



АККУМУЛИРОВАНИЕ СЕЛЕНА БАЗИЛИКОМ ОГОРОДНЫМ (*OCIMUM BASILICUM* L.)

Голубкина Н.А.¹ – доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник агрохимического испытательного центра

Маланкина Е.Л.² – доктор с.-х. наук, профессор кафедры виноградарства и виноделия

Соловьева А.Д.² – аспирант кафедры виноградарства и виноделия

Кошелева О.В.³ – н.с. лаборатории витаминов и минеральных веществ

Кривенков Л.В.¹ – кандидат с.-х. наук, зав. сектором экологической селекции

Добруцкая Е.Г.¹ – доктор с.-х. наук, зав. лаб. экологических методов селекции

¹ ГНУ Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур Россельхозакадемии
143080 Московская область, Одинцовский р-н, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д.14
E-mails: segolubkina@rambler.ru; krivenkov76@mail.ru; vniissok@mail.ru

²РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева
127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49, корпус № 17
E-mails: gandurina@pochta.ru; anechka_kotenok@rambler.ru

³ГНУ НИИ питания РАМН
Москва, 109240, Устьинский пр, 2/14
E-mail: ok-ion-vit@yandex.ru

Изучена селенаккумулялирующая способность сортообразцов базилика. Установлена прямая корреляция между содержанием селена и концентрацией эфирного масла в коллекции базилика и других эфиромасличных культур. Взаимосвязи содержания селена с флавоноидами не обнаружено.

Ключевые слова: базилик, селен, эфирное масло, флавоноиды

Введение

Базилик является богатым источником эссенциального масла и широко используется в кондитерской промышленности, как приправа к мясу, приготовления заправки к салатам, безалкогольных напитков и мороженого. Широкий спектр биологической активности растения определяет его применение

как антиаллергенного, антиканцерогенного (Gajula et al, 2009; Nakkim et al, 2007; Beric et al, 2008), антимикробного, антисептического, спазмолитического (Suprakul et al, 2003), противогрибкового, противовирусного, противовоспалительного, анальгетического и иммуностимулирующего средства (Umadevi, 2001). В литературе описаны бакте-

рицидное, антиоксидантное, противовоспалительное, противоязвенное, противодиарейное действие базилика, снижающее уровень сахара в крови, стимулирующее нервную систему, проявляющее радиопротекторное действие (Prakash&Gupta, 2000; Umadevi, 2001). Значительная часть биологической активности базилика определяется присутствием

природных антиоксидантов. Так, важнейшими компонентами базилика *O. basilicum* являются розмариновая (Kim et al, 2003), кофейная кислота (Gulcin et al, 2007), терпеноиды (Loughrin&Kasperbauer, 2001), оксикоричные кислоты (синаповую и феруловую) (Chamila et al, 2003), флавоноиды (Umadevi, 2001), антоцианины (Mazza&Miniati, 1993; Simon et al, 1999; Singelton et al, 1999).

С другой стороны, крайне ограничены сведения о содержании в базилике еще одного природного антиоксиданта, обладающего антиканцерогенным действием, – селена (Справочник, 2002). Хотя эссенциальность селена для растений (в отличие от млекопитающих) не доказана, его защитная роль в отношении разного рода стрессов (засуха,

подтопление, воздействие тяжелых металлов, вредных насекомых и т.п.) не вызывает сомнения (Голубкина, Папазян, 2006; Golubkina, Skryabin, 2009). Кроме того, ограничены сведения о взаимосвязи селена с вторичными метаболитами растений. Так, установлено активирование нитрат редуктазы под действием селенатов и селенитов (Голубкина, Соколов, 2012), показана взаимосвязь селена с половыми гормонами (Солдатов, 2008), установлено, что селен способствует накоплению полиненасыщенных жирных кислот в семенах льна (Голубкина, Киселева, 2012) и сельдерейных (Голубкина и др, 2010). Что касается влияния селена на накопление эфирных масел, то этот вопрос до сих пор остается открытым и требу-

ет своего разрешения.

Целью настоящего исследования было установление сортовых особенностей аккумуляирования селена базиликом и выявление взаимосвязей с содержанием эфирных масел и флавоноидов.

Материалы и методы

Материалом для исследований послужили 20 образцов базилика огородного различного эколого-географического происхождения и места репродукции, полученные из мировой коллекции ГНЦ ВИР и розничной сети.

Исследования проводили на дерновоподзолистой тяжелосуглинистой почве со средним содержанием гумуса -3,5%, фосфора – 10 мг/100 г, калия – 15 мг/100 г; pH 6,5. Содер-

1. Сортовые различия в аккумуляировании селена базиликом

№ п/п	№ кат ВИР, название	Происхождение	Место репродукции	Год репродукции	Содержание селена мкг/кг сухой массы
1	К-117	Йемен	Майкоп	2007	40±4
2	К-63	Аргентина	Крымск	2001	45±3
3	К-3	Армения	Волгоград	2007	46±5
4	К-9	Азербайджан	Волгоград	2007	46±4
5	«Базилик»	Россия	-	-	47±4
6	К-48	Китай	Майкоп	2003	50±5
7	Фиолетовый Ереванский	Россия	-	-	52±5
8	Тонус	Россия	-	-	56±6
9	Философ	Россия	-	-	58±5
10	К-106	Туркмения	Волгоград	2008	62±5
11	К-44	Чехия	Майкоп	2004	63±6
12	К-26	Узбекистан	Волгоград	2001	67±6
13	К-32	-	-	-	68±7
14	К-130	Габон	Крымск	2008	70±7
15	К-73	Иран	Волгоград	2008	71±6
16	Гвоздичный	Россия	ВНИИССОК	2008	73±7
17	К-318	Венгрия	Майкоп	2003	84±7
18	К-173	Непал	Крымск	2008	85±8
19	К-33	Киргизия	Майкоп	2008	94±9
20	Карамельный	Россия	ВНИИССОК	2008	96±9

2. Содержание селена в календуле и мяте (мкг/кг сухой массы)

Сорт календулы	Содержание селена	Сорт мяты	Содержание селена
Абрикос	22±1	Медичка	117±9
Арт шедс	25±2	Москвичка	130±10
Еллоу Гитана	49±3	Згатка	134±10
Оранжевый король	55±3	Кубанская	161±11
Фиеста Гитана	77±5	Янтарная	276±15

жание селена составило 240±25 мкг/кг сухой массы.

Опыт закладывали по методике коллекционного изучения согласно ОСТ 46 71-78 этап I с учетом биологических и агротехнических особенностей базилика. Посев семян проводили 24 апреля в пластиковые кассеты, наполненные торфяной смесью. Рассадку выращивали в условиях весенней пленочной теплицы. До пересадки растений в грунт, по мере необходимости, проводили многократные поливы и подкормки растворимыми комплексными удобрениями «Кемира-Люкс». Высадка в открытый грунт осуществлялась 4

июня. Схема посадки на грядах двухстрочная. Размер опытной деланки – 7,5 м². С целью выявления особенностей аккумуляирования селена базиликом отдельно выращивали образцы мяты (5 сортов) и календулы (5 сортов) в открытом грунте по общепринятой методике.

В середине июля листья с соцветиями собирали, высушивали при комнатной температуре до постоянной массы и гомогенизировали.

Эфирное масло базилика выделяли перегонкой с водяным паром. Количество эфирного масла устанавливали гравиметрически.

Содержание селена в образцах

базилика, мяты и календулы определяли с помощью флуориметрического метода, основанного на мокром сжигании смесью азотной и хлорной кислот, восстановлении шестивалентного селена до Se⁺⁴ действием 6N соляной кислоты и образовании флуоресцирующего комплекса между селенистой кислотой и 2,3-диаминонафталином (Alfthan, 1984).

Концентрацию флавоноидов в листьях базилика устанавливали спектрофотометрически (Руководство, 2004).

Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием критерия Стьюдента.

3. Сортные различия в аккумуляировании селена некоторыми сельскохозяйственными культурами

Наименование	n*	Среднее	Интервал концентраций	Литература
Базилик	20	63,7±13,5	40-96	Настоящая работа
Календула	5	45,6±17,7	22-70	
Мята	5	164±45	117-276	
Томат	6	50±9	38-62	Голубкина и др, 2002
Паприка	9	84±17	52-114	Бавыкина и др, 2012
Многолетние луки	14	180±13	155-221	Голубкина и др, 2009
Капуста китайская	13	236±33	131-308	Голубкина и др, 2003
Капуста пекинская	17	239±63	122-369	

Результаты и их обсуждение

Уровни аккумуляции селена сортообразцами базилика находились в интервале концентраций от 40 до 96 мкг/кг сухой массы и были несколько выше соответствующих значений для календулы (табл.1,2).

В то же время обращает внимание, что средние показатели накопления селена мятой при прочих равных условиях более чем в 2 раза превышали значения, характерные для базилика, хотя известно, что все три вида относятся к растениям, не аккумуляторам селена (Голубкина, Папазян, 2006). Возможности значительных различий в аккумуляции селена покрытосеменными растениями описаны и для других сельскохозяйственных культур (табл.3). Так, томаты и паприка имеют сходные уровни аккумуляции селена с базиликом, в то время как капуста пекинская и китайская, а также луки многолетние отличаются поразительно высокими уровнями накопления микроэлемента.

Являясь компонентом антиоксидантной защиты растений, селен часто оказывается взаимосвязан с другими природными антиоксидантами. Прямые взаимосвязи селена с различными природными антиоксидантами описаны для разных сельскохозяйственных культур: для капусты китайской (*Brassica chinensis* L.) – с содержанием витамина С ($r=+0,79$; $n=23$), для перца сладкого (*Capsicum annuum* L.) – с суммарным содержанием каротиноидов ($r=+0,82$; $n=14$), для жимолости – с уровнем накопления флавоноидов ($r=+0,58$; $n=21$) (Голубкина и др., 2011), для сельдерейных – с содержанием полиненасыщенных жирных кислот в семенах ($r=+0,81$; 8 видов)

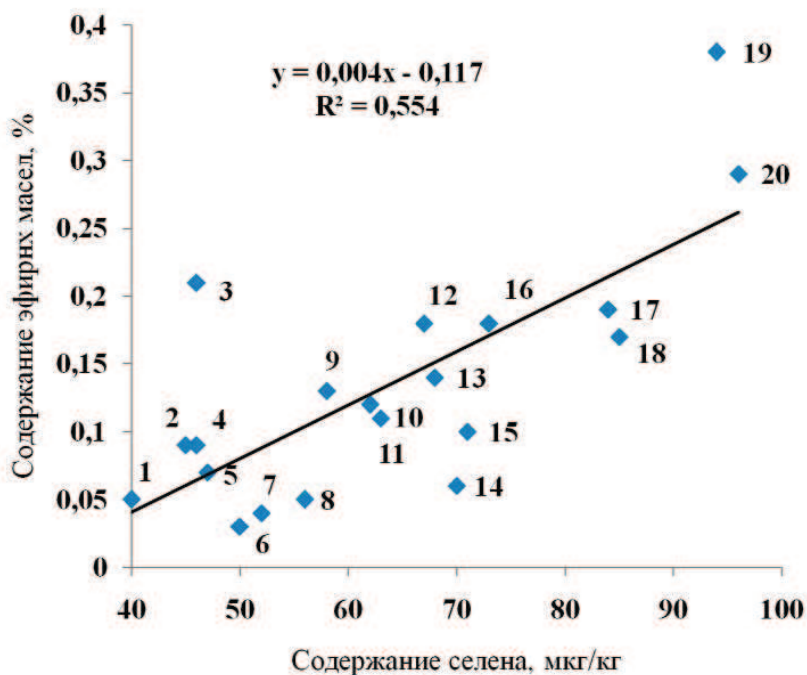


Рис. 1. Взаимосвязь между содержанием селена в базилике и уровнем накопления эфирных масел ($r=+0,74$; $P<0,001$) (номера точек соответствуют нумерации табл. 1)



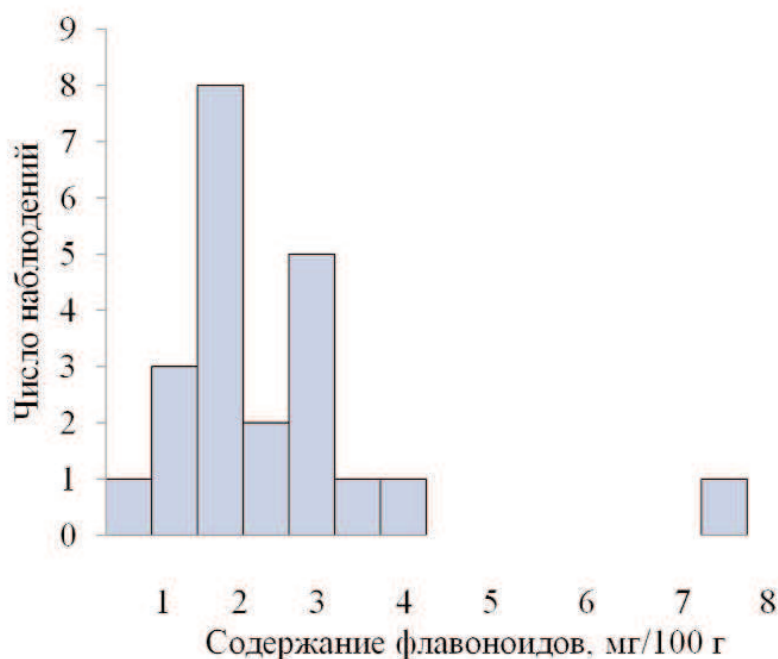


Рис. 2. Гистограмма содержания флавоноидов в базилике

(Голубкина и др., 2010). При этом каждая из выявленных взаимосвязей характерна для определенного вида растений и не повторяется для других видов. Механизмы таких взаимосвязей до настоящего времени не выявлены.

Являясь вторичными метаболитами растений, эфирные масла представляют собой сложную смесь терпеноидов и ароматических соединений. Установлено, что многие из вторичных метаболитов защищают растения против вирусов, бактерий, грибов и насекомых вредителей. Многие из этих соединений, включая эфирные масла, влияют на рост и развитие соседствующих растений. Показательно, что микроэлемент селен проявляет аналогичные свойства в высших растениях. Так, установлено защитное действие селена в отношении бактериальных инфекций и насекомых-вредителей (Golubkina, Skryabin, 2010; Голубкина и др., 2002). Выявлено, что растения-аккумуляторы селена подавляют рост растений не аккумуляторов

(El Mehdawi et al, 2011).

Количество эфирных масел и их состав определяется генетическими и сортовыми особенностями вида, рН почвы, температурой, относительной влажностью, временем сбора урожая, плотностью посадки растений и минеральным питанием (Маланкина, 2009). Результаты настоящих исследований свидетельствуют о существовании достоверной взаимосвязи между величиной аккумуляции эфирных масел в базилике (рис. 1).

Как видно из представленных данных, сортобразец К-33 и сорт Карамельный характеризуются наиболее высоким содержанием селена и эфирных масел. Наблюдаемая закономерность может быть объяснена, по крайней мере, частично антагонистическими взаимосвязями селена и тяжелых металлов. В самом деле, для базилика известна обратная корреляция между содержанием эфирных масел и величиной накопления свинца, кадмия и меди (Zheljazkov et al, 2006). Аналогичные обратные

корреляции характерны и между уровнями аккумуляции селена сельскохозяйственными растениями и величиной аккумуляции тяжелых металлов (Голубкина, Папазян, 2006). Это позволяет предположить возможность опосредованного влияния селена на накопление эфирных масел путем подавления аккумуляции тяжелых металлов.

Другими важными вторичными метаболитами базилика являются флавоноиды. Ранее нами было показано существование прямой корреляции между уровнем накопления селена и содержанием флавоноидов в коллекции многолетних луков (Дудченко, 2010), что давало основание предполагать возможность аналогичных взаимосвязей и в других видах сельскохозяйственных растений. Было установлено, что средний уровень флавоноидов в исследуемых образцах базилика составил $2,58 \pm 1,17$ мг/100 г и варьировал от 0,09 до 7,43 мг/100 г сухой массы (рис. 2).

Обращает внимание аномально высокое содержание флавоноидов (более 7 мг/100г) в сортобразце К-32. В отличие от многолетних луков, для выбранной коллекции базилика мы не наблюдали взаимосвязи между содержанием селена и уровнем аккумуляции флавоноидов ($r=+0,15$; $P>0,5$). Очевидно, что взаимосвязи уровня аккумуляции селена с различными вторичными метаболитами растений строго видоспецифичны.

Таким образом, впервые установлена прямая взаимосвязь уровней аккумуляции эфирных масел и селена в коллекции сортобразцов базилика и отсутствие взаимосвязи указанных показателей с величиной накопления флавоноидов.

Литература

1. Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище. Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России/М., 2004.-С.127-131.
2. Бавыкина Н.В. Выделение исходного материала перца сладкого сорта «Паприка» с высоким содержанием биологически активных вещества/Дисс. канд.с-х.н.-М.-2012.
3. Голубкина Н.А., Папазян Т.Т. Селен в питании. Растения, животные, человек/М., Печатный город. -2006.
4. Голубкина Н.А., Соколов Я.А. Биоритмы селена/ВНИИССОК, 2012.- 65 с.
5. Голубкина Н.А., Киселева Т.В., Викторова Е.В., Курбакова О.В., Федорова М.И. Жирнокислотный состав масла семян сельдерейных //Гавриш. – 2010. – № 3.- С. 45-48.
6. Голубкина Н.А., Кроль Т.А., Стрелец В.Д., Киселева Т.В. Влияние селената натрия на накопление льняного масла и его жирнокислотный состав//Пищевая пром.-2012.-№3.-С.28-30.
7. Голубкина Н.А., Агафонов А.Ф., Дудченко Н.С. Содержание микроэлементов в многолетних луках//Гавриш.-2009.-№5.-С.18-21.
8. Голубкина Н.А., Демьянова-Рой Г.Б., Жумаев А.Д. Динамика накопления селена плодами томата//Научные труды, посвященные 70-летию ВНИИО. -М., 2002.-Т.2.- С.44-45.
9. Голубкина Н.А., Старцев В.И., Темичев А.В. Перспективы использования китайской капусты в России//Межд. Научно-практическая конф. «Приоритетные направления в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных растений в XXI веке».-М.-2003.-С.528-531.
10. Маланкина Е.Л. Лекарственные эфиромасличные культуры/М., РГАУ-МСХА им. Тимирязева.-2009.
11. Справочник Макканса и Уиддоусона. Химический состав и энергетическая ценность пищевых продуктов/Санкт-Петербург, Профессия.-2002.
12. 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.
13. Beric, T., Nikolic B., Stanojevic J., Vukovic-Gacic B., Knezevic-vukcevic J. Protective effect of basil (*Ocimum basilicum* L.) against oxidative DNA damage and mutagenesis//Food Chem. Toxicol.-2008.- Vol.46.-P. 724-732.
14. Broadley M.R., Willey N.J., Wilkins J.C., Baker A.J.M., Mead A, White P.J. Phylogenetic variation in heavy metal accumulation in angiosperms//New Phytologist.-2001.-Vol.152.-P.9-27.
15. Chamila, J., G. Naohiro, A. Tomako and W. Shun. Phenolics composition and antioxidant activity of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.)//J. Agric. Food Chem.-2003-Vol.51-P.4442-4449.
16. Gajula, D., Verghese M., Boateng J., Walker L.T., Shackelford L., Mentreddy S.R., Cedric S. Determination of total phenolics, flavonoids and antioxidant and chemopreventive potential of basil (*Ocimum basilicum* L. and *Ocimum tenuiflorum* L.)//Int. J. Cancer Res.-2009.-Vol. 5.-P. 130-143.
17. Gulcin, I., M. Elmastas and H.Y.A. Enein. Determination of antioxidant and radical scavenging activity of basil (*Ocimum basilicum* L.) assayed by different methodologies. //Phytotherapy Res.-2007.-Vol. 21.-P. 354-361.
18. Hakkim, F.L., Shankar C.G., Girija S. Chemical composition and antioxidant property of holy basil (*Ocimum sanctum* L.) leaves, stems and inflorescence and their *in vitro* callus cultures//J. Agric. Food Chem.-2007.-Vol. 55.-P. 9109-9117.
19. Kim, D., Chun O., Kim Y., Moon H., Lee C.. Quantification of phenolics and their antioxidant capacity in fresh plums//J. Agric. Food Chem.-2003.-Vol. 51.-P. 6509-6515.
20. Loughrin, J.H., Kasperbauer M.J. Light reflected from colored mulches affects aroma and phenolic content of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves//J. Agric. Food Chem.-2001.-Vol. 49.-P.1331-1335.
21. Mazza G., Miniati E. Anthocyanins in Fruits, Vegetables and Grain. 1993.1st Edn., CRC Press, Boca Raton, FL., ISBN-10: 0849301726.
22. El Mehdawi AF, Quinn CF, Pilon-Smits EAH Selenium hyperaccumulators facilitate selenium tolerant neighbors via phytoenrichment and reduced Herbivory//Current Biol.-2011.-Vol.21.-P.1440-1449.
23. Prakash, J., Gupta S.K.. Chemopreventive activity of *Ocimum sanctum* seed oil//J. Ethnopharmacol. -2000.-Vol.72.-P. 2001-2011.
24. Simon, J., Morales M., Phippen W., Vieira F., Hao Z. Basil: A Source of Aroma Compounds and a Popular Culinary and Ornamental Herb. In: Perspectives of New Crops and New Uses, 1999. Janick, J. (Ed.). Ashs Press, P: 499-505.
25. Singelton, V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventos R.M. Analysis of total phenolics and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagents//Methods Enzymol.-1999.-Vol. 299.-P. 152-178.
26. Suppakul, P., Miltz J., Sonneveld K., Bigger S.W. Antimicrobial properties of basil and its possible application in food packaging//J. Agric. Food Chem.-2003.-Vol. 51.-P. 3197-3207.
27. Umadevi, P. Radioprotective, anticarcinogenic, and antioxidant properties of the Indian holy basil, *Ocimum sanctum* (Tulasi)//Indian J. Exp. biol.-2001.-Vol. 39.-P. 185-190.
28. Zheljzakov VD, Craker LE, Xing <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847205001012> – aff2 B. Effects of Cd, Pb, and Cu on growth and essential oil contents in dill, peppermint, and basil//Environmental and Experimental Botany.-2006.-Vol. 58 (Iss 1-3).- P.9-16.