DOI 10.33952/2542-0720-2019-3-19-106-121
УДК 635.26:631.531.04

Немтинов В. И.[1], Голубкина Н. А.[2], Кошеваров А. А.[2], Костанчук Ю. Н.[1], Тимашева Л. А.[1], Пехова О. А.[1]

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СЛАДКИХ И ПОЛУОСТРЫХ СОРТООБРАЗЦОВ *ALLIUM CEPA* L. ЮЖНОГО ПОДВИДА

[1]ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»;
[2] ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»

Реферат. *Лук репчатый (Allium cepa L.) – овощная культура, которую, благодаря содержанию полезных веществ, широко используют в пищевой промышленности и медицине. Цель исследования заключалась в изучении генотипов восьми образцов лука крымской селекции и двух образцов зарубежной селекции по питательным свойствам, отходам сухой чешуи после сбора урожая, как перспективы экстракции антиоксидантов – антоцианов, флавоноидов и полифенолов. Исследования проводили на опытном поле ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» в 2017–2018 гг. и в аналитической лаборатории ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства». Сухое вещество определяли термогравиметрическим методом, аскорбиновую кислоту – методом визуального титрования реактивом Тилманса, сумму сахаров и редуцирующих сахаров – фотоколориметрическим методом, эфирное масло – дистилляционно-хроматографическим методом. Для определения содержания антиоксидантов использовали спектрофотометрический метод. Содержание селена определяли флуориметрическим методом. При оценке содержания Cu, Fe, Mn, Zn в луковицах использовали атомно-абсорбционный метод. Изучаемые образцы лука сортотипа Ялтинский (согласно международной классификации) относятся к группе сладких, с уровнем показателя остроты 1,73–2,53 М пировиноградной кислоты/г сырой массы. Показательно, что суммарное содержание сахаров является средневариабельным для селекции лука Ялтинского сортотипа (17,1 %). Сладкие образцы лука репчатого отличались повышенным содержанием антиоксидантов, в том числе аскорбиновой кислоты, интервал концентраций которой составлял 11,8–19,2 мг/100 г лука. Поэтому потребление 100 г свежих луковиц может обеспечить от 16 до 28 % суточной потребности человека в витамине С, в то время как для полуострых сортов этот показатель едва достигает 5 %. Выделенные сортообразцы № 7А, № 8А и № 403 содержали оптимальное количество селена (71–76 мкг/кг с. м.) для профилактики селенового дефицита человека. Средние уровни накопления микроэлементов в луке репчатом убывали в ряду: фиолетовой окраски – Se >Zn >Mn >Cu и желтой – Zn >Fe >Mn >Cu >Se. Наиболее стабильный показатель в фиолетовом луке – содержание Cu, более лабильны Se и Zn; в желтом луке более стабилен Se и лабилен Zn.*

Ключевые слова: *лук репчатый (Allium cepa L.), морфометрия, химический состав, антиоксиданты, антоцианы, нитраты, микроэлементы.*

Введение

Лук репчатый (*Allium cepa* L.) – основная овощная культура, широко используемая в пищевой, консервной промышленности и современной медицине [1]. Сорта и гибриды сладкого и острого лука содержат сухое вещество в луковицах (7–9 % – сладкие сорта и 12–18 % – острые), сахара, витамины, сернистые соединения и эфирные масла [2]. При хранении продукции в процессе гидролиза органических соединений в луковицах снижается сумма сахаров и увеличивается содержание эфирного масла [3]. Биохимический состав как луковиц, так и зеленых листьев в

разные периоды роста и развития изменяется и находится в зависимости от сорта, экологических условий и агротехнических приемов возделывания растений [4–6].

A. cepa – источник ряда биологически активных веществ, особенно фенольных соединений, среди которых важное место занимает кверцетин. Длительное потребление пищи с высоким содержанием растительных полифенолов способствует защите организма от раковых, сердечно-сосудистых заболеваний, диабета, остеопороза и нейродегенеративных заболеваний, улучшает общее состояние организма [7, 8].

Антиоксидантная активность репчатого лука различной окраски луковиц не одинакова. D. Prakash с соавторами экспериментально определил, что антиоксидантная активность в красном луке в 3,7 раза больше, чем в белом [9]. Природные красители плодов и овощей – это антоцианы, проявляющие антиканцерогенный и противовоспалительный эффект [10]. J. M. Kong и другие исследователи выявили, что красный лук обладает более высокой антиоксидантной активностью, так как богат антоцианами, а желтый имеет высокую концентрацию флавоноидов (кверцетин) [11]. В исследованиях X. Lu с соавторами показана положительная корреляция между антиоксидантной активностью и содержанием в луке общих полифенолов с высокой антиоксидантной активностью и сильными антиканцерогенными свойствами [12]. Такие соединения проявляют эффект синергизма с другими природными антиоксидантами [13]. Однако разнообразие компонентного состава природных полифенолов создает значительные трудности в выборе оптимальных условий экстракции этих соединений [14]. Ряд исследователей отмечают, что более высокое содержание фенольных соединений связано с активностью свободных радикалов. Установлено, что антиоксидантная активность лука определена содержанием L-аскорбиновой кислоты, витамина Е и фенольными соединениями – кверцетином и соединениями серы [15, 16].

Наиболее характерный флавонол лука репчатого – кверцетин, проявляющий мощное кардиопротекторное и антиканцерогенное действие [17–19]. Существует обратная корреляция между уровнем потребления флавоноидов и риском инсульта, а также раком легких и прямой кишки [20, 21]. Высказано предположение, что флавоноиды пищи оказывают положительное действие посредством усиления антиоксидантной защиты [21].

Известно, что овощи являются основными источниками нитратов для человека: до 90 % всех нитратов пищи – это нитраты овощей. Остальные 10 % приходятся на фрукты, мясо и воду [22]. Опасность для здоровья человека представляют преобразованные формы нитратов – нитриты. Они способны связывать гемоглобин крови с образованием метгемоглобина, не способного переносить O_2 в клетке. В связи с этим, во всем мире приняты максимально допустимые уровни потребления нитратов: 3,7 мг/кг массы тела или 221 мг/сут для человека массой 70 кг. Для *A. cepa* ПДК нитратов составляет 80 мг/кг. Установлено, что потребление овощей с высоким содержанием нитратов снижает концентрацию триглицеридов в крови, улучшает кровоснабжение мозга у пожилых людей [23]. Предполагают, что овощи, богатые нитратами и нитритами, обеспечивают кардиопротекторное действие с очень малым риском для здоровья [24]. Для хозяйственной и лечебной практики сухая чешуя лука имеет большое значение. Это натуральный краситель, средство от различных болезней и проблем с недомоганиями. По химическому составу сухая чешуя богата различными неорганическими и органическими соединениями, которые проявляют высокую биологическую активность [25]. Сухую чешую используют при болезнях простудного характера, при наличии вирусной инфекции.

При наличии в почве микроэлементов и тяжелых металлов выявлено содержание в луке полифенолов на уровне 389,6−420,6 мг/кг [26]. В золе лука обнаружены микроэлементы, из них Cu, Zn, Mn, Co, Mo входят в состав ферментов и участвуют в их активации, улучшают рост и развитие растений. К неферментативным компонентам защиты относят полифенолы, токоферолы, аскорбат и глутатион [27].

Микроэлементы занимают особое положение в этом наборе, поскольку входят в состав многих ферментов, что определяет активность последних. Селен поступает в организм человека из почвы через продукты растениеводства, например, шпинат, рис, базилик, кинзу, тыкву, картофель, цикорий и другие сельскохозяйственные культуры [28–31].

Установлен механизм накопления Se в растениях и выделена небольшая группа растений, накапливающих Se [32]. Проблема дефицита селена считается одной из важнейших в поддержании здоровья человека во многих странах мира в связи с широким распространением селено дефицитных почв, в том числе и в России. Положительное действие Se для человека обеспечивается его потреблением 70 мкг/сут [29].

Такие микроэлементы, как Fe, Mn, Zn и Cu участвуют в окислительно-восстановительных реакциях. Mn – восстановитель молекулярного кислорода ферментов. Zn находится в составе активного центра более 100 ферментов, в частности РНК-полимеразы и карбонил ангидразы; Cu, Zn – супероксиддисмутазы. Zn стабилизирует структуру молекул, участвует в метаболизме ДНК и РНК, в синтезе белка и делении клеток для передачи сигнала внутри клетки. Заслуживает внимания факт выявления растений-концентраторов Zn, которые могут быть использованы для лечения и профилактики цинкового дефицита в организме человека. Дефицит Fe, Mn, Zn и Cu может привести к железодефицитной анемии, нарушению развития костной ткани (Mn, Cu), снижению иммунитета и ослаблению антиоксидантной защиты организма (Zn), нарушению работы мозга (Zn, Mn), процессов кроветворения (Cu) [33].

Цель исследований – изучение генотипов восьми сортообразцов лука крымской селекции и двух образцов зарубежной селекции по питательным свойствам, отходам сухой чешуи после сбора урожая как перспективы экстракции антиоксидантов – антоцианов, флавоноидов и полифенолов.

Материалы и методы исследований

Образцы *A. cepa* выращивали на опытном поле ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» в 2017–2018 гг. (Симферопольский район, с. Укромное). Почвы представлены южным карбонатным тяжелосуглинистым чернозёмом, механический состав – глинистый, структура – комковатая. Объёмная масса метрового слоя почвы – 1,36 г/см^3. Максимальная гигроскопичность – 9,2 %. Содержание гумуса (ГОСТ 26213-91) [34] – 4,3 %, азота (ГОСТ 26951-86) [35] – 3,2 – 5,6, фосфора (по Мачигину) – 8,9, калия (по Мачигину) – 64,8 мг/100г; pH почвенного раствора – 8,3. Глубина пахотного горизонта – 30–40 см.

Территория опытного участка относится к нижнему Предгорному агроклиматическому району Крыма. Климат района характеризуется континентальностью с засушливым жарким летом и нерегулярно выпадающими осадками. Температура воздуха, выраженная в виде среднего показателя за два года исследований, по фазам вегетации растений лука была следующей: 15,0 °С – в мае (после высадки рассады), 20,1 °С – в июне (в период нарастания листьев и начала формирования луковицы) и 25,3 °С – в июле (в период увеличения луковицы и начала полегания пера). При сравнении со среднемноголетними значениями только в

летние месяцы в годы исследований отмечено превышение температуры на 1–1,7 °С. Следует отметить, что сумма осадков в мае 2017 г. и июле 2018 г. превышала среднемноголетние показатели в 2,8 и 2,1 раза соответственно. В остальные месяцы сумма осадков соответствовала уровню среднемноголетних данных.

Лук подкармливали удобрениями NPK в д.в.кг/га: N – 80, P_2O_5 – 120 и K_2O – 45 из расчета $^2/_3$ нормы Р и К – под зяблевую вспашку, а остальную норму – $^1/_3$ РК и N – 80 кг/га вносили в подкормки легкорастворимыми удобрениями.

Рассаду выращивали до возраста 50–60 дней и высаживали её в открытый грунт по схеме: расстояние между растениями 8–10 см, между спаренными рядами – 25 см, технологическая колея – 60 см. Густота посадки – 40–45 шт./м^2. Формирование луковиц после высева семян отмечено через 112–115 сут, полегание пера – через 150–155 сут, также в это время проводили и уборку урожая. При оценке образцов использовали стандарты: для генотипов крымской селекции с фиолетовой окраской сухих чешуй луковиц – сорт Ялтинский рубин; с желтой окраской – зарубежной сорт Штуттгартер ризен.

Морфометрические исследования луковиц проводили в коллекционном питомнике на учетных делянках площадью 9–12 м^2 в четырех повторностях. Луковицы оценивали по методическим указаниям ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР) [36]. Определяли такие показатели качества лука, как: сухое вещество – термогравиметрическим методом [37], аскорбиновую кислоту – методом визуального титрования реактивом Тилманса [38], сумму сахаров и редуцирующих сахаров – фотоколориметрическим методом [39], эфирное масло – дистилляционно-хроматографическим методом [40]. Все анализы выполняли в трех повторениях, результаты выражены в виде среднего значения «стандартное отклонение». Использовали метод однофакторного дисперсионного анализа для сравнения сортообразцов со стандартом и между собой [41].

Определение содержания антиоксидантов и элементного состава лука выполняли в аналитической лаборатории ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»: полифенолы – спектрофотометрическим методом [42]; флавоноиды (кверцетин) – также спектрофотометрически с использованием хлористого алюминия.

Содержание селена определяли флуориметрически [43, 44], Cu, Fe, Mn, Zn в луковицах – атомно-абсорбционный метод (ААС спектрометр «Shimatsu 7000», Япония) после предварительного озоления проб в режиме 400–420 °С. Содержание нитратов устанавливали с помощью ионоселективного электрода на иономере «Эксперт-001» (Эконикс, Россия).

Остроту лука определяли по величине пировиноградной кислоты модифицированным методом с динитрофенилгидразином [45].

Результаты и их обсуждение

Продолжительный период вегетации *A. cepa* в южных регионах России и длительность периода хранения луковиц определяет традиционно сложившиеся правила: сортообразцы лука должны быть среднеспелые, полуострые и сладкие (салатные). Форма луковиц – важный сортовой признак, определяющий потребительский спрос на лук сладкий. Индекс формы 0,40–0,49 имели семь образцов с фиолетовой окраской луковиц – Ялтинский рубин (St.) и №№ 6А, 7А, 8А, 10А, 403 и 505. Индекс формы 0,67–0,86 был у трех желтых образцов – Штуттгартер ризен (St.), КэндиF$_1$ и № 11А. Сортотип Ялтинский характеризовался минимальной высотой луковиц – 4,0–4,4 см (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1 − Морфометрические показатели луковиц *A. cepa* (2017–2018 гг.)

Название образца (сорт, линия)	Индекс формы	Диаметр, см	Высота, см	Масса, г	Толщина сочных чешуй, мм	Количество, шт.	
						сочных чешуй	зачатков соцветий
Фиолетовый лук сортотипа Ялтинский							
Ялтинский рубин (St.)	0,49	8,7	4,4	152	7,5	6,8	1,4
№ 6А	0,41	9,4	4,0	162	8,2	7,4	1,4
№ 7А	0,43	9,0	3,9	166	7,4	7,6	1,6
№ 8А	0,40	8,7	4,0	185	8,2	7,8	1,4
№ 403	0,44	10,0	4,1	198	7,8	7,4	1,8
№ 505	0,43	9,2	3,9	186	8,1	7,0	1,8
№ 10А	0,41	8,8	3,6	169	7,5	7,0	3,0
Желтый лук							
Штуттгартер ризен(St.)	0,67	7,6	4,9	155	5,5	7,5	2,8
№ 11А	0,86	8,1	7,0	151	4,3	9,3	2,5
КэндиF_1	0,80	8,7	7,0	246	5,1	9,1	1,5
$НСР_{05}$	0,1	0,9	0,8	36,2	1,3	1,2	1,1

Ялтинский рубин (St.)

№ 403

№ 505

№ 6А

№ 7А

№ 8А

Кэнди F_1

№ 11А

Штуттгартерризен (St.)

Рисунок 1 – Образцы луковиц *A. cepa* различной окраски

По окраске фиолетовые образцы лука сортотипа Ялтинский наиболее востребованы на продовольственном рынке. Самые крупные луковицы массой 185−198 г были у образцов №№ 8А, 403 и 505. Наиболее плоскими по индексу

формы были луковицы у №№ 8А, 6А, 10А (0,40–0,41) по сравнению со стандартом. Луковицы сорта Ялтинский рубин показали индекс формы 0,49 с толщиной сочных чешуй 7,5 мм, что на 0,7; 0,7 и 0,6 мм тоньше образцов №№ 6А, 8А и 505 соответственно.

Луковицы желтого лука отличались более округлой формой (индекс – 0,67–0,86) и значительно меньшей толщиной сочных чешуй. По количеству сочных чешуй образцы желтого лука № 11А и Кэнди F_1 превышали фиолетовые образцы лука. По массе луковиц желтые – Штуттгартер ризен и № 11А оказались на уровне сорта Ялтинский рубин, а Кэнди F_1 на 48 г превышал образец № 403.

Среди сладких фиолетовых образцов лука высокая урожайность (5,0 и 5,8 кг/м^2) отмечена у №№ 403 и 6А, что превышает стандарт Ялтинский рубин на 39 и 61 % соответственно. Урожайность желтых образцов – № 11А и Кэнди F_1 составляла по 5,6 кг/м^2, что выше стандарта Штуттгартер ризен на 40 %.

Анализ химического состава фиолетовых образцов показал, что в процентном соотношении все они превышали Ялтинский рубин по содержанию сухого вещества на 8–25 % (таблица 2). Сумма сахаров у четырех образцов была практически равной стандарту, а у двух образцов (№№ 8А и 505) отмечено снижение на 24−34,5 %.

По данным Гордієнко І. М. и Ткаленко Г. М., если соотношение дисахаридов к моносахаридам меньше единицы, то такие сорта относят к сладким [46]. По нашей оценке, при соотношении 0,4–0,9 все сортообразцы фиолетового лука сладкие. Сюда же отнесен и желтый Кэнди F_1, при сумме сахаров 7,7 % и содержании эфирного масла – 2,8 мг/100 г продукта.

Таблица 2 − Химический состав *Allium cepa* (2017–2018 гг.)

Название образца (сорт, линия)	Сухое вещество, %	Сахаров общих, %			Аскорбиновая кислота, мг/100 г сырой массы	Эфирное масло, мг/100 г сырой массы
		всего	в том числе			
			моносахариды	дисахариды		
Фиолетовый лук сортотипа Ялтинский						
Ялтинский рубин (St.)	7,2	11,6	7,1	4,5	14,2	1,1
№ 6А	8,1	11,7	8,1	3,6	11,8	2,4
№ 7А	8,2	12,2	8,2	4,3	18,5	2,2
№ 8А	7,8	8,8	7,0	6,3	14,1	2,6
№ 403	7,9	10,2	6,2	4,0	19,2	1,6
№ 505	8,2	7,6	5,6	2,0	18,5	5,2
№ 10А	9,0	12,2	7,9	4,4	19,2	0,5
$НСР_{05}$	0,50					0,18
Желтый лук						
Штуттгартер ризен (St.)	17,6	11,6	4,3	7,3	3,5	1,4
№ 11А	11,8	11,6	4,4	7,2	3,5	2,0
Кэнди F_1	7,8	7,7	6,2	1,5	4,0	2,8
$НСР_{05}$	0,31					0,10

Общее содержание редуцирующих моносахаридов в фиолетовых образцах лука варьировало от 5,6 до 8,2 г/100 г сырой массы. Более высокие уровни общего сахара характерны для сортов полуострых желтых луков – Штуттгартер ризен, № 11А и фиолетовых сладких – Ялтинский рубин, №№ 6А, 7А, 10А. Наименьший уровень общего содержания сахаров установлен для образцов лука сортотипа Ялтинский №№ 8А, 505, а также для желтого Кэнди F_1. Показательно, что суммарное содержание сахаров является средне вариабельным для селекции лука сортотипа Ялтинский (17,1 %) (см. таблицу 2).

Известно, что сладкие виды лука репчатого отличаются повышенным

содержанием антиоксидантов в целом и аскорбиновой кислоты в частности [47]. Действительно, уровни накопления витамина С во всех образцах сладкого лука крымской селекции были в среднем в 3,4–5,5 раз выше, чем аналогичные показатели для лука Штутгартер ризен (3,5 мг/100 г сырой массы), выращенного в тех же биогеохимических условиях. Интервал наблюдаемых концентраций составил 11,8–19,2 мг/100 г с наибольшими уровнями аккумулирования витамина у образцов №№ 403, 10А и наименьшим – № 6А. Таким образом, из представленных данных следует, что потребление 100 г свежего лука образцов крымской селекции может обеспечить 16–28 % суточной потребности человека в витамине С, в то время как для полуострых сортов этот показатель едва достигает 5 %.

В 2017–2018 гг. у пяти образцов фиолетового лука отмечено увеличение эфирного масла в луковицах на 0,5 мг/100 г (№ 403) – 4,1 мг (№ 505). Минимальное содержание эфирного масла (0,5 мг/100 г) отмечено у образца лука № 10А, что в 2,2 раза меньше стандарта.

Результаты определения показателей качества образцов лука, значимых для организма человека, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели качества *A. cepa,* значимых для организма человека (среднее за 2017–2018 гг.)

Сорт, линия	Нитраты, мг NO_3 /кг сырой массы	Антоцианы, %	Острота, М ПВК/г сырой массы
Фиолетовый лук сортотипа Ялтинский			
Ялтинский рубин (St.)	92 ± 5,0	2,7 ± 0,1	2,0 ± 0,1
№ 6А	86 ± 5,5	5,79 ± 0,3	2,1 ± 0,1
№ 7А	104 ± 7,0	3,23 ± 0,2	2,1 ± 0,1
№ 8А	91 ± 6,1	2,93 ± 0,1	2,4 ± 0,1
№ 403	95 ± 5,4	1,64 ± 0,05	2,0 ± 0,2
№ 505	105 ± 7,2	2,33 ± 0,1	2,1 ± 0,2
№ 10А	106 ± 6,8	0,87 ± 0,1	1,73 ± 0,05
Среднее	97 ± 6	2,78	2,0 ± 0,1
V, %	6,2	37,0	5,0
Желтый лук			
Штуттгартер ризен (St.)	166 ± 7,8	-	6,3 ± 0,3
№ 11А	96 ± 5,3	-	1,83 ± 0,05
Кэнди F_1	79 ± 5,0	-	2,53 ± 0,03

Сорт Кэнди F_1 содержал 79 мг/кг NO_3, что равно ПДК, а у желтого лука № 11А и у фиолетовых образцов лука (Ялтинский рубин, №№ 6А, 8А, 403) уровень нитратов был близок к ПДК. Отмечено увеличение этого показателя от 30 до 32 % у образцов №№ 7А, 10А и 505 по сравнению с ПДК. Полуострый сорт Штуттгартер ризен накапливал NO_3 в среднем в 1,7 раза больше, чем образцы сладкого лука крымской селекции.

Широкий спектр биологического действия растений рода *A. cepa* также связан и с наличием антоцианов – природных красителей, относящихся к группе флавоноидов и определяющих окраску овощей в красный, фиолетовый, желтый и другие цвета. Порядок варьирования содержания антоцианов в сортах лука фиолетовой окраски достигал 46 %, а уровень их накопления снижался в ряду от 5,79 до 1,64 %: №№ 6А <7 А < 8А < Ялтинский рубин < 503 < 403 (см. таблицу 3).

Острота различных сортов лука репчатого определяется уровнем содержания пировиноградной кислоты (ПВК). Согласно международной классификации все образцы лука делят на три категории: острые – с содержанием ПВК более 7 М/г, полуострые – с содержанием ПВК 3–7 М/г и сладкие – с уровнем ПВКот 0 до 3 М/г. Результаты настоящего исследования показывают (см. таблицу 3), что лук крымской

селекции и гибрид Кэнди принадлежат к группе сладких, с уровнем показателя остроты (содержание ПВК) от 1,73 до 2,53 М/г сырой массы соответственно. Для сравнения, содержание ПВК у полуострого сорта лука Штуттгартер ризен составил 6,3 М/г, что в 2,5 раза превышает показатели гибрида Кэнди.

Еще один интегральный показатель антиоксидантной активности лука – содержание полифенолов [48]. В луке крымской селекции величина этого показателя коррелировала с уровнем антиоксидантной активности ($r = +0,92$; $p < 0,001$). В целом следует отметить, что новые перспективные образцы лука (№№ 6А, 7А, 8А) отличаются повышенным содержанием антоцианов, флавоноидов и полифенолов. На рисунке 2 представлено содержание полифенолов в сочных чешуях лука, которое распределялось от 24,7 до 15,9 мг-экв. ГК/г сырой массы в следующем порядке: Ялтинский рубин > №№ 6А > 8А > 7А > 11А > 10А и 403 > Кэнди F_1 > 505. Отмечено, что содержание полифенолов в сухой чешуе лука (шелуха) в 2,0–1,4 раза больше, чем в сочных чешуях. Значение их соответствовало 40,1–34,8 мг-экв. ГК/г с.м.: №№ 7А > 8А > 505 > 403 >Кэнди F_1 > 6А > 11А > 10А > Ялтинский рубин.

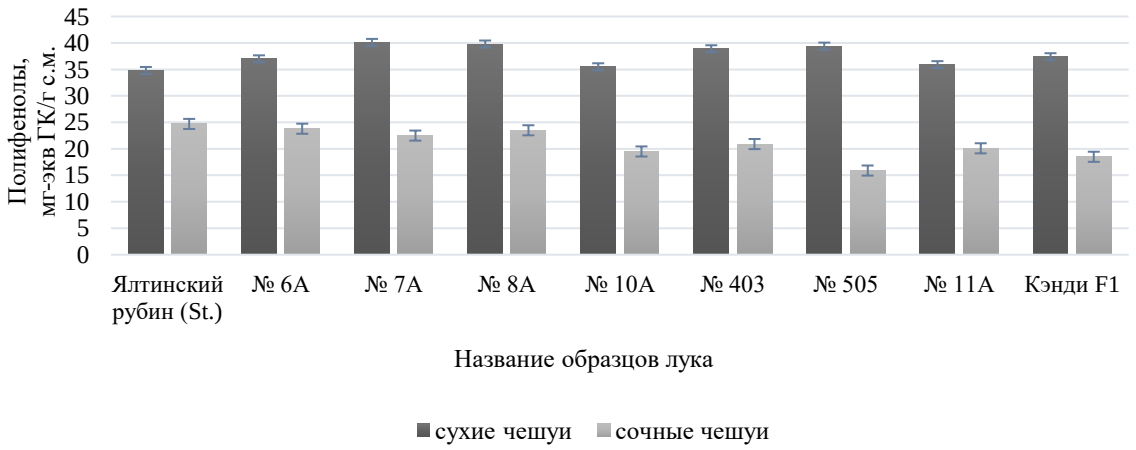

Рисунок 2 – Содержание полифенолов в сухих и сочных чешуях образцов *A. cepa* (среднее за 2017–2018 гг.)

Наиболее характерным флавонолом лука репчатого является кверцетин. На рисунке 3 накопление кверцетина в луковицах варьирует от 3,81 до 1,4 мг/г сырой массы в порядке снижения: Ялтинский рубин (3,81) > №№ 6А > 8А > 7А > 505 > Кэнди F_1 > 403 > 11А > 10А (1,4). Показано, что кверцетина в сухой чешуе лука (шелухе) содержалось в 6,0–7,8 раз больше, чем в сочных чешуях. Значение их соответствовало 22,92–11,05 мг/г сырой массы, при накоплении: Ялтинский рубин (22,92) > №№ 8А > 7А > 505 > 6А > 11А > 403 > Кэнди F_1 >10А (11,05). Таким образом, соотношение max:min шелуха:луковица равно 9,0:5,4, при большем значении у образца № 11А и меньшем – у № 6А.

Антиоксидантная активность (АОА) растений – важный показатель, дополняющий информацию об их биохимических свойствах. Голубкина Н. А. с соавторами определила сильную корреляционную взаимосвязь ($r = +0,87$) между уровнем АОА и содержанием полифенолов в пяти видах лекарственных растений южного побережья Крыма [48].

В нашем примере содержание полифенолов в исследуемых образцах лука четко коррелировало с уровнем антиоксидантной активности ($r = +0,92$; $p < 0,001$). На рисунке 4 представлено накопление АОА в луковицах, которые содержали от

45,6 до 30 мг-экв. ГК/г сырой массы в порядке снижения: Ялтинский рубин (45,6) > №№ 8А > 6А > 7А > 403 > 11А > 10А > 505 и Кэнди F_1 (30,0).

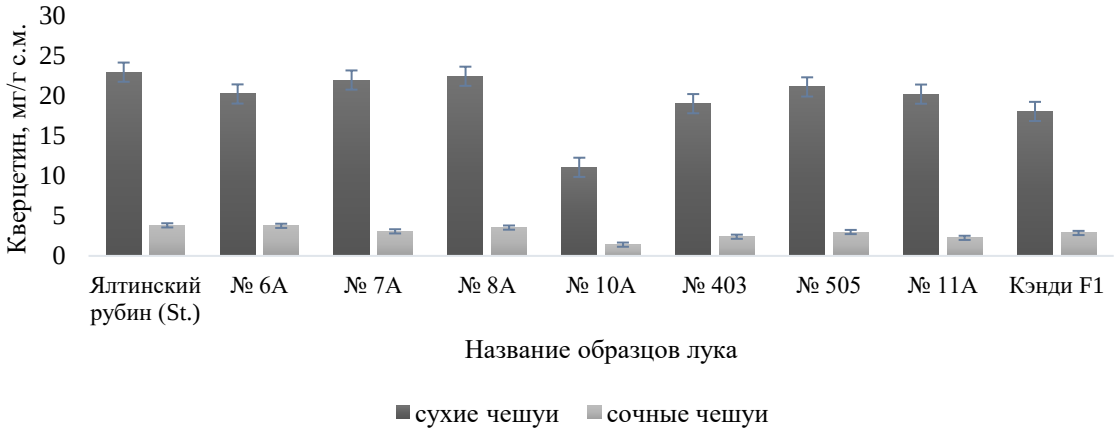

Рисунок 3 – Содержание флавоноидов в сухих и сочных чешуях образцов *A. cepa* (среднее за 2017–2018 гг.)

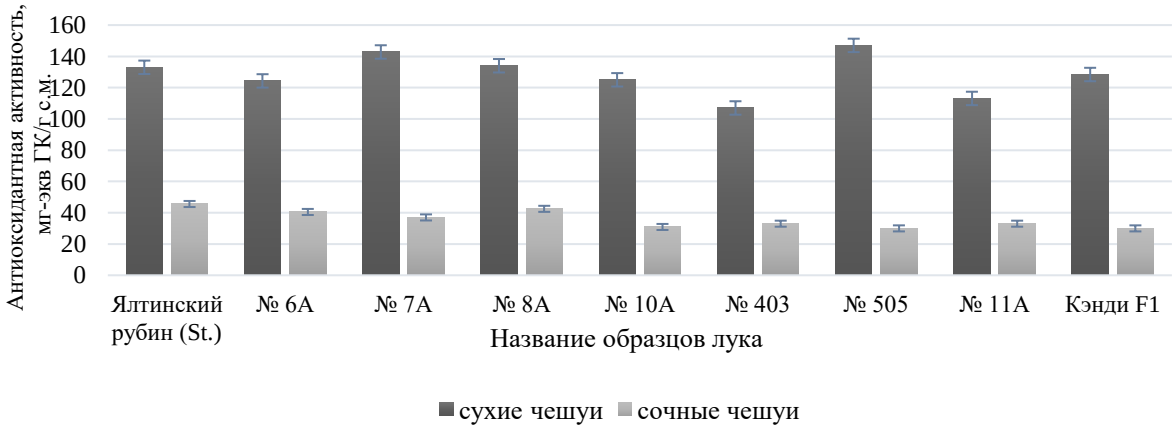

Рисунок 4 – Антиоксидантная активность сухих и сочных чешуй образцов *A. cepa* (среднее за 2017–2018 гг.)

Установлено, что АОА сухой чешуи лука в 3,2–3,6 раза больше, чем сочных чешуй луковиц. Значение АОА соответствовало 147–107 мг-экв. ГК/г сырой массы при убывании: №№ 505 (147) >7А >8А > Ялтинский рубин > Кэнди F_1 >10А>6А>11А> 403 (107).

На рисунке 5 представлено содержание селена в луковицах образцов, которое находилось в пределах от 144 до 25–27 мкг/кг сухой массы в убывающем порядке: № 6А (144) > №№ 505 > Ялтинский рубин > 8А > 403 > 7А > 10А > Кэнди F_1, > 11А. Отмечены образцы №№ 7А, 8А и 403, которые содержали почти оптимальное количество селена (71–76 мкг/кг сухой массы).

Средние значения содержания элементов в луке репчатом убывали в ряду: фиолетовой окраски – Se > Zn > Mn > Cu и желтой – Zn > Fe > Mn > Cu > Se (рисунок 6). При этом интервалы концентраций для указанных элементов значительно различались: наибольшие вариации содержания характерны для Se и Zn в образцах фиолетового лука (V = 39,4 и 32,7 %) и наименьшие – для Cu (V = 20 %). Содержание

Zn в желтом луке № 11А в 2,4 раза превышало Кэнди F_1, по Se оба образца имели практически одинаковые значения.

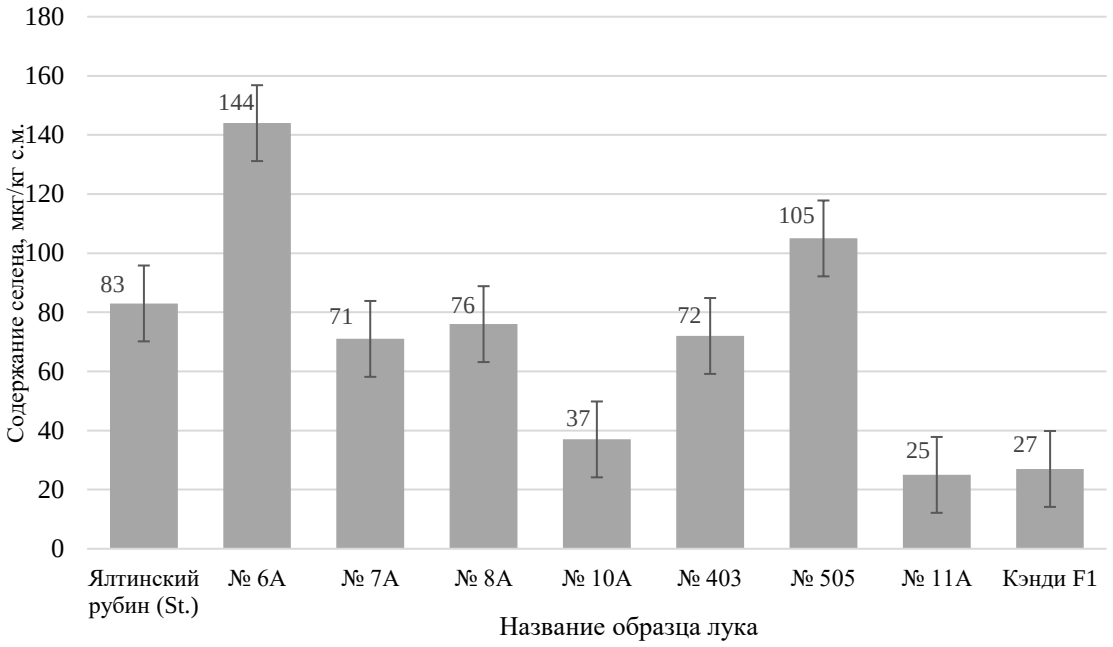

Рисунок 5 – Содержание селена в образцах *A. cepa* (среднее за 2017–2018 гг.)

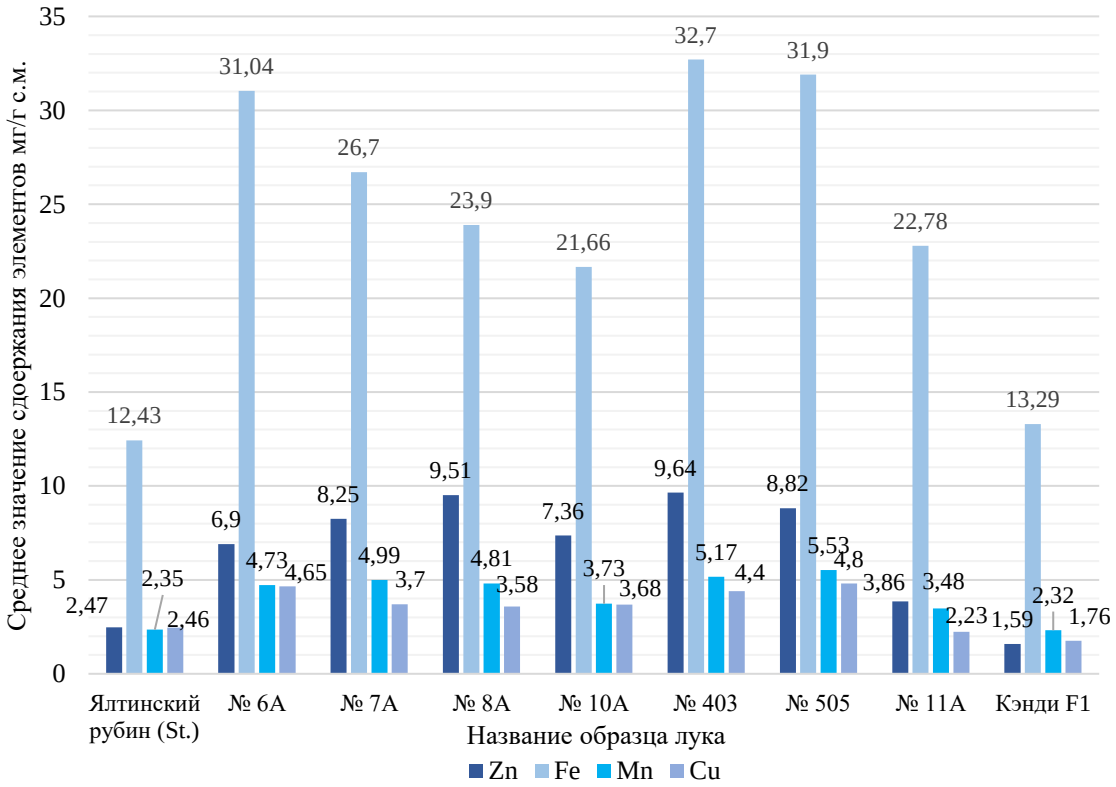

Рисунок 6 – Содержание микроэлементов в образцах *A. cepa* (среднее за 2017–2018 гг.)

Соответственно в фиолетовом луке наиболее стабильно содержание Cu и более лабильно – Se и Zn. В желтом луке более стабилен Se и лабилен Zn. В целом,

наибольшее содержание элементов отмечено в фиолетовых салатных луковицах: Se– № 6А и № 505 (144 и 105 мкг/кг сухой массы); Zn – №№ 6А, 7А, 8А, 10А, 403, 505 (6,90–9,64 мг/кг сухой массы); Fe – №№ 6А, 403, 505 (31,0−32,7 мг/кг сухой массы); Mn – №№ 6А, 7А, 8А, 403, 505 (4,73–5,53 мг/кг сухой массы) и Cu – №№6А, 403, 505 (4,4–4,8 мг/кг сухой массы) и наименьшее в желтых луковицах: Se– в 4,2–5,3 раза, Zn– в 2,5–5,2 раза, Fe– в 1,4–2,3 раза, Mn– в 1,5–1,6 раза и Cu– в 0,6–2,0 раза.

Выводы

Проведена комплексная оценка морфометрических показателей, хозяйственно ценных признаков и химического состава десяти образцов *A. cepa*. Установлено, что образцы лука №№ 6А, 7А, 8А по сравнению с другими – №№ 505, 403 и 10А сортотипа Ялтинский крымской селекции характеризуются повышенным содержанием полифенолов: 22,5–23,8 мг-экв ГК/г с.м.; флавоноидов – 3,06–3,75 мг кверцетина/г с.м.; антиоксидантов – 37,0–42,5мг-экв ГК/г с.м. и антоцианов – 2,93–5,79 %, которые усиливают их антиоксидантную активность, но имеют на 4–9 % меньшие показатели, чем стандарт Ялтинский рубин. Из образцов лука сортотипа Ялтинский, против стандарта Ялтинский рубин и № 403, на 14 % был менее острым образец № 10А. Из желтых образцов лука, сорта Кэнди F_1 и 11А были менее острыми (в 2,5 и 3,4 раза), чем стандарт Штуттгартер ризен.

Образцы сладкого лука с различным содержанием Se, Fe, Zn, Mn, Cu являются пищевыми источниками не только микроэлементов, но и антиоксидантов. Выделены образцы лука по признакам: содержание сухого вещества (7,2–7,8 % у сорта Ялтинский рубин (St.) и № 8А), суммы сахаров (11,2–12,8 % у сорта Ялтинский рубин и №№ 6А, 7А), аскорбиновой кислоты (18,5–19,2 мг/100 г у №№ 7А, 10 А, 403 и 505), низкой остроты лука (М ПВК/г с.м. – Ялтинский рубин, №№ 10А и 403) и эфирного масла (0,5 мг/100 г лука у № 10А). Эти образцы будут использованы в селекционной работе с целью улучшения пищевкусовых и лечебных характеристик лука сортотипа Ялтинский.

Литература

1. Водянова О. С., Алпысбаева В. О. Репчатый лук. Учебное пособие. Алматы: Алейрон, 2004. 40 с.
2. Nemtinov V., Bondar A. Yaltinskyi Mestnyi – old onion variety with therapeutic properties // Vegetable Crops Research Bulletin. 2006. Vol. 64. P. 201–205.
3. Немтинов В. И. Сорт лука Ялтинский рубин – перспективный биологический ресурс овощеводства Крыма // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский Агротехнологический Университет». Серия «Сельскохозяйственные науки». 2010. Вып. 130. С. 102–109.
4. Kielak E., Grzegorzewska M., Gawronska H. Levels of abscisic acid in onion during storage and bulb storability as influenced by weather conditions during growing season and bulb maturity at harvest // Vegetable crops research bull. 2006. Vol. 64. P. 51–65.
5. Дудченко Н. С. Разработка элементов технологии для селекции на повышенное накопление химических элементов в овощной продукции многолетних луков. Автореф. дисс. … канд. с.-х. наук. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства, 2009. 27 с.
6. Немтинов В. И., Тимашева Л. А., Пехова О. А. Изменчивость признаков, качество продукции линий лука сортотипа Ялтинский в Крыму // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. Вып. 3 (60). С. 185–190.
7. Pandey K. B., Rizvi S. I. Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease // Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 2009. Vol. 2. P. 270–278.
8. Голубкина Н. А., Пивоваров В. Ф., Надежкин С. М., Лосева Т. А., Соколова А. Я. Глобальный экологический кризис: проблемы и решения. М.: ВНИИССОК, 2013. 212 с.
9. Prakash D., Singh B. N., Upadhyah G. Antioxidant and free radical scavenging activities of phenols in onion (*Allium cepa*) // Food chemistry. 2007. Vol. 102 (4). P. 1389–1393.
10. Welch C. R., Wu Q., Simon J. E. Recent advances in anthocyanin analysis and characterization // Current Analytical Chemistry. 2008. Vol. 4 (2). P. 75–101. DOI: 10.2174/157341108784587795.

11. Kong J. M., Chia L. S., Goh N. K., Chia T. F., Brouillard R. Analysis and biological activities of anthocyanins // Phytochemistry. 2003. Vol. 64 (5). P. 923–933.

12. Lu X., Wang J., Hamzaf M., Ross C. F., Powers J. R., Tang J., Rasco B. A. Determination of total phenolic content and antioxidant capacity of onion and shallots using infrared spectroscopy // Food Chemistry. 2011. Vol. 129. P. 637–644.

13. Croft K. D., The chemistry and biological effects of flavonoids and phenolic acids //Annals of the New York Academy of Sciences. 1998. Vol. 854. P. 435–442.

14. Rajbhar K., Dawda H., Mukundan U. Polyphenols: methods of extraction // Sci. Revs. Chem. Commun. 2015. Vol. 5(1). P. 1–6.

15. Silva E. M., Souza J. N. S., Rogez H., Rees J. S., Larondelle Y. Antioxidant activities and polyphenolic contents of fifteen selected plant species from the Amazon region // Food Chemistry. 2007. Vol. 101. P. 1012–1018.

16. Tawaha K., Alali F. S., Gharaibeh M., Mohammad M., El-Elimat T. Antioxidant activity and total phenolic content of selected Jordanian plant species // Food Chemistry. 2007. Vol. 104. P. 1372–1378.

17. Knekt P., Jarvinen R., Reunanen, A., Maatela J. Flavonoid intake and coronary mortality in Finland: a cohort study // BMJ. 1996. Vol. 312. P. 478–481.

18. Knekt P., Järvinen R., Seppanen R., Hellövaara M., Teppo L., Pukkala E., Aromaa A. Dietary flavonoids and the risk of lung cancer other malignant neoplasms // American Journal of Epidemiology. 1997. Vol. 146. P. 223–30.

19. Ghosh D., Scheepens A. Vascular action of polyphenols // Mol. Nutr. Food. Res., 2009. Vol. 53 (3). P. 322–331.

20. Trichopoulos D. Flavonoid intake and breast cancer risk: a case-control study in Greece // Br. J. Cancer, 2003. Vol. 89. P. 1255–1259.

21. Hirvonen T., Virtamo J., Korhonen P., Albanes D., Pietinen P. Flavonol and Flavone Intake and the Risk of Cancer in Male Smokers(Finland) // Cancer Causes and Control. 2001. Vol. 12. P. 789–796.

22. Голубкина Н. А. Нитраты овощей: вред или польза? // Вестник овощевода. 2012. № 2. С. 45–46.

23. Presley T. D., Morgan A. R., Bechtold E., Clodfelter W., Dove R. W., Jennings J. M., Kraft R. A., King S. B., Laurienti P. J., Rejeski W. J., Burdette J. H., Kim-Shapiro D. B., Miller G. D. Acute effect of a high nitrate diet on brain perfusion in older adults // Nitric Oxide. 2011. Vol. 24. P. 34–42.

24. Tang Y., Jiang H., Bryan N. S. Nitrite and nitrate: cardiovascular risk–benefit and metabolic effect // Current Opinion in Lipidology. 2011. Vol. 22(1). P. 1–15.

25. Geetha M., Ponmozhi P., Saravanakumar M., Suganyadevi P. Extraction of anthocyanin and analyzing its antioxidant properties from different onion (*Allium cepa*) varieties // Journal Research Pharmaceutical Sciences. 2011. Vol. 2(3). P. 497–506.

26. Priecina L., Karlina D. Total polyphenol, flavonoid content and antiradical activity of celery, dill, parsley, onion and garlic dried in conventive and microwave-vacuum dryer // 2nd International Conference on Nutrition and Food Sciences. Singapore: IACSIT Press, 2013. Vol. 53. P. 107–112.

27. Kim Y. H., Khan A. L., Waqas M., Lee I. J. Silicon regulates antioxidant activities of crop plants under abiotic-induced oxidative stress: a review // Frontiers in Plant Science. 2017. Vol. 8. P. 510.

28. Ferrarese M., Sourestan M. M., Quattrin E., Schiav M., Ferrante A. Biofortification of spinach plants applying selenium in the nutrient solution of floating system // Vegetable Crops Research Bulletin. 2012. Vol. 76. P. 127–136.

29. Golubkina N. A., Kosheleva O. V., Krivenkov L. V., Dobrutskaya H. G., Nadezhkin S., Caruso G. Intersexual differences in plant growth, yield, mineral composition and antioxidants of spin-ach (*Spinacia oleracea* L.) as affected by selenium form // Sci. Hort. 2017. Vol. 225. P. 350−358.

30. Fang Y., Wang L., Xin Z., Zhao L., An X., Hu Q. Effect of foliar application of zinc, selenium, and iron fertilizers on nutrients concentration and yield of rice grain in China // J. Agric. Food Chem. 2008. Vol. 56. P. 2079–2084.

31. Kopsell D. A., Sams C. E., Barickman T. C., Deyton D. E. Selenization of basil and cilantro through foliar applications of selenate-selenium and selenite-selenium // Hort Science. 2009. Vol. 44 (2). P. 438–442.

32. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Издателство стандартов, 1992. 8 с.

33. ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. М.: Издательство стандартов, 1986. 10 с.

34. Pilon-Smits E. A. H. Selenium in Plants. Progress in Botany (Genetics – Physiology – Systematics – Ecology) // Springer. Cham. 2015. Vol. 76. P. 93–107.

35. Голубкина Н. А., Сирота С. М., Пивоваров В. Ф., Яшин Я. И. Биологически активные соединения овощей. М.: ВНИИССОК, 2010. С. 135–139.

36. Методические указания. Изучение и ведение коллекции лука и чеснока мировой коллекции // сост. Пережогина В. СПб: издательство Государственного научного центра Российской Федерации Всероссийского института растениеводства имени Н. И. Вавилова, 2005. 109 с.

37. ГОСТ 33977-2016. Продукты переработки фруктов и овощей. Методы определения общего содержания сухих веществ. М.: Стандартинформ, 2017. 15 с.

38. AOAC. The official methods of analysis of the AOAC international. USA. Vitamin C, 2012. 22 p.

39. ГОСТ 8756.13-87. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров. М.: Стандартинформ, 2010. 11 с.

40. Тимашева Л. А., Пехова О. А., Данилова И. Л., Грунина Е. Н. О методике определения эфирного масла в луке ялтинского сортотипа // Научный форум: инновационная наука. Сборник статей по материалам XVI международной научно-практической конференции. М.: изд-во «МЦНО», 2018. № 7(16). С. 25–31.

41. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Пятое издание, переработанное и дополненное. М.: Альянс, 2014. 351 с.

42. Sagdic O., Silici S., Ekici L. Evaluation of the phenolic content, antiradical, antioxidant, and antimicrobial activity of different floral sources of honey // International Journal of Food Properties. 2013. Vol. 16. No. 3. P. 658–666.

43. Alfthan G. A micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test tube fluorimetry // Anal. Chim. Acta. 1984. Vol. 65. P. 187–194.

44. Голубкина Н. А. Флуориметрический метод определения селена // Журнал аналитической химии. 1995. Т. 50. С. 492–497.

45. Anthon G. E., Barrett D. M. Modified method for the determination of pyruvic acid with DNPH in the assessment of onion pungency / /J. Sci. Food Agric. 2003. Vol. 83. P. 1210–1213.

46. Гордієнко І. М., Ткаленко Г. М. Характеристика ефірної олії цибулі ріпчастої сортів Ткаченківська і Мавка // Овочівництво і баштанництво. 2012. Вип. 58. С. 104–110.

47. Caruso G., Conti S., Villari G., Borrelli C., Melchionna G., Minutolo M., Russo G., Amalfitano C. Effects of transplanting time and plant density on yield, quality and antioxidant content of onion (A*llium cepa* L.) in southern Italy // Scientia Horticulturae. 2014. Vol. 166. P. 111–120.

48. Голубкина Н. А., Молчанова А. В., Шевчук О. М., Логвиненко Л. А., Хлыпенко Л. А. Биохимическая характеристика перспективных лекарственных растений из коллекции Никитского ботанического сада // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2018. Т. 21. № 1. С. 7–11.

References

1. Vodyanova O. S., Alpysbaeva V. O. Onion. Textbook. Almaty: publishing house Aleiron, 2004. 40 p.

2. Nemtinov V., Bondar A. Yaltinskyi Mestnyi – old onion variety with therapeutic properties // Vegetable Crops Research Bulletin. 2006. Vol. 64. P. 201–205.

3. Nemtinov V. I. Sort of bow the Yalta ruby is a perspective biological resource of vegetable-growing of Crimea // Proceedings of the Southern Branch of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine “Crimean Agrotechnological University”. 2010. Iss. 130. P. 102–109.

4. Kielak E., Grzegorzewska M., Gawronska H. Levels of abscisic acid in onion during storage and bulb storability as influenced by weather conditions during growing season and bulb maturity at harvest. // Vegetable crops research bull. Research inst. of vegetable crops. Skierniewice, 2006. Vol. 64. P. 51–65.

5. Dudchenko N. S. Development of technology elements for selection for increased accumulation of chemical elements in vegetable production of perennial onions. Author’s abstract … Cand. Sc. (Agr.). Moscow: All-Russian Research Institute of Vegetable Production, 2009. 27 p.

6. Nemtinov V. I., Timasheva L. A., Pekhova O. A. Variability of signs, quality of production of lines of onion varietal type Yalta in the Crimea // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2016. Vol. 3 (60). P. 185–190.

7. Pandey K. B., Rizvi S. I. Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease // Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 2009. Vol. 2. P. 270–278.

8. Golubkina N. A., Pivovarov V. F., Nadezhkin S. M., Loseva T. A., Sokolova A. Ya. Global environmental crisis. Problems and solutions. Moscow: VNIISSOK, 2013. 212 p.

9. Prakash D., Singh B. N., Upadhyay G. Antioxidant and free radical scavenging activities of phenols in onion (*Allium cepa*) // Food chemistry. 2007. Vol. 102 (4). P. 1389–1393.

10. Welch C. R., Wu Q., Simon J. E. Recent advances in anthocyanin analysis and characterization // Current Analytical Chemistry. 2008. Vol. 4 (2). P.75–101. DOI: 10.2174/157341108784587795.

11. Kong J. M., Chia L. S., Goh N. K., Chia T. F., Brouillard R. Analysis and biological activities of anthocyanins // Phytochemistry. 2003. Vol. 64 (5). P. 923–933.

12. Lu X., Wang J., Hamzaf M., Ross C. F., Powers J. R., Tang J., Rasco B. A. Determination of total phenolic content and antioxidant capacity of onion and shallots using infrared spectroscopy // Food Chemistry. 2011. Vol. 129. P. 637–644.

13. Croft K. D. The chemistry and biological effects of flavonoids and phenolic acids // Annals of the New York Academy of Sciences. 1998. Vol. 854. P. 435–442.

14. Rajbhar K., Dawda H., Mukundan U. Polyphenols: methods of extraction // Sci. Revs. Chem. Commun. 2015. Vol. 5(1). P. 1–6.

15. Silva E. M., Souza J. N. S., Rogez H., Rees J. S., Larondelle Y. Antioxidant activities and polyphenolic contents of fifteen selected plant species from the Amazon region // Food Chemistry. 2007. Vol. 101. P. 1012–1018.

16. Tawaha K., Alali F. S., Gharaibeh M., Mohammad M., El-Elimat T. Antioxidant activity and total phenolic content of selected Jordanian plant species // Food Chemistry. 2007. Vol. 104. P. 1372–1378.

17. Knekt P., Jarvinen R., Reunanen A., Maatela J. Flavonoid intake and coronary mortality in Finland: a cohort study // BMJ. 1996 Vol. 312. P. 478–481.

18. Knekt P., Järvinen R., Seppanen R., Hellövaara M., Teppo L., Pukkala E., Aromaa A. Dietary flavonoids and the risk of lung cancer other malignant neoplasms // American Journal of Epidemiology. 1997. Vol. 146. P. 223–30.

19. Ghosh D., Scheepens A. Vascular action of polyphenols // Mol. Nutr. Food Res. 2009. Vol. 53 (3). P. 322–331.

20. Trichopoulos D. Flavonoid intake and breast cancer risk: a case-control study in Greece // Br. J. Cancer. 2003. Vol. 89. P. 1255–1259.

21. Hirvonen T., Virtamo J., Korhonen P., Albanes D., Pietinen P. Flavonol and flavone intake and the risk of cancer in male smokers (Finland) // Cancer Causes and Control. 2001. Vol. 12. P. 789–796.

22. Golubkina N. A. Vegetable nitrates: harm or benefit? // Bulletin of the vegetable grower. 2012. No. 2. P. 45–46.

23. Presley T. D., Morgan A. R., Bechtold E., Clodfelter W., Dove R. W., Jennings J. M., Kraft R. A., King S. B., Laurienti P. J., Rejeski W. J., Burdette J. H., Kim-Shapiro D. B., Miller G. D. Acute effect of a high nitrate diet on brain perfusion in older adults // Nitric Oxide. 2011. Vol. 24. P. 34–42.

24. Tang Y., Jiang H., Bryan N. S. Nitrite and nitrate: cardiovascular risk-benefit and metabolic effect // Current Opinion in Lipidology. 2011. Vol. 22 (1) P. 1–15.

25. Geetha M., Ponmozhi P., Saravanakumar M., Suganyadevi P. Extraction of anthocyanin and analyzing its antioxidant properties from different onion (*Allium cepa*) varieties // Journal Research Pharmaceutical Sciences. 2011. Vol. 2(3). P. 497–506.

26. Priecina L., Karlina D. Total polyphenol, flavonoid content and antiradical activity of celery, dill, parsley, onion and garlic dried in conventive and microwave-vacuum dryer // 2nd International Conference on Nutrition and Food Sciences. Singapore, 2013. Vol. 53. P. 107–112.

27. Kim Y. H., Khan A. L., Waqas M., Lee I. J. Silicon regulates antioxidant activities of crop plants under abiotic-induced oxidative stress: a review // Frontiers in Plant Science. 2017. Vol. 8. 510 p.

28. Ferrarese M., Sourestan M. M., Quattrin E., Schiav M., Ferrante A. Biofortification of spinach plants applying selenium in the nutrient solution of floating system // Vegetable Crops Research Bulletin. 2012. Vol. 76. P. 127–136.

29. Golubkina N. A., Kosheleva O. V., Krivenkov L. V., Dobrutskaya H. G., Nadezhkin S., Caruso G. Intersexual differences in plant growth, yield, mineral composition and antioxidants of spinach (*Spinacia oleracea* L.) as affected by selenium form // Sci. Hort. 2017. Vol. 225. P. 350–358.

30. Fang Y., Wang L., Xin Z., Zhao L., An X., Hu Q. Effect of foliar application of zinc, selenium, and iron fertilizers on nutrients concentration and yield of rice grain in China // J. Agric. Food Chem. 2008. Vol. 56. P. 2079–2084.

31. Kopsell D. A., Sams C. E., Barickman T. C., Deyton D. E. Selenization of basil and cilantro through foliar applications of selenate-selenium and selenite-selenium // HortScience. 2009. Vol. 44(2). P. 438–442.

32. GOST 26213-91. Soils. Methods for determination of organic matter. Moscow: Standards publishing, 1992. 8 p.

33. GOST 26951-86. Soils. Determination of nitrates by ionometric method. Moscow: Standards publishing, 1986. 10 p.

34. Pilon-Smits E. A. H. Selenium in Plants. Progress in Botany (Genetics – Physiology – Systematics – Ecology) // Springer, Cham. 2015. Vol. 76. P. 93–107.

35. Golubkina N. A., Sirota S. M., Pivovarov V. F., Yashin Ya. I. Biologically active compounds of vegetables. Moscow: VNIISSOK, 2010. P. 135–139.

36. Methodical instructions. Studying and maintaining the onion and garlic collection of the world collection // compiled by Perezhogina V. Saint-Petersburg: publishing house State Scientific Center of the Russian Federation N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 2005.109 p.

37. GOST 33977-2016. Fruit and vegetable products. Methods for determination of total solid content. Moscow: Standartinform, 2017. 15 p.
38. AOAC. The official methods of analysis of the AOAC international. Vitamin C. USA. 2012. 22 p.
39. GOST 8756.13-87. Fruit and vegetable products. Methods for determination of sugars. Moscow: Standartinform, 2010. 11 p.
40. Timasheva L. A., Pekhova O. A., Danilova I. L., Grunina E. N. About the method of determination of essential oil in the onion of the Yalta variety type. Innovation Science: Scientific Forum: a collection of articles on the materials of the XVI Intern. Scientific and Practical Conference. Moscow: Publishing house «MTSNO», 2018. No. 7 (16). P. 25–31.
41. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Alliance, 2014. 351 p.
42. Sagdic O., Silici S., Ekici L. Evaluation of the phenolic content, antiradical, antioxidant, and antimicrobial activity of different floral sources of honey // International Journal of Food Properties. 2013. Vol. 16. No. 3. P. 658–666.
43. Alfthan G. A micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test tube fluorimetry // Anal. Chim. Acta. 1984. Vol. 65. P. 187–194.
44. Golubkina N. A. Fluorimetric method for determining selenium // Journal of Analytical Chemistry. 1995. Vol. 50. P. 492–497.
45. Anthon G. E., Barrett D. M. Modified method for the determination of pyruvic acid with DNPH in the assessment of onion pungency // J. Sci. Food Agric. 2003. Vol. 83. P. 1210–1213.
46. Gordienko I. M., Tkalenko G. M. The characteristics of an essential oil of an onion napaceous breeds Tkachenkovsky and Mavka // Vegetable and melon growing. 2012. Iss. 58. P. 104–110.
47. Caruso G., Conti S., Villari G., Borrelli C., Melchionna G., Minutolo M., Russo G., Amalfitano C. Effects of transplanting time and plant density on yield, quality and antioxidant content of onion (*Allium cepa* L.) in southern Italy // Scientia Horticulturae. 2014. Vol. 166. P. 111–120.
48. Golubkina N. A., Molchanova A. V., Shevchuk O. M., Logvinenko L. A., Khlypenko L. A. Biochemical characteristics of perspective medicinal plants from the collection of the Nikita Botanical Garden // Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry. 2018. Vol. 21. No. 1. P. 7–11.

UDC 635.26:631.531.04

Nemtinov V. I., Golubkina N. A., Koshevarov A. A., Kostanchuk Yu. N.,
Timasheva L. A., Pekhova O. A.

INTEGRATED ASSESSMENT OF SWEET AND SEMI-SPICY VARIETIES OF *ALLIUM CEPA* L. OF SOUTH SUBTYPE

Summary. *The onion (Allium cepa L.) is a vegetable that is widely used in the food industry and medicine due to the content of nutrients. The aim of the research was to study the genotypes of eight samples of Crimean and two samples of foreign breeding. We studied the nutritional properties of this vegetable and the amount of the outer dry layers after harvesting as a rich source of antioxidants – anthocyanins, flavonoids, and polyphenols. These studies were conducted at the trial fields of FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea" and in the analytical laboratory of FSBSI "Federal scientific vegetable center" in 2017–2018. The amount of dry matter was determined using thermal gravimetric analysis (TGA); ascorbic acid – using visual titration with the Tillmans reagent; sum of sugars and reducing sugars – by the colorimetric analysis; essential oil – by the distillation and chromatographic methods. The spectrophotometric method was used to determine the content of antioxidants. The selenium content was determined by the fluorimetric method. When assessing the content of Cu, Fe, Mn, Zn in the bulbs, the atomic absorption spectrometry (AAS) was used. According to the international classification, the studied samples of onion cultivar Yaltinskiy belong to the group of sweet (the spice level is 1.73–2.53 M of pyruvic acid per one gram of raw materials). The total sugar content is moderately variable for the onion cultivar Yaltinskiy (17.1 %). Sweet onion samples were characterized by a high content of antioxidants, including ascorbic acid. Its concentration was 11.8–19.2 mg/100 g of onion. Therefore, the consumption of 100 g of fresh onions can provide from 16 to 28 % of a daily requirement for vitamin C. At the same time, for semi-*

spicy varieties, this figure barely reaches 5 %. The selected variety samples No. 7A, No. 8A, and No. 403 contained the optimal amount of selenium (71–76 μg/kg m.s.). The average levels of microelement accumulation in onions decreased in the series: violet: Se> Zn> Mn > Cu; yellow: Zn> Fe> Mn> Cu> Se. The most stable indicator in the violet onion is the Cu content, more labile are Se and Zn. In yellow onions, the most stable indicator is the Se content, more labile is Zn.

Keywords: *onion Allium cepa L., morphometry, chemical composition, antioxidants, anthocyanins, nitrates, trace elements.*

Немтинов Виктор Илларионович, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник отдела селекции и семеноводства овощных и бахчевых культур, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: nemtin2@mail.ru.

Голубкина Надежда Александровна, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории применения агрохимических средств в семеноводстве, ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»; 143080, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, 14; e-mail: segolubkina45@gmail.com.

Кошеваров Андрей Александрович, научный сотрудник лаборатории применения агрохимических средств в семеноводстве, ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»; 143080, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, 14: e-mail: segolubkina@rambler.ru.

Костанчук Юлия Николаевна, старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства овощных и бахчевых культур; ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: kostanchuk_yu@niishk.ru.

Тимашева Лидия Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующая отделом переработки и стандартизации эфиромасличного сырья, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: isocrimea@gmail.com.

Пехова Ольга Антоновна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела переработки и стандартизации эфиромасличного сырья, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: isocrimea@gmail.com.

Nemtinov Viktor Illarionovich, Dr. Sc. (Agr.), senior researcher, chief researcher, Department of selection and seed production of vegetables and melons, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: nemtin2@mail.ru.

Golubkina Nadezhda Aleksandrovna, Dr. Sc. (Agr.), chief researcher of the Laboratory of application of agrochemical agents in seed production, FSBSI “Federal scientific vegetable center” (FSBSI FSVC); 14, Selektsionnaya str., urban village of VNIISSOK, district of Odintsovo, Moscow region, 143080, Russia; e-mail: segolubkina45@gmail.com.

Koshevarov Andrey Aleksandrovich, researcher of the Laboratory of application of agrochemical agents in seed production, Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal scientific vegetable center”; 14, Selektsionnaya str., urban village of VNIISSOK, district of Odintsovo, Moscow region, 143080, Russia; e-mail: segolubkina@rambler.ru.

Kostanchuk Yuliya Nikolaevna, senior researcher of the Department of selection and seed production of vegetables and melons, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: kostanchuk_yu@niishk.ru.

Timasheva Lidia Alekseevna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher, head of Department of processing and standardization of essential oil raw materials, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: isocrimea@gmail.com.

Pekhova Olga Antonovna, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of Department of processing and standardization of essential oil raw materials, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: isocrimea@gmail.com.

Дата поступления в редакцию – 20.08.2019.
Дата принятия к печати – 01.10.2019.