

© Коллектив авторов, 2014

В. Б. Загуменников¹, **А. В. Молчанова²**, **Е. Ю. Бабаева³**, **А. Л. Петрова³**

ИЗУЧЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ТРАВЕ ЭХИНАЦЕИ ПУРПУРНОЙ СВЕЖЕЙ И В ПРОДУКТАХ ЕЕ ПЕРЕРАБОТКИ

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР РАСХН), Москва, Россия

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

³ Российский университет дружбы народов (РУДН), Москва, Россия

Проанализировано накопление витамина С в траве эхинацеи пурпурной свежей, выращенной в условиях Нечернозёмной зоны РФ в 2009 – 2010 гг., её составных частях, а также соке и жоме в зависимости от возраста растений (2, 3, 4, 5, 7 лет вегетации) и года проведения опыта. В траве максимальное достоверное накопление аскорбиновой кислоты отмечалось в листьях, наименьшее — в стеблях. Концентрация витамина С в соке, полученном из травы свежей сбора 2009 г., была существенно выше, чем в траве. В соке из травы растений 3, 4 и 5 лет вегетации, заготовленной в 2010 г., содержание витамина С было таким же, как и в траве. Жом свежий характеризовался достоверно более низким содержанием витамина С по сравнению как с травой свежей, так и с соком по результатам 2 лет проведения опыта.

Ключевые слова: витамин С; аскорбиновая кислота, эхинацея пурпурная; трава; сок; жом.

Эхинацея пурпурная *Echinacea purpurea* (L.) Moench., сем. *Asteraceae*, является производящим растением для травы, травы свежей и корневищ с корнями, из которых получают препараты иммуностимулирующего действия [1]. Наименее изученным лекарственным растительным сырьём (ЛРС) из эхинацеи пурпурной является трава свежая. Нормативная документация (НД) на неё появилась только в 2008 г. [2]. Препараты из этого вида ЛРС — сок с добавлением спирта в качестве консерванта, а также высушенный сок с последующим таблетированием: Эхинацея-ВИЛАР сок; Иммунал таблетки и капли для приёма внутрь; Эхинацин-ликвидум, Эхинацея-Гексал, Эхинацея-ратиофарм [3]. Помимо суммы производных оксикоричных кислот в пересчете на цикориевую кислоту, по которой стандартизируют траву свежую и сок из нее согласно НД, в ЛРС и продуктах его переработки содержатся другие биологически активные вещества (БАВ), перечисленные в классическом обзоре [4]: сахара и полисахариды, флавоноиды, производные кофейной кислоты, гликопротеины, бетаин, сапонины, органические кислоты, эфирное масло, алкиламиды ненасыщенных кислот, фитостеролы, смолы, каротиноиды, аскорбиновая кислота (АК). Впервые ее наличие в траве эхинацеи пурпурной было показано в 1952 г. [5]. Авторы использовали титриметрический метод определения содержания АК с 2,6-дихлорфенолиндофенолятом натрия, который впервые был предложен А. Тильмансом [6]. Витамин С — один из наиболее важных, необходимых для жизнедеятельности

организма человека, и кофактор многих ферментов. АК — сильный антиоксидант, способный нейтрализовать активные формы кислорода (АФК) или свободные радикалы, возникающие в результате контакта АФК с мембранами [7]. АК применяется как эффективное средство при профилактике и лечении злокачественных новообразований и тяжелых травм [8].

Соотношение двух форм АК служит показателем физиологического состояния растений: высокая интенсивность процессов жизнедеятельности — больше восстановленной АК, низкая интенсивность — увеличивается содержание дегидроформы [9]. В некоторых видах ЛРС содержание аскорбиновой кислоты подробно изучено [10]. Однако сведения о содержании этого соединения в траве эхинацеи пурпурной свежей по структуре и в зависимости от возраста растений, а также в соке отсутствуют. После отжатия сока остаётся жом, который содержит определённое количество БАВ и может быть использован для получения биологически активных добавок (БАД) к пище. Содержание аскорбиновой кислоты в нем тоже не исследовано.

Целью нашей работы было изучение и анализ накопления АК в траве эхинацеи пурпурной свежей, выращенной в условиях Нечернозёмной зоны РФ, её составных частях, а также соке и жоме, в зависимости от возраста растений и года проведения опыта.

Экспериментальная часть

В работе использовали сырьё “эхинацеи пурпурной трава свежая”, полученное от растений 2, 3, 4, 5 и 7

лет вегетации и заготовленное в фазу массового цветения на территории опытного севооборота ВИЛАР в 2009 – 2010 гг. [11]. Растения выращивались с применением удобрения “Кемира — Свекловичное 6”, содержащего комплекс макро- и микроэлементов. Исследовали также сок, полученный из свежего ЛРС, и жом, остающийся после отжатия сока. Сок получали на ручной соковыжималке марки Healthy Juicer производства фирмы Lехер. Сбор сырья, получение сока, жома и определение в них содержания АК проводили в течение 1 дня. Сушку свежего жома проводили в естественных условиях. Жом раскладывали на решетках сушилки типа “Лесничанка” в тени слоем толщиной 1 см и периодически аккуратно перемешивали. В 2009 г. сушка проходила при температуре воздуха + 20 – 25 °С в течение 168 ч, в 2010 г. — при температуре воздуха + 30 – 38 °С в течение 120 ч.

Методика определения содержания АК и влажности изложена в ГФ XI изд. [12]. Т. к. мы работали с травой свежей и продуктами ее переработки, нами был изучен (за неимением нормативной документации на определение содержания витамина С в видах ЛРС свежих) ГОСТ 24556–89 “Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С”. В нем использован тот же метод, что и в ГФ XI. Поэтому именно так мы и определяли содержание АК в наших объектах. Аналитическая повторность — 3-кратная. При определении влажности в первый раз навески листьев, стеблей, соцветий и жома свежего взвешивали через 5 ч нагревания в сушильном шкафу, последующие взвешивания проводили через 0,5 ч нагревания.

Математическую обработку результатов проводили методами дисперсионного анализа двухфакторного опыта и интервальной оценки параметров распределения при помощи *t*-критерия [13].

Результаты и их обсуждение

Содержание АК в траве эхинацеи пурпурной свежей и ее структурных элементах по годам достоверно различалось (табл. 1). При этом в предыдущих исследованиях установлено, что в структуре травы эхинацеи пурпурной стебли составляют около 50,0 %, листья — 30,0 %, соцветия с зачатками соцветий — 20,0 % [14]. В 2009 г. АК накапливалась в гораздо меньшем количестве по сравнению с 2010 г., что связано с экстремально жаркими и засушливыми условиями 2010 г. В условиях дефицита влаги концентрация АК в растениях резко возрастала. При этом возникал замкнутый круг, т.к. известно, что АК тормозит поступление воды в растение [9]. Выявлены следующие закономерности в распределении этого соединения по элементам травы. 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 и года проведения опыта. В 2009 г. листья содержали на 0,5 ... 1,15 мг/% больше АК, чем трава. В 2010 г. превышение было еще более значительным и составило 8,56 ... 11,26 мг/%. В противоположность листьям, стебли характеризовались наиболее низким содержанием влаги, т.к. состоят в основ-

Таблица 1
Содержание АК в элементах травы эхинацеи пурпурной свежей, заготовленной в 2009 и 2010 гг., мг/%

Возраст растений, год вегетации	Год заготовки сырья	Органы растения			Трава
		Листья	Стебли	Соцветия и их зачатки	
2	2009	8,00	5,20	6,50	6,85
3	2009	9,15	6,50	8,85	8,60
3	2010	26,60	9,68	24,60	18,04
4	2010	27,28	7,16	25,52	16,02
5	2010	28,16	8,80	20,24	17,68
7	2010	21,12	6,04	16,72	12,32
HCP ₀₅ ^A /HCP ₀₅ ^B и АВ	2009	0,54/0,31	0,20/0,14	0,59/0,37	0,49/0,30
HCP ₀₅ ^A /HCP ₀₅ ^B и АВ	2010	0,62/0,40	0,33/0,21	0,56/0,31	0,53/0,39

Здесь и в табл. 2: фактор А — возраст растений, фактор В — элементы структуры травы, АВ — совместное влияние факторов.

Таблица 2
Влажность (в %) в элементах травы эхинацеи пурпурной свежей, заготовленной в 2009 – 2010 гг.

Показатель	Возраст растения, год вегетации				
	2*	3**	4**	5**	7**
Стебли	72,09	69,63	64,62	61,57	61,17
Соцветия	80,12	78,70	73,62	74,41	84,94
Листья	75,14	76,66	72,73	78,54	72,33
HCP ₀₅ ^A /HCP ₀₅ ^B и АВ	2,13/1,98	1,50/1,30	2,17/1,21	2,15/1,50	2,20/1,62

* Заготовлено в 2009 г., ** — заготовлено в 2010 г.

ном из проводящей и механической ткани, клетки которой не имеют больших вакуолей или вообще лишены содержимого и представляют собой состоящие из члеников трубки. Следовательно, концентрация АК в них минимальна. Достоверное снижение накопления АК в стеблях по сравнению с травой в 2009 г. составило 1,65 ... 2,10 мг/%, а в 2010 г. — 6,28 ... 8,88 мг/%. Содержание АК в корзинках и зачатках соцветий эхинацеи пурпурной в 2009 г. существенно не отличалось от ее концентрации в траве.

Иная закономерность наблюдалась в 2010 г.: независимо от возраста растений накопление АК в соцветиях и их зачатках было достоверно выше, чем в траве (на 2,56 ... 9,50 мг/%). Показано, что уровень АК в растительных тканях значительно повышается в начале дифференциации цветков. АК усиливает прорастание пыльцы и ускоряет созревание плодов [9]. Вероятно, в условиях сильного недостатка влаги произошло более резкое по сравнению с благоприятными условиями повышение концентрации АК в репродуктивных органах.

Следует подчеркнуть, что возраст производящих растений оказывал влияние на содержание витамина С в ЛРС. К 7 году вегетации существенно снижалось накопление АК травой и ее структурными элементами. Нами отмечено, что в листьях растений 7 года вегетации, собранных в 2010 г., концентрация АК уменьшилась на 6,23 мг/%, в стеблях — на 2,51 мг/%, в соцветиях и их зачатках — на 6,73 мг/%, а в траве в целом — на 4,93 мг/% в среднем по сравнению с аналогичными показателями растений других возрастов. По мере старения растений эхинацеи пурпурной размер листьев снижается, а длина междоузлий возрастает, что и приводит к уменьшению облиственности и, следовательно, содержания АК [15]. Кроме того, поскольку 7-летние растения уже приближаются к сенильному периоду онтогенеза, цветение и образование мужского гаметофита у них происходит менее интенсивно.

Нами изучена влажность структурных элементов травы эхинацеи пурпурной свежей в зависимости от возраста растений и года проведения исследований (табл. 2)

При сравнении содержания АК в траве эхинацеи пурпурной свежей с таковым в свежих овощах можно отметить, что изучаемое ЛРС накапливает данный ви-

тамин в примерно одинаковом количестве с кабачками, морковью, корневым сельдереем, томатами и многими другими овощами [16].

Нами определено содержание витамина С в продуктах переработки травы эхинацеи пурпурной свежей — соке и жоме свежем и высушенном (табл. 3). Содержание АК в соке ЛРС растений 2010 г. было достоверно больше, чем в 2009 г. — в среднем на 4,82 мг/%. Мы связываем это с погодными условиями 2010 г. Концентрация АК в соке из травы свежей сбора 2009 г. была существенно выше, чем в траве свежей — в среднем на 4,31 мг/% (в зависимости от возраста растений). Что касается содержания изучаемого соединения в соке из травы сбора 2010 г., то можно отметить следующее: в соке из травы растений 3, 4 и 5 гг. вегетации концентрация витамина С была такой же, как и в траве, что свидетельствует о ее меньшей оводненности в условиях засухи. Сок из травы растений 7 г. вегетации содержал существенно больше АК (на 2,48 мг/%), чем трава.

Нами определен выход сока из органов растения. Выход сока из 1 кг листьев свежих составил в 2009 г. $455 \pm 2,4$ г, в 2010 г. $436 \pm 2,6$ г; для стеблей свежих $152 \pm 1,4$ и $145 \pm 1,3$ г, а для корзинок свежих $458 \pm 2,5$ и $439 \pm 2,7$ г в 2009 и 2010 г. соответственно.

Жом свежий характеризовался достоверно более низким содержанием витамина С как по сравнению с травой свежей, так и по сравнению с соком по обоим годам проведения опыта. Так, концентрация АК в жоме свежем после отжатия сока из травы, собранной в 2009 г., была ниже, чем непосредственно в траве в среднем на 3,66 мг/%, а в 2010 г. — на 1,93 мг/%. Содержание АК в соке было выше, чем в жоме свежем в среднем на 7,88 мг/% (урожай 2009 г.), и на 2,76 мг/% (урожай 2010 г.).

При возможном использовании жома для производства БАД к пище он будет в воздушно-сухом виде, поэтому нами определена влажность воздушно-сухого жома (10,0 %) и содержание в нем АК. В 2010 г. жом высушенный содержал существенно больше (в среднем на 24,48 мг/%) АК, чем в 2009 г. В 2010 г. достоверно максимальным накоплением характеризовался жом, высушенный, полученный из ЛРС растений 3 года вегетации. Превышение содержания витамина С по сравнению с жомом, высушенным из травы рас-

Таблица 3

Содержание АК в продуктах переработки травы эхинацеи пурпурной свежей, 2009 и 2010 гг., мг/%

Возраст растений	Год заготовки	Сок	Жом свежий	Жом высушенный
2 год вегетации	2009	11,75	4,00	9,78
3 год вегетации	2009	12,31	4,15	10,15
3 год вегетации	2010	18,00	16,50	40,35
4 год вегетации	2010	16,90	14,01	34,26
5 год вегетации	2010	17,68	14,08	34,44
7 год вегетации	2010	14,80	11,75	28,74
HCP ₀₅ ^A /HCP ₀₅ ^B и AB	2009	0,39/0,25	0,18/0,12	0,77/0,60
HCP ₀₅ ^A /HCP ₀₅ ^B и AB	2010	0,54/0,36	0,27/0,17	0,71/0,44

Примечание: Фактор А – возраст растений, фактор В – продукт переработки свежего ЛРС, АВ – совместное влияние факторов

тений других возрастов, составило 7,87 мг/%. В отличие от этого, в 2009 г. содержание АК в жоме, высушенном в зависимости от возраста растений, от которых получено ЛРС, достоверно не отличалось.

Известно, что суточная потребность организма человека в витамине С составляет 70 – 100 мг [17]. В 100 г сока из травы эхинацеи пурпурной свежей содержится 11,75 ... 18 мг АК. В препаратах сока из травы свежей указывается максимальная суточная доза 12 мл [18]. Поэтому по расчётам поступление АК в организм человека с соком не будет превышать суточной потребности. В то же время препарат на основе сока из травы эхинацеи пурпурной свежей даст больному некоторое дополнительное количество витамина С, что будет увеличивать иммуностимулирующий эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. С. Сакович, В. К. Колхир, Т. А. Сокольская и др., *Вопросы биол., мед. и фармац. химии*, № 4, 11 – 19 (2010).
2. ТУ 9373-142-04868244-2008 “Эхинацеи пурпурной трава свежая”, Москва (2008).
3. *Государственный реестр лекарственных средств РФ*, Т. 2 Москва (2008).
4. В. Н. Самородов, С. В. Поспелов, Г. Ф. Моисеева и др., *Хим.-фарм. ж.*, **30**(4), 32 – 37 (1996); *Pharm. Chem. J.*, **30**(4), (1996).
5. E. Gunter, F. E. Heeger, C. Rosental, *Pharmazie*, № 7, 24 – 50 (1952).
6. J. Tillmans, P. Hirsch, J. Jackisch, *Zeit. Unters. d. Lebensmitt.*, t. 63, № 3 (1932).
7. О. Г. Полесская, *Растительная клетка и активные формы кислорода*, Университет Книжный Дом, Москва (2007).
8. Л. З. Болиева, *Автореф. дис. докт. мед. наук*, Старая Купавна (2005).
9. Г. Н. Чупахина, *Система аскорбиновой кислоты растений*, Изд-во Калининградского ун-та, Калининград (1997), сс. 8, 15.
10. Е. В. Сергунова, *Автореферат дис. канд. фарм. наук*, Москва (2002).
11. Н. И. Майсурадзе, В. П. Киселев, О. А. Черкасов и др., *Методика исследований при интродукции лекарственных растений*, Изд-во ВИЛР, Москва (1984).
12. *Государственная фармакопея СССР*, XI изд. (вып. 2), Медицина, Москва (1989).
13. Б. А. Доспехов, *Методика полевого опыта*, Агропромиздат, Москва (1985), сс. 248 – 256.
14. Е. Ю. Бабаева, *Растит. ресурсы*, **38**(4), 29 – 36 (2002).
15. Е. Ю. Бабаева, *Тезисы докладов конференции “Инновационные подходы к изучению эхинацеи”*, Полтава (2001).
16. Н. А. Голубкина, С. М. Сирота, В. Ф. Пивоваров и др., *Биологически активные соединения овощей*, Изд-во ВНИИС-СОК, Москва (2010), с. 33.
17. В. Г. Ребров, О. А. Громова, *Витамины, макро- и микроэлементы*, ГЭОТАР-Медиа, Москва (2008), сс. 812 – 813.
18. *Регистр лекарственных средств России*, вып. 20, Москва (2012).

Поступила 05.12.12

STUDYING THE ACCUMULATION OF ASCORBIC ACID IN FRESH HERBS AND PROCESSED PRODUCTS OF *ECHINACEA PURPUREA*

V. B. Zagumennikov¹, A. V. Molchanova², E. Y. Babaeva³, and A. L. Petrova³

¹ All-Russia Institute of Medical and Aromatic Plants (VILAR), Moscow, 117216 Russia

² All-Russian Research Institute of Vegetable Breeding and Seed Production, pos. VNISSOK, Moscow oblast, 143080 Russia

³ Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, 117198 Russia

The accumulation of vitamin C (ascorbic acid) in fresh herbs of *Echinacea purpurea* grown in a non-chernozem zone of Russia in 2209 – 2010, as well as in its component parts, juice, and residue, has been studied depending on the vegetation age (2 – 7 years) and year of collection. The maximum accumulation of ascorbic acid was found in grass leaves, while the minimum was observed in stems. The ascorbic acid concentration in the juice from herbs collected in 2009 was much greater than in fresh herbs. In the juice from herbs aged 3, 4, and 5 years, collected in 2010, the concentration of ascorbic acid was the same as in herbs. The content of ascorbic acid in fresh residue was lower than in fresh herbs and juice during both years of experiment.

Keywords: vitamin C; ascorbic acid; *Echinacea purpurea*; fresh herbs; juice; residue