

УДК 630.164+661.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ И АККУМУЛЯЦИИ СЕЛЕНА В ЛУКЕ ПОБЕДНОМ (*ALLIUM VICTORIALIS* L.) И ЛУКЕ МЕДВЕЖЬЕМ (*ALLIUM URSINUM* L.)

Н.А. ГОЛУБКИНА¹, О.В. КОШЕЛЕВА¹, О.М. САВЧЕНКО²,
А. Ю. СОЛОВЬЕВА³, Л.Н. КОЗЛОВСКАЯ³, Е.Л. МАЛАНКИНА³

(¹ НИИ питания РАМН,² ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений»,
³ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

Среди представителей рода *Allium* L. лук победный — *Allium victorialis* L. и лук медвежий — *Allium ursinum* L. наименее изучены по способности аккумулировать селен. С использованием флуорометрического метода анализа нами установлены уровни накопления селена листьями черемши в обычных условиях вегетации и при внесении в почву раствора селената натрия. Показано, что *A. victorialis* вдвое превосходит *A. ursinum* по уровням накопления селена и флавоноидов, но не отличается по содержанию витамина С и хлорофилла. Увеличение инсоляции приводит к достоверному повышению содержания в листьях селена, флавоноидов и витамина С.

Ключевые слова: селен, аккумуляция селена, флуорометрический метод анализа, флавоноиды, аскорбиновая кислота.

Название черемша в последнее время обычно дают обоим дикорастущим видам: луку победному (*Allium victorialis* L.) и луку медвежьему (*Allium ursinum* L.). Известно, что род *Allium* характеризуется способностью аккумулировать метилированные формы селеносодержащих аминокислот: селенометил селенометионин, селенометил селеноцистеин и у-глутамил селенометил селеноцистеин [10]. Отличительной особенностью двух последних соединений является их выраженное антиканцерогенное действие [12]. Установлено, что количество этих соединений многократно возрастает при обогащении растений микроэлементом селеном. В связи с этим неизменный интерес исследователей привлекает получение функциональных продуктов питания на основе растений рода *Allium*. Наиболее изученным природным аккумулятором селена является чеснок — *Allium sativum* L., для которого разработаны различные методы обогащения селеном, установлено содержание основных производных микроэлемента селена и доказано их антиканцерогенное действие [15]. В меньшей степени исследованы уровни аккумуляции селена многолетними луками и луком репчатым [1,8]. Данные по аккумуляции селена черемшой или луком победным (*A. victorialis*) и луком медвежим (*A. ursinum*) практически отсутствуют.

Наиболее изученным является дикорастущий лук медвежий — *A. iirsimim*, распространенный в лесах Европы и северной Азии [13]. Он широко используется как приправа, салат, а также в традиционной медицине. Установлено, что лук медвежий сильнее снижает кровяное давление у крыс, чем чеснок. Показано, что 1%-й раствор экстракта значительно снижает уровень холестерина в крови и увеличивает уровень липопротеинов высокой плотности. Экстракты лука медвежьего и репчатого лука эффективны в лечении заболеваний, связанных с повышенной резорбцией костей (болезнь Пагета, рак костей, остеопороз). Определение антиоксидантной активности показало, что *A. iirsimim* лидирует среди всех представителей *Allium* по активности каталазы (САТО), превышающей этот показатель для лука репчатого — *Allium cepa* L. в 3,4 раза. Предполагают, что высокая антиоксидантная активность *A. iirsimim* обусловлена высоким содержанием флавоноидов [14].

Так как введение в культуру лука победного и лука медвежьего представляет большой практический интерес, целью данной работы явилось сравнение урожайности и селен-аккумулирующих свойств обоих видов. В связи с этим основные задачи состояли в определении урожайности зеленой массы и семян, общей семенной продуктивности, содержания селена, а также флавоноидов, аскорбиновой кислоты и некоторых других биохимических показателей растений в зависимости от условий выращивания.

Представленная работа является частью исследований по изучению лука победного и лука медвежьего, проводимых в течение более трех лет [5, 6].

Методика исследований

A. iirsimim и *A. victorialis* выращивали на интродукционном поле ботанического сада Всероссийского института лекарственных и ароматических растений (ГНУ ВИЛАР) на дерново-подзолистых почвах с содержанием общего азота — 0,068-0,072%; рН (водная) — 6,1-6,4; P₂O₅ — 16,61-18,72 мг/100 г; K₂O — 18,9-19,3 мг/100 г. В конце первой и в конце второй декады мая вносили в почву 0,01 М раствор селената натрия в дозировке 10 л на 10 пог. м рядка. Динамику роста растений определяли по методикам для интродуцентов [2]. Учеты урожая в 4-кратной повторности и сбор образцов листьев отбирали в конце мая. Размер учетной делянки 1 м². В свежих листьях определяли содержание витамина С визуальным титрованием 2,6-дихлорофенол индофенолятом натрия и количество хлорофилла — спектрофотометрически по величине поглощения спиртового экстракта при 665 нм [4]. Уровень селена устанавливали в высушенных при комнатной температуре и гомогенизированных образцах листьев с помощью флуорометрического метода [7]. В качестве референс-стандарта использовали образец лиофилизованной капусты с регламентированным содержанием селена 150 мкг/кг.

Содержание флавоноидов определяли спектофотометрически [4, 10]. Статистическую обработку материала осуществляли с использованием t-теста Стьюдента. Урожайность определяли в период начала бутонизации методом сбора растений с 1 м² и взвешиванием зеленой массы. Густота стояния растений при выращивании составляла 20 см.

Результаты и их обсуждение

Сначала нами определялась урожайность зеленой массы и семян растений *A. iirsimim* и *A. victorialis* в зависимости от условий выращивания (тень; свет; свет и внесение в почву раствора селената натрия) в 2010 и 2011 гг. Результаты наблюдений представлены в таблице 1.

Урожайность зеленой массы и семян *A. ursinum* и *A. victorialis* в 2010 и 2011 гг. в зависимости от условий выращивания

Наименование видов	Условия выращивания	2010 г.			2011 г.		
		урожайность, г/м ²	масса 1000 семян, г	урожай семян, всего, г	урожайность, г/м ²	масса 1000 семян, г	урожай семян, всего, г
<i>A. ursinum</i>	Тень	118,2	5,1	8,25	—	—	—
	Свет	88,8	—	—	—	—	—
	Свет, селен	112,65	—	—	—	—	—
<i>A. victorialis</i>	Тень	208,6	5,2	11,4	219,4	7,12	12,4
	Свет	177,5	4,88	5,47	185	—	—
	Свет, селен	211,28	5,63	11,6	219,87	6,4	12,0
НСР ₀₅		17,6	0,4	1,96	16,7	—	—

Вследствие неблагоприятных погодных условий (жаркое и засушливое лето) в 2010 г. *A. iirsimim* прошел основные фенологические фазы, включая цветение, но семена завязались у растений, произраставших на тенистом участке. Так как в 2010 г. лето было жарким и засушливым, по-видимому, не заложилась луковица возобновления, поэтому в 2011 г. *A. ursinum* не образовал вегетативных побегов. *A. victorialis*, для которого нехарактерна луковица возобновления, произрастал как на тенистом участке без внесения в почву раствора селената натрия, так и на солнечном участке с внесением в почву раствора селената натрия. Как в 2010, так и в 2011 гг., *A. victorialis* проходил все фенологические фазы, цвел и давал семена. Все это говорит о более высокой экологической пластичности лука победного.

Что касается *A. iirsimim* в 2010 г., то как у растений, выращенных на тенистом участке без внесения в почву раствора селената натрия, так и у растений, выращенных на солнечном участке без внесения в почву селената натрия, урожайность зеленой массы в тени составила 118,2 г/м² и превышала урожайность зеленой массы растений, выращенных на свету с добавлением в почву раствора селената натрия. Растения, выращенные на солнечном участке с добавлением в почву селената натрия, дали более высокий урожай по сравнению с растениями, также выращенными на солнечном участке, но без добавления в почву селената натрия. Так, по-видимому, проявляется роль селена в защите растений от солнечной радиации.

На рисунке 1 представлены результаты определения урожайности зеленой массы и семян *A. victorialis* в 2010 и 2011 гг. в зависимости от условий выращивания. Растения *A. victorialis*, выращенные на свету с добавлением в почву раствора селената натрия, в 2010 и 2011 гг. давали более высокие урожаи зеленой массы, чем растения, выросшие в тени. Масса 1000 семян, собранных с растений, выращенных на почве с добавлением селената натрия, в 2010 г. превысила семенную продуктивность в других вариантах. Общая урожайность семян растений, выращенных с добавлением селената натрия, также оставалась самой высокой. В 2011 г., когда погодные

Лук победный

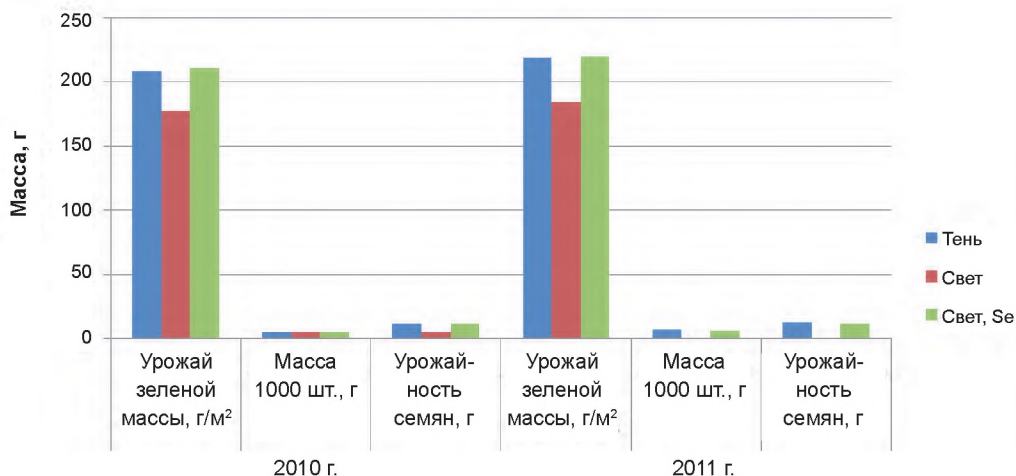


Рис. 1. Урожайность зеленой массы и массы 1000 семян и общая семенная продуктивность *A. victorialis* в 2010 и 2011 гг. в зависимости от условий выращивания

условия были более благоприятными, положительное влияние селена снижалось. Урожайность семян и масса 1000 шт., собранных с растений, вегетировавших в тени, превысила урожайность семян растений, выращенных с добавлением селената натрия. Зато урожайность зеленой массы растений, выращенных на почве с добавлением раствора селената натрия, оставалась самой высокой. Растения, вегетировавшие на свету, без внесения в почву раствора селената натрия, цвели, однако, семена не завязали, по-видимому, из-за неблагоприятных условий лета 2010 г.

Биохимические показатели растений обоих видов, выращенных в полевых условиях, представлены в таблице 2. Из приведенной таблицы следует, что растения *A. ursimum* и *A. victorialis*, выращенные в полевых условиях вегетации, имеют сходные значения содержания сухого вещества, количества хлорофилла

Т а б л и ц а 2

Биохимические показатели *A. ursinum* и *A. victorialis*

Наименование	Условия выращивания	Сухое вещество, %	Хлорофилл, мг/100 г	Аскорбиновая кислота, мг/100 г	Флавоноиды, мг/кг	Селен, мкг/кг сух. в-ва
<i>A. ursinum</i>	Тень	6,65±0,7	20±1	64±3	96±4	62±4
	Свет	9,56±0,8	20± 2	65±4	104±5	79±4
	Свет, селен	9,22±0,8	20± 1	66±3	—	482±33
<i>A. victorialis</i>	Тень	10,94±0,9	16± 1	64±3	204±6	131 ±7
	Свет	14,83±0,9	18± 1	63±3	241±5	166±6
	Свет, селен	11, 7±60,8	17±2	75±5	231±5	1392±56

и аскорбиновой кислоты. Влияние освещения на эти показатели незначительно, и для обоих видов наблюдается лишь тенденция к возрастанию количества сухого вещества, хлорофилла и аскорбиновой кислоты при увеличении интенсивности инсоляции. Содержание аскорбиновой кислоты по всем вариантам было в пределах 63-65 мг/100 г листьев, что согласуется с данными, представленными в литературе [3].

Существенные различия между *A. iirsimim* и *A. victorialis* наблюдались по накоплению флавоноидов и микроэлемента селена. Известно, что род *Allium* входит в группу наиболее богатых природных источников диетических флавоноидов, определяя основную часть их потребления человеком [9]. Нами установлено, что количество флавоноидов в *A. victorialis* более чем в два раза превышает значение этого показателя для *A. iirsimim*. Растения, выращенные в тени, характеризовались более низким содержанием флавоноидов в листьях, что согласуется с имеющимися литературными данными о ключевой роли этих соединений в защите растений от солнечной радиации. В пределах рода *Allium* растения видов *A. iirsimim* и *A. victorialis* накапливают сравнительно невысокое количество флавоноидов: приблизительно в 1,8 раз ниже, чем лук-батун — *Allium fistulosum* L., в 3 раза ниже, чем шнитт-лук — *Allium schoenoprasum* L. и в 5,5 раз ниже, чем чеснок — *A. sativum*.

По уровню накопления селена лук победный — *A. victorialis* — намного превосходит лук медвежий — *A. iirsimim* (см. табл. 1). Показательно, что содержание селена в листьях *A. iirsimim* и *A. victorialis* выше при выращивании растений на свету, что предполагает участие микроэлемента селена в защите растений от оксидантного стресса, вызванного повышенной инсоляцией. Результаты согласуются с литературными данными о защитном действии селена против УФ-радиации [11].

Эффективность обогащения селеном имеет принципиальные различия для медвежьего и победного луков. При обработке растений селенатом натрия уровень накопления микроэлемента в растениях возрастает в 8,4 раза у *A. victorialis* и только в 6,1 раз у *A. iirsimim* (см. табл.1). Показательно, что повышение содержания селена в листьях исследуемых растений не влияло на содержание флавоноидов.

О селен-аккумулирующей способности листьев растений некоторых видов рода *Allium* можно судить по рисунку 2.

Из представленной гистограммы видно, что селен-аккумулирующая способность растений вида *A. iirsimim* несколько ниже значений этого показателя для других представителей рода *Allium*, в то время как уровень аккумуляции микроэлемента *A. victorialis* приближается к показателю накопления селена многолетним луком-батуну — *A. fistulosum*, что согласуется с литературными данными [1]. Таким образом, выявлены видовые различия в аккумуляровании селена и флавоноидов в пределах рода *Allium*, а также установлена разная отзывчивость на обработку растений раствором селената натрия.

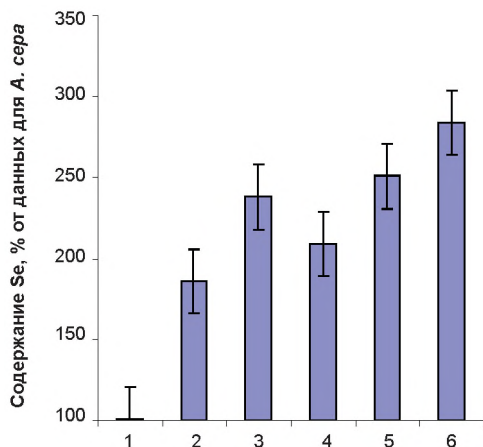


Рис. 2. Селен-аккумулирующая способность листьев рода *Allium*. 1 — *A. ursinum*, 2 — *A. victorialis*, 3 — *A. sativum*, 4 — *A. fistulosum*, 5 — *Allium nutans* L., 6 — *A. schoenoprasum*;

I — величина погрешности

Выводы

1. Установлено, что урожайность как сырья, так и семян вне зависимости от условий выращивания и обработки селенатом натрия была выше у *A. victorialis*, чем у *A. irsimim*.

2. Выявлено, что большей экологической пластичностью характеризуется *A. victorialis*, что позволяет рекомендовать его как более перспективный вид для выращивания в культуре, способный произрастать не только на затененных, но и на открытых участках.

3. Определены видовые различия в селен-аккумулирующей способности и накоплении флавоноидов. Наиболее высокие показатели были отмечены у *A. victorialis*. Выявлены защитные свойства селена при воздействии на растение водного и температурного стресса.

Библиографический список

1. Голубев Ф.В., Голубкина Н.Л., Горбунов Ю.Н. Минеральный состав многолетних луков и их пищевая ценность // Прикладная биохимия и микробиология. 2003. Т. 39. № 5. С. 602-606.
2. Методика исследований при интродукции лекарственных растений / Н.И. Майсурадзе [и др.] // Обзорная информация. Сер. Лекарственное растениеводство. М., 1984. Вып. 3. 32 с.
3. Пивоваров В. Ф., Еришов И.И., Агафонов А.Ф. Луковые культуры. М., 2001. 500 с.
4. Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище / Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. М., 2004. С.127-131.
5. Савченко О.М., Маланкина Е.Л., Козловская Л.Н. Влияние регуляторов роста на прорастание семян лука победного (*Allium victorialis* L.) и лука медвежьего (*Allium ursinum* L.) // Известия ТСХА. 2010. Вып. 6. С. 61-66.
6. Савченко О.М., Маланкина Е.Л., Козловская Л.Н. Последствие применения регуляторов роста в стадии плодоношения на качественные показатели семян лука победного (*Allium victorialis* L.) и лука медвежьего (*Allium ursinum* L.) // Известия ТСХА. 2011. Вып. 5. С. 55-60.
7. Alfthan G.V A micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry //Anal. Cliim. Acta. 1984. Vol. 65. P. 187-194.
8. Arnault I., Auger J. Seleno-compounds in garlic and onion // Plant analysis. 2006. Vol. 1112. Iss.1-2. P. 23-30.
9. Carotenuto A., Feo V.D., Fattorusso E., Lanzotti V, Magano S., Circala C. The flavonoids of *Allium ursinum* L. //Phytochemistry. 1996. Vol. 41. P. 531-536.
10. Hou Wu, Dushenkov S., Chi-Tang Ho, Shengmin Sang Novel acetylated flavonoid glycosides from the leaves of *Allium ursinum* L. // Food Chemistry. 2009. Vol. 115. Iss. 2. P. 592-595.
11. Germ M, Kreft I., Os'ald J. Influence of UV exclusion and selenium treatment on photochemical efficiency of photosystem II, yield and respiratory potential in pumpkins (*Cucurbita pepo* L.) // Plant Physiol. Biochem. 2005. Vol. 43. P. 445-448.
12. Rizkva A., Miyazaki R., Nakazawa M., Kovama H. Chemical forms of selenium for cancer prevention// J. Trace Elem. Med. Biol. 2005. Vol.19. № 2-3. P. 141-150.
13. Schmitt B., Schulz H., Storsberg J., Keusgen M. Chemical characterization of *Allium ursinum* L. depending on harvesting time // J. Agr. Food Chem. 2005. Vol. 53. P. 7288-7294.
14. Stajner D., Popovic B.M., Canadanovic-Brunet J., Stajner M. Antioxidant and scavenger activities of *Allium ursinum* //Fitoterapia. 2008. Vol. 79. P 303-305.
15. Yang W. Studies on the stabilities of bioactive selenocompounds in selenium-enriched garlic and onion//Wei Sheng Yan. Jiu. 2002. Vol. 31 (4). P. 252-255 (кит).

Рецензент — д. с.-х. н. С. Л. Бело пухов

PRODUCTIVITY AND SELENIUM ACCUMULATION IN
ALLIUM VICTORIALIS L. AND ALLIUM URSINUM L. — PECULIARITIES

N.A. GOLUBKINA¹, O.V. KOSHELEVA¹, O.M. SAVCHENKO², A. Y. SOLOVIYOVA³,
L.N. KOZLOVSKAYA³, E.L. MALANECINA³

(' FSBI "Institute of Nutrition" RAMS,² SRI "All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants",³ RTSAU named in honour of K. A. Timiryazev)

Among all Allium species, A. ursinum L. and A. victorialis L. are the least studied in terms of selenium accumulation capability. The content of selenium in leaves of plants grown under usual conditions and in soils fertilized with sodium selenate has been determined by means of fluorometric analysis. In all cases, A. victorialis proved to accumulate twice as much selenium and flavonoids as A. ursinum, however, no significant difference in both ascorbic acid and chlorophyll content is demonstrated. The increase in insolation leads to a considerable rise in selenium, flavonoids and ascorbic acid concentration in leaves.

Key words: selenium, selenium accumulation, fluorimetric analysis, flavonoids, flavonoids ascorbic acid.

Голубкина Надежда Александровна — д.с.-х.н., ведущий научный сотрудник НИИ питания РАМН (115446, г. Москва, Каширское шоссе, д. 21; тел.: (903) 118-50-30; e-mail: sego lubk i na a ramb lc r. ru).

Кошелева Ольга Васильевна — научный сотрудник НИИ питания РАМН (115446, г. Москва, Каширское шоссе, д. 21; e-mail: segolubkina@rambler.ru).

Савченко Ольга Михайловна — научный сотрудник ГНУ «Всероссийский институт лекарственных и ароматических растений» (117216, г. Москва, ул. Грина, 7; тел.: (499) 712-13-09; e-mail: rgau-botanika@timacad.ru).

Соловьева Анна Юрьевна — аспирант кафедры виноградарства и виноделия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; тел.: (499) 976-48-77; e-mail: gandurina@mail.ru).

Козловская Ламара Николаевна — к.б.н., доцент кафедры ботаники РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; тел.: (499) 976-16-18; e-mail: lkozlovskaya@mail.ru).

Маланкина Елена Львовна — д.с.-х.н., проф. кафедры виноградарства и виноделия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; тел.: (499) 976-16-16; e-mail: gandurina@mail.ru).