, сокращает сроки хранения [21, 22].

В условиях Московской области пораженность сельдерея корневого в зависимости от сорта и погодных условий года составляет до 37,5%. Как показали исследования, проведенные на высоком естественном инфекционном фоне, соотношение содержания хлорофилла *a* и хлорофилла *b*, в листьях различных сортов сельдерея корневого варьировало от 1,77 (сорт

Таблица 1. Содержание пигментов в листьях сельдерея корневого, мг/100 г сырой массы (2014-2016 годы)
Table 1. The content of pigments in the leaves of celery root, mg / 100 g wet weight (2014-2016)

Сорт	Суммарное содержание антоцианов	β -каротин	Хлорофилл <i>a</i>	Хлорофилл <i>b</i>	Соотношение хлорофилл <i>a</i> / хлорофилл <i>b</i>
сорта с зеленой окраской черешка					
Яблочный	0,99	1,85	82,8	46,5	1,78
Корневой грибовский	1,00	2,03	84,0	45,1	1,86
Диамант	0,86	1,64	76,7	43,2	1,77
Монарх	0,80	1,62	83,0	46,1	1,80
Юпитер	0,82	1,66	82,2	44,3	1,86
Албин	0,93	1,53	80,3	44,1	1,82
Добряк	0,93	1,39	81,2	45,6	1,78
$X_{\text{ср}}$	0,90	1,67	81,4	44,9	1,81
$S_{\text{ср}}$	0,07	0,19	2,24	1,09	0,04
сорта с антоциановой окраской черешка					
Искандер	1,64	2,05	87,4	42,8	2,04
Купидон	1,50	1,71	85,6	42,4	2,02
Кладезь здоровья	1,28	2,09	85,5	42,2	2,03
Пражский гигант	1,10	1,96	89,0	45,3	1,96
Силич	1,29	1,52	85,0	41,5	2,05
Есаул	1,12	1,64	84,5	43,1	1,96
Максим	1,33	1,66	88,5	44,4	1,99
$X_{\text{ср}}$	1,32	1,82	86,5	43,1	2,01
$S_{\text{ср}}$	0,18	0,21	1,65	1,22	0,03

Таблица 2. Структура урожайности и степень развития септориоза сельдерея корневого, 2014-2016 годы
Table 2. Yield structure and degree of development of *Septoria apiicola* Speg., 2014-2016

Сорт	Степень развития септориоза, %	Масса розетки листьев, г	Масса корнеплода, г	Урожайность корнеплодов, т/га
Сорта с зеленой окраской черешка				
Яблочный	15,5	238,3	221,4	13,3
Корневой Грибовский	11,4	294,7	264,2	15,8
Диамант	21,1	253,5	243,2	14,6
Монарх	18,4	204,4	195,1	11,7
Юпитер	14,2	238,2	245,5	14,7
Албин	19,4	198,8	209,6	12,5
Добряк	13,8	263,3	249,2	15,0
X _{ср}	16,2	241,6	232,6	13,9
S _{Xср}	3,22	30,87	22,72	1,37
Сорта с антоциановой окраской черешка				
Искандер	9,5	363,4	325,4	19,5
Купидон	8,6	298,0	364,8	21,9
Кладезь здоровья	13,7	358,3	287,2	17,2
Пражский гигант	12,5	346,5	313,5	18,8
Силач	14,1	305,8	298,2	17,9
Есаул	10,8	262,1	290,6	18,8
Максим	10,5	293,2	358,3	21,5
X _{ср}	11,4	318,2	319,7	18,8
S _{Xср}	1,94	35,42	29,18	1,64
НСР ₀₅	1,4	52,5	78,6	4,3

Диамант) до 2,05 (сорт Силач). При этом у сортов с антоциановой окраской черешка среднее значение этого показателя было выше, чем у сортов с зеленой окраской черешка и составило соответственно 2,01 и 1,81. Очевидно, это связано с тем, что сорта с антоциановой окраской черешка были более устойчивыми и меньше поражались септориозом, чем сорта с зеленой окраской черешка листа. Результаты фитопатологических учетов показали, что наибольшую устойчивость к септориозу имели сорта Купидон и Искандер. Степень развития болезни к уборке у этих сортов составляла 8,6 и 9,5% соответственно. К слабовосприимчивым отнесены сорта Корневой грибовский, Яблочный, Юпитер, Добряк, Есаул, Силач, Максим, Пражский гигант. Развитие септориоза на этих сортах составляло 10-16%. В наибольшей степени (более 16%) болезнью поражались сорта Албин, Диамант, Монарх. В среднем сорта с антоциановой окраской черешка сорта в меньшей степени поражались септориозом, чем сорта с зеленой окраской черешка (табл. 2). У сортов с антоциановой окраской черешка листа степень развития болезни в среднем на 4,8% ниже, чем с зеленой окраской.

Таблица 3. Содержание β-каротина в корнеплодах сельдерея корневого, мг/100 г сырой массы (2014-2016 годы)

Table 3. The β-carotene content in the roots of celery root, mg / 100 g wet weight (2014-2016)

Сорт	β-каротин
сорта с зеленой окраской черешка	
Яблочный	2,2
Корневой грибовский	2,4
Диамант	2,8
Монарх	2,5
Юпитер	2,5
Албин	2,2
Добряк	2,3
X _{ср}	2,4
S _{Xср}	0,20
сорта с антоциановой окраской черешка	
Искандер	2,3
Купидон	2,3
Кладезь здоровья	2,4
Пражский гигант	2,7
Силач	2,3
Есаул	2,0
Максим	2,8
X _{ср}	2,4
S _{Xср}	0,25

В результате активного развития фотосинтетического аппарата растения формировали более крупную розетку листьев и корнеплоды. В среднем, сорта с антоциановой окраской черешка листа формировали урожайность товарных корнеплодов на 4,8 т/га больше, чем сорта с зеленой окраской.

Максимальная урожайность товарных корнеплодов получена у сортов с антоциановой окраской черешка: Купидон (21,9 т/га), Максим (21,5 т/га), Искандер (19,5 т/га).

Проведенные анализы показали, что в корнеплодах сельдерея присутствуют только следы антоциана. Содержание β -каротина в корнеплодах в среднем составило 2,4 мг/100 г сырой массы: в 0,7 раза

меньше, чем в листьях (табл. 3). Различия между сортами по содержанию β -каротина в корнеплодах сельдерея были незначительными.

Определение корреляционной зависимости позволило выявить стабильные и косвенные связи между признаками. Такая информация представляет интерес при селекции на пластичность и дает возможность ведения отбора по косвенным признакам.

Линейный корреляционный анализ позволил установить достоверную (на 5% уровне значимости) положительную связь между урожайностью корнеплодов и содержанием антоциана в листьях сельдерея ($r=0,53$), содержанием антоциана и хлорофилла *a* в листьях ($r=0,55$); отрица-

тельную связь между степенью развития септориоза и массой корнеплода ($r=-0,62$), а также урожайностью корнеплодов ($r=-0,71$), между содержанием хлорофилла *a* в листьях и степенью развития септориоза ($r=-0,54$).

Заключение

Полученные данные свидетельствуют о том, что признак антоциановой окраски черешка средне коррелирует с устойчивостью сорта к септориозу и имеет большое значение при создании коллекции источников устойчивости сельдерея корневого к септориозу. Для селекции на устойчивость к септориозу и урожайность корнеплодов выделены сорта Корневой грибовский, Максим, Купидон.

Об авторах:

Иванова М.И. – доктор с.-х. наук, проф. РАН, главный научный сотрудник отдела селекции и семеноводства <https://orcid.org/0000-0001-7326-2157>

Алексеева К.Л. – доктор с.-х. наук, проф., главный научный сотрудник отдела защищенного грунта

Зеленков В.Н. – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела биотехнологии и инновационных проектов

Корнев А.В. – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела селекции и семеноводства

Кашлева А.И. – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела селекции и семеноводства

About the authors:

Ivanova M.I. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher of the Department of Breeding and Seed

Alekseeva K.L. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher

Zelenkov V.N. – Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher

Kornev A.V. – Candidate of Agricultural Sciences, Researcher of the Department of Breeding and Seed

Kashleva A.I. – Candidate of Agricultural Sciences, Researcher of the Department of Breeding and Seed

• Литература

1. Иванова М.И. Сельдерей и петрушка (селекция и первичное семеноводство: теория, методология, практика). Saarbrücken, Germany, 2012. 358 с.
2. Тарчевский И.А., Андрианова Ю.Е. Содержание пигментов как показатель мощности развития фотосинтетического аппарата у пшеницы. Физиология растений. 1980. Т. 27. Вып. 2. С.341-347.
3. Тужилина В.В. Реакция пигментной системы хвойных на длительное аэротехногенное загрязнение. Экология. 2009. №4. С.243-248.
4. Harvaux M., Kloppstech K. The protective functions of carotenoid and flavonoid pigments against excess visible radiation at chilling temperature investigated in *Arabidopsis npq* and *tt* mutants. Planta. 2001. Vol. 213. N6. P.953-966.
5. Field T.S., Lee D.W., Holbrook M.N. Why leaves turn red in autumn. The role of anthocyanin in senescing leaves of red-osier dogwood. Plant Physiol. 2001. V. 127. P.566-574.
6. Jaakola L., Määtä-Riihinen K., Kärenlampi S., Hohtola A. Activation of flavonoid biosynthesis by solar radiation in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) leaves. Planta. 2004. V.218. P.721-728.
7. Solecka D., Kacperska A. Phenylpropanoid deficiency affects the course of plant acclimation to cold. Plant Physiology. 2003. Vol. 119. N2. P.253-262.
8. Hale K.L., McGrath S.P., Lombi E., Stack S.M., Terry N., Pickering I.J., George G.N., Pilon-Smits A.H. Molybdenum sequestration in brassica species. A role for anthocyanins? Plant Physiology. 2001. Vol.126. P.1391-1402.
9. Farrant J.M., Vander Willigen C., Löffel D.A., Bartsch S., Whittaker A. An investigation into the role of light during desiccation of three angiosperm resurrection plants. Plant, Cell and Environment. 2003. 26. P.1275-1286.
10. Page J.E., Towers G.H.N. Anthocyanins Protect Light-Sensitive Thiarylurine Phototoxins. Planta. 2002. V.215. P.478-484.
11. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: Россельхозакадемия, ГНУ ВНИО, 2011. 648 с.
12. Oliver, J. Chromatographic determination of carotenoids in foods / J. Oliver, A. Palou. Journal of Chromatography A. 2000. Vol. 881. P.543-555.
13. Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. Большой практикум по фотосинтезу. М.: Академия, 2003. 254 с.
14. ГОСТ Р 53773-2010. Продукция соковая. Методы определения антоцианов. Введ. 2011-01-01. М.: Стандартинформ, 2010. 16 с.
15. Ranganna S. Handbook of Analysis and Quality Control for Fruits and Vegetable Products. New Delhi: Tata McGraw Hill Publishing, 1986. 1112 p.
16. Чумаков А.Е. Основные методы фитопатологических исследований. М.: Колос, 1974. 192 с.
17. Helaly, Alaa Al-Din, Jun Pill Baek, Emad Mady, M.H.Z. Eldekashy, Lyle Craker. Phytochemical Analysis of Some Celery Accessions. Journal of Medicinally Active Plants. 2015. 4 (Vol 4 Issues 1-2):1-7. DOI: <https://doi.org/10.7275/R5542KJF>
18. Lev-Yadun, S. and K.S. Gould. 2009. Role of anthocyanins in plant defense. In: K. Gould, K. Davies, and C. Winefield, eds. Anthocyanins Biosynthesis, Functions, and Applications, Springer, NY. pp. 21-48.
19. Алексеева К.Л., Иванова М.И. Септориоз сельдерея корневого. Защита и карантин растений. 2014. №6. С.46-47.
20. Иванова М.И., Алексеева К.Л., Сармосова А.Н. Оценка сортов сельдерея листового на устойчивость к септориозу. Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2014. № 1 (29). С.7-9.
21. Иванова М.И., Алексеева С.Л. Устойчивость сельдерея к септориозу. Картофель и овощи. 2013. № 5. С.20.
22. Trueman C.L., McDonald M.R., Gossen B.D., McKeown A.W. Evaluation of disease forecasting programs for management of *Septoria* late blight (*Septoria apiicola*) on celery // Canadian J. of Plant Pathology, 2007, v. 29 (4), p.330-339.

• References

1. Ivanova M.I. Celery and parsley (selection and primary seed production: theory, methodology, practice). Saarbrücken, Germany, 2012. 358 p.
2. Tarchevsky I.A., Andrianova Yu.E. The content of pigments as an indicator of the power of development of the photosynthetic apparatus in wheat. Plant physiology. 1980. T. 27. Vol. 2. P.341-347.
3. Tuzhilina V.V. The reaction of the pigment system of conifers to long-term aerotechnogenic pollution. Ecology. 2009. №4. Pp. 243-248.
4. Harvaux M., Kloppstech K. The protective functions of carotenoid and flavonoid pigments against excess visible radiation at chilling temperature investigated in *Arabidopsis npq* and *tt* mutants. Planta. 2001. Vol. 213. N 6. P.953-966.
5. Field T.S., Lee D.W., Holbrook M.N. Why leaves turn red in autumn. The role of anthocyanin in senescing leaves of red-osier dogwood. Plant Physiol. 2001. V. 127. P.566-574.
6. Jaakola L., Määtä-Riihinen K., Kärenlampi S., Hohtola A. Activation of flavonoid biosynthesis by solar radiation in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) leaves. Planta. 2004. V. 218. P.721-728.
7. Solecka D., Kacperska A. Phenylpropanoid deficiency affects the course of plant acclimation to cold. Plant Physiology. 2003. Vol. 119. N2. P.253-262.
8. Hale K.L., McGrath S.P., Lombi E., Stack S.M., Terry N., Pickering I.J., George G.N., Pilon-Smits A.H. Molybdenum sequestration in brassica species. A role for anthocyanins? Plant Physiology. 2001. Vol.126. P.1391-1402.
9. Farrant J.M., Vander Willigen C., Löffel D.A., Bartsch S., Whittaker A. An investigation into the role of light during desiccation of three angiosperm resurrection plants. Plant, Cell and Environment. 2003. 26. P.1275-1286.
10. Page J.E., Towers G.H.N. Anthocyanins Protect Light-Sensitive Thiarylurine Phototoxins. Planta. 2002. V. 215. P.478-484.
11. Litvinov S.S. Methods of field experience in vegetable production. M.: Russian Agricultural Academy, GNU VNIIO, 2011. 648 p.
12. Oliver, J. Chromatographic determination of carotenoids in foods / J. Oliver, A. Palou. Journal of Chromatography A. 2000. Vol. 881. P.543-555.
13. Gavrilenko V.F., Zhigalova T.V. Great workshop on photosynthesis. M.: Academy, 2003. 254 p.
14. GOST R 53773-2010. Juice products. Methods for the determination of anthocyanins. Enter 2011-01-01. M.: Standardinform, 2010. 16 p.
15. Ranganna S. Handbook of Analysis and Quality Control for Fruits and Vegetable Products. New Delhi: Tata McGraw Hill Publishing, 1986. 1112 p.
16. Chumakov A.E. The main methods of phytopathological research. M.: Kolos, 1974. 192 p.
17. Helaly, Alaa Al-Din, Jun Pill Baek, Emad Mady, M.H.Z. Eldekashy, Lyle Craker. Phytochemical Analysis of Some Celery Accessions. Journal of Medicinally Active Plants. 2015. 4 (Vol 4 Issues 1-2):1-7. DOI: <https://doi.org/10.7275/R5542KJF>
18. Lev-Yadun, S. and K.S. Gould. 2009. Role of anthocyanins in plant defense. In: K. Gould, K. Davies, and C. Winefield, eds. Anthocyanins Biosynthesis, Functions, and Applications, Springer, NY. pp. 21-48.
19. Alekseeva K.L., Ivanova M.I. Ceptorios celery root. Protection and quarantine of plants. 2014. No. 6. P.46-47.
20. Ivanova M.I., Alekseeva K.L., Sarmosova A.N. Evaluation of celery leaf varieties for resistance to septoria. Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2014. № 1 (29). Pp.7-9.
21. Ivanova M.I., Alekseeva K.L. Celery resistance to septoria. Potatoes and vegetables. 2013. No. 5. P.20.
22. Trueman C.L., McDonald M.R., Gossen B.D., McKeown A.W. Evaluation of disease forecasting programs for management of *Septoria* late blight (*Septoria apiicola*) on celery // Canadian J. of Plant Pathology, 2007, v. 29 (4), p. 330-339.