

УДК 633.88:631.8:631.55:581.192

ИЗУЧЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ТРАВЕ ЭХИНАЦЕИ ПУРПУРНОЙ СВЕЖЕЙ И ЕЕ СОКЕ ПРИ ВНЕСЕНИИ МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ

© **В.Б. Загуменников¹**, А.В. Молчанова², Е.Ю. Бабаева^{3*}, А.Л. Петрова³

¹Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР РАСХН), ул. Грина, 7–1, Москва, 117216 (Россия)

²Всероссийский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства овощных культур (ВНИИССОК), п/о Лесной Городок Одинцовского р-на Московской области, ул. Селекционная, 14, 143080 (Россия)

³Российский университет дружбы народов (РУДН), ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, 117198 (Россия)

Впервые проанализировано содержание аскорбиновой кислоты в траве эхинацеи пурпурной свежей в целом, а также в ее структурных элементах и соке в зависимости от возраста растений, некорневых подкормок растворами, содержащими N, Co, Fe, B, Si в усвояемой форме, и года проведения опыта.

Ключевые слова: *Echinacea purpurea*, трава свежая, сок, аскорбиновая кислота, макро- и микроудобрения.

Введение

Эхинацея пурпурная *Echinacea purpurea* (L.) Moench., (*Asteraceae*) является производящим растением для травы, травы свежей и корневищ с корнями, из которых получают препараты иммуностимулирующего действия [1]. Наименее изученным лекарственным растительным сырьем (ЛРС) из них является трава свежая [2]. Препараты из этого вида ЛРС – сок и высушенный сок с последующим таблетированием – выпускаются многими производителями. Однако помимо суммы производных оксикоричных кислот в пересчете на цикориевую кислоту, по которой стандартизируют траву свежую и сок из нее согласно нормативной документации (НД), в ЛРС и продуктах его переработки содержатся и другие биологически активные вещества (БАВ), в частности, аскорбиновая кислота (АК) [3]. Это один из наиболее важных, необходимых для жизнедеятельности организма человека витамин, сильный антиоксидант, способный нейтрализовать активные формы кислорода [4]. АК применяется как эффективное средство при профилактике и лечении злокачественных новообразований и тяжелых травм [5]. Впервые метод определения содержания АК с 2,6-

Загуменников Валерий Борисович – ведущий научный сотрудник лаборатории агротехники и агрохимии
Молчанова Анна Владимировна – научный сотрудник лаборатории агрохимических средств,
e-mail: vovka_ks@rambler.ru

Бабаева Елена Юрьевна – доцент,
e-mail: babaevaelena@mail.ru

Петрова Анна Леонидовна – провизор, интерн кафедры фармацевтической и токсикологической химии РУДН,
e-mail: petryshka@yandex.ru

дихлорфенолиндофенолятом натрия был предложен А. Тильмансом [6]. Его усовершенствовал В.Н. Букин [7]. Сведения о содержании этого соединения в траве эхинацеи пурпурной свежей и соке в доступной нам литературе отсутствуют. Сок представляет собой комплекс водорастворимых веществ, уникальность которого заключается в оптимальном сочетании БАВ.

* Автор, с которым следует вести переписку.

Для получения урожая сырья культивируемых растений с высоким содержанием БАВ в качестве удобрений вносят макро- и микроэлементы. Исследования по некорневым подкормкам макро- и микроэлементами на лекарственных культурах достаточно многочисленны [8, 9]. Азот в составе карбамида способен поглощаться клетками листьев в виде целой молекулы и усваиваться растениями путем прямого вовлечения в цикл превращений азотистых веществ [10]. В основе положительного действия ионов кобальта и бора на продуктивность растений лежит его влияние на формирование и функционирование фотосинтетического аппарата [8]. Феровит представляет собой раствор хелатного железа. Ионы железа являются важным катализатором образования хлорофилла [11]. Силиплант способствует повышению устойчивости растений к негативным факторам внешней среды, в том числе к возбудителям заболеваний и вредителям [12].

Цель работы – проанализировать накопление АК в траве эхинацеи пурпурной свежей, выращенной в условиях Нечерноземной зоны РФ, ее составных частях, а также соке, в зависимости от возраста растений, года проведения опыта и некорневой подкормки микроудобрениями и азотом.

Материалы и методы

В работе использовалось сырье «эхинацеи пурпурной трава свежая», полученное от растений 2-, 3-, 4-, 5- и 7-го гг. вегетации, заготовленное в фазу массового цветения на территории опытного севооборота ВИ-ЛАР в 2009–2010 гг. Растения выращивались с применением удобрения «Кемира – Свекловичное б», содержащего комплекс макро- и микроэлементов, из расчета $N_{80}P_{60}K_{90}$. Исследовали также сок, полученный из свежего ЛРС. Сок получали на ручной соковыжималке марки Healthy Juicer производства фирмы Lехen.

Для изучения влияния некорневой подкормки растений эхинацеи растворами $CO(NH_2)_2$, $CoSO_4$, H_3BO_3 , феровита, силипланта, а также совместных обработок указанными растворами на содержание в траве эхинацеи пурпурной свежей и соке АК был заложен полевой опыт по схеме:

- 1) Без обработки
- 2) Обработка водой
- 3) 2% раствор мочевины
- 4) 0,1% раствор $CoSO_4$
- 5) 2% раствор мочевины + 0,1% раствор $CoSO_4$
- 6) 0,1% раствор H_3BO_3
- 7) 2% раствор мочевины + 0,1% раствор H_3BO_3
- 8) 0,2% раствор феровита
- 9) 2% раствор мочевины + 0,2% раствор феровита
- 10) 0,2% раствор силипланта
- 11) 2% раствор мочевины + 0,2% раствор силипланта.

Концентрации растворов, способствующие максимальному накоплению основной группы БАВ, определены в предыдущих опытах [13]. Концентрация раствора $CoSO_4$ дана по кристаллогидрату. Полевые опыты проводили на дерново-среднеподзолистой тяжелосуглинистой почве. Площадь делянки общая 27 м², учетная 16,8 м², повторность 3-кратная. Растворы вносили с помощью ручного опрыскивателя из расчета 600 л/га в фенологическую фазу начала бутонизации. Наступление фаз определяли согласно «Методике исследований при интродукции лекарственных растений» [14].

Сбор сырья, получение сока и определение в них содержания АК проводили в течение одного дня. Методика определения содержания АК изложена в ГФ XI изд. [15]. Аналитическая повторность – 3-кратная. Математическую обработку результатов проводили с помощью двухфакторного дисперсионного анализа [16].

Результаты и их обсуждение

Наиболее оводненной частью в структуре травы эхинацеи пурпурной являются листья. Поэтому АК, как водорастворимое вещество, накапливалась именно в них достоверно больше, чем в траве в целом и других ее элементах независимо от возраста растений, применения некорневых подкормок макро- и микроудобрениями и года проведения опыта (табл. 1, 2).

Внесение в фазу бутонизации некорневой подкормки 2%-ным раствором карбамида в 2009 г. снижало концентрацию АК в траве эхинацеи пурпурной свежей, полученной от растений 2- и 3-го гг. вегетации и ее структурных элементах по сравнению с вариантами без внесения карбамида, что можно объяснить ростовым разбавлением.

Таблица 1. Влияние некорневых подкормок на содержание АК в свежем сырье эхинацеи пурпурной 2- и 3-го гг. вегетации 2009 г., мг%

| Вариант | 2%-ный раствор карбамида | Стебли | Листья | Соцветия и их зачатки | Трава |
|---|--------------------------|-----------|-------------|-----------------------|-----------|
| Без обработки | – | 5,20/5,50 | 8,00/9,05 | 6,50/7,49 | 6,85/8,60 |
| | + | – | – | – | – |
| Вода | – | 5,22/5,40 | 7,90/9,15 | 6,61/7,50 | 6,90/8,85 |
| | + | 4,60/4,73 | 7,75/9,00 | 6,50/7,15 | 6,81/8,20 |
| CoSO ₄ 0,1% | – | 5,80/5,92 | 9,40/10,59 | 6,75/7,94 | 7,75/9,80 |
| | + | 5,64/5,77 | 9,20/9,70 | 6,95/7,51 | 7,50/8,80 |
| H ₃ BO ₃ 0,1% | – | 5,39/5,68 | 8,90/9,45 | 6,52/7,50 | 7,04/8,92 |
| | + | 5,20/5,40 | 8,12/8,40 | 6,40/7,37 | 6,78/8,20 |
| Феровит 0,2% | – | 6,00/6,24 | 10,00/10,45 | 7,90/8,25 | 8,25/9,68 |
| | + | 5,79/5,98 | 9,40/9,71 | 7,70/7,75 | 7,75/8,92 |
| Силиплант 0,2% | – | 5,23/5,56 | 8,50/9,68 | 6,60/7,50 | 7,30/8,70 |
| | + | 4,91/5,35 | 8,35/9,38 | 6,25/7,44 | 6,80/8,20 |
| НСР ₀₅ ^А /НСР ₀₅ ^{В и АВ} | | 0,08/0,07 | 0,12/0,10 | 0,07/0,06 | 0,14/0,11 |

Примечание: в числителе содержание АК в сырье растений 2-го г. в., в знаменателе – 3-го г. в. Фактор А – некорневая подкормка, фактор В – элементы структуры травы, АВ – взаимодействие факторов

Таблица 2. Содержание АК в свежем сырье и соке эхинацеи пурпурной разных возрастов 2010 г., мг/%

| Показатель | 3 г.в. | 4 г.в. | 5 г.в. | 7 г.в. |
|---|---------|-----------|----------|-----------|
| Листья | 26,60 | 27,28 | 28,16 | 21,12 |
| Соцветия и их зачатки | 24,60 | 25,52 | 20,24 | 16,72 |
| Стебли | 9,68 | 7,16 | 8,80 | 6,04 |
| Трава | 18,04 | 16,02 | 17,68 | 12,32 |
| Сок | 18,00 | 16,90 | 17,68 | 14,80 |
| НСР ₀₅ ^А /НСР ₀₅ ^{В и АВ} | 1,5/1,3 | 2,17/1,21 | 2,15/1,5 | 2,20/1,62 |

Комплексные некорневые подкормки эхинацеи, включающие растворы карбамида и микроудобрений, позволили несколько повысить уровень накопления АК в траве эхинацеи пурпурной свежей и ее элементах по сравнению с внесением одного раствора карбамида.

В 2009 г. АК накапливалась в траве эхинацеи пурпурной свежей в меньшем количестве по сравнению с 2010 г., что связано с экстремально жаркими и засушливыми условиями последнего. В условиях дефицита влаги концентрация АК в растениях возрастала. При этом возникал замкнутый круг, так как известно, что АК тормозит поступление воды в растение [18].

В итоге установлено, что изучаемое ЛРС накапливает АК в незначительном количестве, примерно одинаковом с кабачками, морковью и многими другими овощами [17]. Некорневые подкормки и возраст растений эхинацеи пурпурной на накопление АК влияют незначительно.

Закономерности накопления АК в соке представлены на рисунках 1 и 2.

В 2009 г. некорневые подкормки растений 0,1%-ным раствором CoSO₄ способствовали повышению содержания АК в соке на 24,7%. Нами определено содержание витамина С в соке в 2010 г. (табл. 2). Содержание АК в соке было достоверно больше, чем в 2009 г.: в среднем на 4,82 мг%, что связано с погодными условиями 2010 г. К седьмому году вегетации по сравнению с третьим содержание АК в соке достоверно снижалось.

Известно, что суточная потребность организма человека в витамине С составляет 70–100 мг [19]. В 100 г полученного нами сока содержалось 11,75–18 мг АК. В инструкциях к соковым препаратам из травы эхинацеи пурпурной свежей максимальная суточная доза указывается 12 мл [20]. Поэтому соковый препарат даст больному некоторое дополнительное количество витамина С, что будет увеличивать иммуностимулирующий эффект.

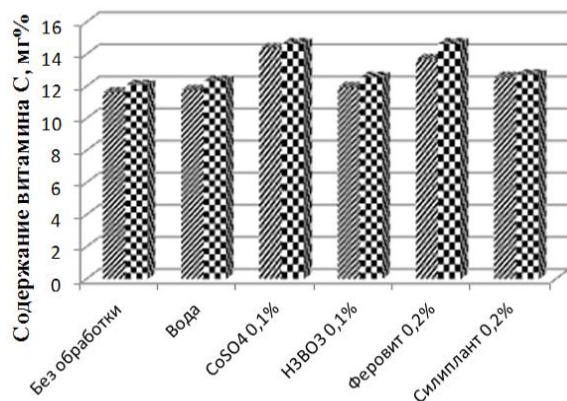


Рис. 1. Содержание витамина С (мг%) в соке из травы эхинацеи пурпурной свежей в зависимости от некорневых подкормок растений 2- и 3-го гг. в. растворами микроудобрений: ▨ – 2-й г. вегетации растений ▣ – 3-й г. вегетации растений

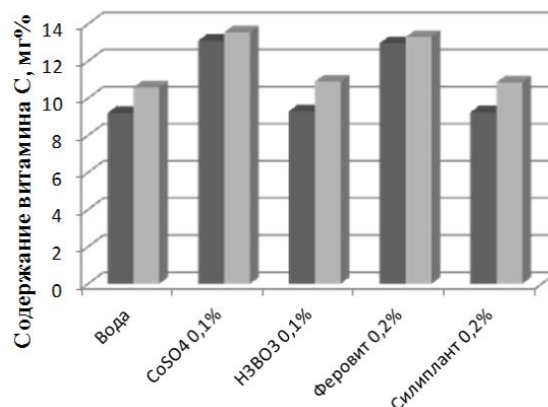


Рис. 2. Содержание витамина С (мг%) в соке из травы эхинацеи пурпурной свежей в зависимости от некорневых подкормок растений 2- и 3-го гг. в. растворами микроудобрений и карбамида: ■ – 2-й г. вегетации растений, □ – 3-й г. вегетации растений

Таблица 2. Содержание АК в свежем сырье и соке эхинацеи пурпурной разных возрастов 2010 г., мг%

| Показатель | 3 г.в. | 4 г.в. | 5 г.в. | 7 г.в. |
|---|---------|-----------|----------|-----------|
| Листья | 26,60 | 27,28 | 28,16 | 21,12 |
| Соцветия и их зачатки | 24,60 | 25,52 | 20,24 | 16,72 |
| Стебли | 9,68 | 7,16 | 8,80 | 6,04 |
| Трава | 18,04 | 16,02 | 17,68 | 12,32 |
| Сок | 18,00 | 16,90 | 17,68 | 14,80 |
| HCP ₀₅ ^A /HCP ₀₅ ^{B и AB} | 1,5/1,3 | 2,17/1,21 | 2,15/1,5 | 2,20/1,62 |

Примечание: фактор А – возраст производящих растений, фактор В – элементы структуры травы, АВ – взаимодействие факторов.

Выводы

1. Установлено, что изучаемое ЛРС накапливает АК в незначительном количестве, примерно одинаковом с кабачками, морковью и многими другими овощами. Некорневые подкормки и возраст растений эхинацеи пурпурной на накопление АК влияют незначительно.
2. Сок, получаемый из травы эхинацеи пурпурной свежей, содержащий комплекс БАВ, можно рассматривать как дополнительный источник АК.

Список литературы

1. Сакович Г.С., Колхир В.К., Сокольская Т.А. и др. Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2010. № 4. С. 11–19.
2. ТУ 9373-142-04868244-2008. Эхинацеи пурпурной трава свежая. М., 2008.
3. Самородов В.Н., Поспелов С.В., Моисеева Г.Ф. и др. Фитохимический состав представителей рода эхинацея (*Echinacea Moench*) и его фармакологические свойства (обзор) // Химико-фармацевтический журнал. 1996. №4. С. 32–37.
4. Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. М., 2007.
5. Болиева Л.З. Экспериментально-клиническое обоснование применения микронутриентов и нестероидных противовоспалительных препаратов в профилактике злокачественных новообразований: автореф. ... дис. докт. мед. наук. Старая Купавна, 2005.
6. Tillmans J., Hirsch P., Jackisch J. Zeit. Unters. d. Lebensmitt. 1932. Vol. 63. N 3.
7. Букин В.Н., Мурри И. К. Химические методы определения витамина С и А (каротина). Л.-М., 1935.
8. Ловкова М.Я. Соколова С.М., Бузук Г.Н. и др. Специфичность элементного состава лекарственных растений, синтезирующих алкалоиды, фенольные соединения и сапонины // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: III Междунар. симпоз. М.; Пушкино, 1999. Т. 2. С. 115–117.

9. Ягодин Б.А., Ступакова Г.А. Физиологическая роль кобальта и факторы, влияющие на его поступление в растения // Агрохимия. 1989. Т. 12. С. 111–120.
10. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрохимия. М., 2003.
11. Пушкина Г.П., Бушковская Л.М., Климахин Г.И. и др. Эффективность применения микроудобрения феровит на лекарственных культурах // VII Международный симпозиум «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». Пушино, 2007. Т. 2. С. 287–290.
12. Бабаева Е.Ю., Загумеников В.Б., Волобуева В.Ф. Изменение содержания фенольных соединений в сырье эхинацеи пурпурной при использовании комплексных микроэлементных препаратов // VII Международный симпозиум по фенольным соединениям: фундаментальные и прикладные аспекты. М., 2009. С. 22–24.
13. Бабаева Е.Ю., Волобуева В.Ф., Мамонтов В.Г., Стихин В.А. Урожай и качество сырья эхинацеи пурпурной при некорневых подкормках // Международная научная конференция «С эхинацеей в третье тысячелетие». Полтава, 2003. С. 8–13.
14. Майсурадзе Н.И., Киселев В.П., Черкасов О.А. и др. Методика исследований при интродукции лекарственных растений. М., 1984.
15. Государственная фармакопея СССР/ XI изд. М., 1989. Вып. 2.
16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта/ 5-е изд. доп. и перераб. М., 1985. С. 248–256.
17. Голубкина Н.А., Сирота С.М., Пивоваров В.Ф. и др. Биологически активные соединения овощей. М., 2010. 33 с.
18. Чупахина Г.Н. Система аскорбиновой кислоты растений. Калининград, 1997. С. 8–15.
19. Ребров В.Г., Громова О.А. Витамины, макро- и микроэлементы. М., 2008. С. 812–813.
20. Регистр лекарственных средств России М., 2012. Вып. 20.

Поступило в редакцию 3 ноября 2013 г.

После переработки 5 июля 2014 г.

Zagumennikov V.B.¹, Molchanova A.V.², Babaeva E.Y.^{3*}, Petrova A.L.³ TO THE QUESTION OF ACCUMULATION OF ASCORBIC ACID IN *ECHINACEA PURPUREA* FRESH GRASS AND ITS JUICE AT ADDING MACRO – AND MICRONUTRIENTS

¹All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (VILAR RAAS), Grina, 7/1, Moscow, 117216 (Russia)

²All-Russian Research Institute of breeding and seed production of vegetable crops (VNISSOK), Forest Town Odintsovo district of the Moscow region, Selektionnaja, 14, 143080 (Russia)

³Peoples' Friendship University, Maclay, 6, Moscow, 117198 (Russia)

For the first time the content of vitamin C in *Echinacea purpurea* fresh grass, grown in non-chernozem zone of the Russian Federation in 2009–2010 years, its structural elements and the juice have analyzed. The content of vitamin C depending on the age of plants (2, 3, 4, 5, 7 years of vegetation), the year of experiment and foliar fertilization of macro- and micronutrients have analyzed.

Keywords: *Echinacea purpurea* L.(Moench), fresh grass, juice, ascorbic acid, macro- and micronutrients.

References

1. Sakovich G.S., Kolhir V.K., Sokol'skaja T.A. i dr. *Voprosy biologicheskoy, medicinskoj i far-maceuticheskoy himii*, 2010, no. 4, pp. 11–19.
2. TU 9373-142-04868244-2008. *Jehinacei purpurnoj trava svezhaja*. [Technical Terms 9373-142-04868244-2008. *Echinacea purpurea* herb fresh]. Moscow, 2008.
3. Samorodov V.N., Pospelov S.V., Moiseeva G.F. i dr. *Himiko-farmaceuticheskij zhurnal*, 1996, no. 4, pp. 32–37.
4. Poleskaja O.G. *Rastitel'naja kletka i aktivnye formy kisloroda*. [Plant cells and reactive oxygen species]. Moscow, 2007.
5. Bolieva L.Z. *Jeksperimental'no-klinicheskoe obosnovanie primenenija mikronutrientov i nesteroidnyh protivovospalitel'nyh preparatov v profilaktike zlokachestvennyh novoobrazovanij: Avtoref. ... dis. dokt. med. nauk*. [Experimental and clinical rationale for the use of micronutrients and nonsteroidal anti-inflammatory drugs in cancer prevention: the Abstract ... dissertation Doctor medicine sciences]. Staraja Kupavna, 2005, 48 p.
6. Tillmans J., Hirsch P., Jackisch J. *Zeit. Unters. d. Lebensmitt*, 1932, vol. 63, no. 3.
7. Bukin V.N., Murri I. K. *Himicheskie metody opredelenija vitamina C i A (karotina)*. [Chemical methods for the determination of vitamin C and A (carotene)]. Leningrad, Moscow, 1935.
8. Lovkova M.Ja., Sokolova S.M., Buzuk G.N. et al. *3 Mezhdunarodnyj simpozium «Novye i netradicionnye rastenija i perspektivy ih ispol'zovanija»*. [3 International symposium «New and nonconventional plants and prospects of their use»]. Moscow, Pushhino, 1999, vol. 2, pp. 115–117.
9. Jagodin B.A., Stupakova G.A. *Agrohimija*, 1989, vol. 12, pp. 111–120.
10. Jagodin B.A., Zhukov Ju.P., Kobzareno V.I. *Agrohimija*. [Agricultural chemistry]. Moscow, 2003. 584 p.
11. Pushkina G.P., Bushkovskaja L.M., Klimahin G.I. i dr. *VII Mezhdunarodnyj simpozium «Novye i netradicionnye rastenija i perspektivy ih ispol'zovanija»*. [VII International Symposium «New and nonconventional plants and prospects of their use»]. Pushhino, 2007, vol. 2, pp. 287–290.
12. Babaeva E.Ju., Zagumennikov V.B., Volobueva V.F. *VII Mezhdunarodnyj simpozium po fenol'nyim soedinenijam: fundamental'nye i prikladnye aspekty*. [VII International Symposium on phenolic compounds: fundamental and applied aspects]. Moscow, 2009, pp. 22–24.
13. Babaeva E.Ju., Volobueva V.F., Mamontov V.G., Stihin V.A. *Mezhdunarodnaja nauchnaja konferencija «S jehinaceej v tret'e tysjacheletie»*. [International scientific conference «with Echinacea in the third millennium»]. Poltava, 2003, pp. 8–13.
14. Majsuradze N.I., Kiselev V.P., Cherkasov O.A. i dr. *Metodika issledovanij pri introdukcii lekarstvennyh rastenij*. [Methods of Research at the introduction of medicinal plants]. Moscow, 1984.
15. Gosudarstvennaja farmakopeja SSSR XI izd. (vyp. 2), *Medicina*. [USSR State Pharmacopoeia XI ed. (vol. 2), Medicine.]. Moscow, 1989.
16. Dospheov B.A. *Metodika polevogo opyta*. [The technique of field experience]. Moscow, 1985, pp. 248–256.
17. Golubkina N.A., Sirota S.M., Pivovarov V.F. i dr. *Biologicheskii aktivnye soedinenija ovoshhej*. [Biologically active compounds of vegetables]. Moscow, 2010, 33 p.
18. Chupahina G.N. *Sistema askorbinovoj kisloty rastenij*. [System ascorbic acid plants]. Kaliningrad, 1997, pp. 8–15.
19. Rebrov V.G., Gromova O.A. *Vitaminy, makro- i mikrojelementy*. [Vitamins, macro- and micronutrients]. Moscow, 2008, pp. 812–813.
20. *Registr lekarstvennyh sredstv Rossii vyp. 20*. [Register of drugs Russia Vol. 20.]. Moscow, 2012.

Received November 3, 2013

Revised July 5, 2014

* Corresponding author.