

DOI 10.17516/1997-1389-0403

EDN: JMYGOI

УДК 615.322:547.587: 582.998.1

Determining the Amount of Phenylpropanoids in Belowground Organs of Purple Coneflower (*Echinacea purpurea* (L.) Moench., Asteraceae)

Elena Yu. Babaeva^{a*},

Ifrat N. Zilfikarov^{a, b}, Valentina A. Sagaradze^a,

Olga A. Semkina^a, Janna V. Dayronas^c

^aAll-Russian Scientific Research Institute
of Medicinal and Aromatic Plants
Moscow, Russian Federation

^bMaykop State Technological University
Maykop, Republic of Adygea, Russian Federation

^cPyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute –
Branch of Volgograd State Medical University
Pyatigorsk, Russian Federation

Received 21.12.2021, received in revised form 09.11.2022, accepted 05.12.2022

Abstract: *Echinacea purpurea* (L.) Moench plants serve as a source of medicinal raw materials: fresh and dried aboveground parts and rhizomes with roots (Rhizomata cum radicibus). They contain total phenylpropanoids (formerly “oxycinnamic acids”, “hydroxycinnamic acids”) and their derivatives, which underlie the immunostimulatory effect of the preparations. Tincture is the most common preparation. Accumulation of total phenylpropanoid derivatives in *Echinacea* rhizomes with roots is the least studied aspect. The purpose of the present work is to study the effect of the timing and frequency of removal of the aboveground part on total phenylpropanoids in *Echinacea* rhizomes with roots collected from cultivated plants of different ages. Another aim was to determine total phenylpropanoids in the tincture prepared from raw material ground to various degrees. *Echinacea purpurea* rhizomes with roots harvested in Moscow in 2008–2010, at the end of the growing period of plants aged 2, 3, 4, 5, and 7 years, were studied. The shoots were cut down during the stem formation (by single and repeated mowing during the growing period), budding, and flowering stages. The intact raw material was used

© Siberian Federal University. All rights reserved

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).

* Corresponding author E-mail address: babaeva@vilarnii.ru

ORCID: 0000-0002-4992-6926 (Babaeva E.); 0000-0002-8638-9963 (Zilfikarov I.); 0000-0001-5526-7675 (Sagaradze V.); 0000-0002-2611-4490 (Semkina O.); 0000-0002-1274-4512 (Dayronas J.)

to provide control samples. In 2008–2009, the highest accumulation of phenylpropanoid derivatives in rhizomes with roots was observed in groups with both repeated and single shoot removals performed during the shoot development stage at all plant ages. The shoot removals during the budding and flowering stages resulted in a significant reduction in phenylpropanoids. During the regional drought in July and August 2010, the raw material samples in the group with repeated shoot removals demonstrated the lowest accumulation of phenylpropanoids. The samples in the group with single shoot removal during the shoot development stage showed greater phenylpropanoid accumulation compared with the repeated mowing group. The content of phenylpropanoids in raw material from 2–4-year-old plants, regardless of the period of shoot removal and the year of the experiment, was significantly higher than in the raw material from older plants. It is recommended to supplement the “Agro-recommendation for the cultivation of *Echinacea purpurea*” with the agricultural method of repeated mowing of the aboveground part in the phenological phase of shoot development when the plant is grown as a source of rhizomes with roots. No effect of the particle size of the ground raw material (from 0.25 to 1.0 mm) on total phenylpropanoids in the tincture has been revealed.

Keywords: *Echinacea purpurea*, plant age, belowground organs, hydroxycinnamic acids, mowing the aboveground parts of plants.

Citation: Babaeva E. Yu., Zilfikarov I.N., Sagaradze V.A., Semkina O.A., Dayronas J.V. Determining the amount of phenylpropanoids in belowground organs of purple coneflower (*Echinacea purpurea* (L.) Moench., Asteraceae). J. Sib. Fed. Univ. Biol., 2022, 15(4), 552–561. DOI: 10.17516/1997-1389-0403



Определение суммы фенилпропаноидов в подземных органах эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* (L.) Moench., Asteraceae)

Е. Ю. Бабаева^а, И. Н. Зилфикаров^{а, б},
В. А. Сагарадзе^а, О. А. Семкина^а, Ж. В. Дайронас^в

^аВсероссийский государственный
научно-исследовательский институт лекарственных
и ароматических растений ФГБНУ ВИЛАР
Российская Федерация, Москва

^бМайкопский государственный технологический университет
ФГБОУ ВО МГТУ

Российская Федерация, Республика Адыгея, Майкоп

^вПятигорский медико-фармацевтический институт –
филиал ФГБОУ ВО ВолгГМУ
Российская Федерация, Пятигорск

Аннотация. От эхинацеи пурпурной получают виды лекарственного растительного сырья: траву свежую и высушенную, корневища с корнями. В них содержится сумма фенилпропаноидов

(ранее «оксикоричные кислоты», «гидроксикоричные кислоты») и их производные, обеспечивающие иммуностимулирующий эффект препаратов, основным из которых является настойка. Накопление суммы фенилпропаноидов в корневищах с корнями эхинацеи наименее изучено. Цель – изучение влияния сроков и кратности удаления надземной части на содержание суммы фенилпропаноидов в корневищах с корнями эхинацеи, полученных от растений разных возрастов при культивировании, а также определение содержания изучаемых веществ в настойке при разной степени измельчения сырья. Исследованы корневища с корнями эхинацеи пурпурной, заготовленные в Москве в 2008–2010 гг. в фазу окончания вегетации растений 2-го, 3-го, 4-го, 5-го, 7-го гг. развития. Побеги скашивали в фазы стеблевания (однократно и многократно в течение вегетации), бутонизации, цветения. Контроль – получение сырья без удаления надземной части. В 2008–2009 гг. наибольшее накопление суммы фенилпропаноидов в подземных органах наблюдали при многократном и однократном скашивании побегов в период стеблевания, независимо от возраста растений. Удаление побегов в фазах бутонизации и цветения привело к значительному снижению содержания суммы фенилпропаноидов. В июле-августе 2010 г. в регионе была засуха. Наименьшее содержание изучаемых веществ в сырье отмечено при многократном удалении побегов. В лучшем положении оказалось сырье растений, у которых надземную массу срезали однократно в фазу стеблевания. При сравнении растений разных возрастов установлено, что в сырье растений 2–4 гг. вегетации накопление веществ, независимо от срока удаления надземной части и года проведения опыта, достоверно выше, чем в сырье от растений старших возрастов. Рекомендовано дополнить «Агрорекомендацию по возделыванию эхинацеи пурпурной» при выращивании для получения корневищ с корнями агроприемом многократного скашивания надземной части в фенологической фазе стеблевания. Влияние размера частиц измельченного сырья (от 0,25 мм до 1,0 мм) на содержание биологически активных веществ в настойке не наблюдалось.

Ключевые слова: эхинацея пурпурная, возраст растений, подземные органы, фенилпропаноиды.

Цитирование: Бабаева, Е.Ю. Определение суммы фенилпропаноидов в подземных органах эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* (L.) Moench., Asteraceae) / Е.Ю. Бабаева, И.Н. Зилфикаров, В.А. Сагарадзе, О.А. Семкина, Ж.В. Дайронас // Журн. Сиб. федер. ун-та. Биология, 2022. 15(4). С. 552–561. DOI: 10.17516/1997-1389-0403

Введение

Эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* (L.) Moench., сем. астровые – Asteraceae) – многолетнее травянистое растение, культивируемое в южных и центральных регионах РФ. Эхинацея пурпурная является производящим растением для нескольких видов лекарственного растительного сырья (ЛРС) – трава свежая и высушенная, корневища с корнями, из которых изготавливают лекарственные препараты и биологически активные добавки

к пище (БАД). В настоящее время, согласно Государственному реестру лекарственных средств, в РФ зарегистрировано 12 наименований лекарственных препаратов, получаемых из травы эхинацеи пурпурной (Государственный реестр..., 2021). Корневища с корнями эхинацеи пурпурной входят в композицию из смеси ЛРС, предназначенную для приготовления суммарного экстракта, включенного в состав БАД «МИРТАбиотик» (ООО «Витаукт-пром», Республика Адыгея;

Сайт производителя: <https://vitauct.ru/catalog/fitokompleksy/mirtabiotik>).

Как трава, так и корневища с корнями эхинацеи пурпурной содержат различные группы биологически активных веществ (БАВ): сумму фенилпропаноидов (Σ ФП) и их производные, полисахариды (в подземных органах преимущественно инулин), алкамиды и др. (Manayi et al., 2015; Hohmann et al., 2011; Zaushintsena et al., 2019; Шевченко и др., 2014). Основной вклад в фармакотерапевтические эффекты вносит Σ ФП – кофейная, феруловая, синаповая, цикориевая кислоты и др. (Технические условия, 2013). Доказано, что цикориевая кислота – депсид кофейной и винной кислот – является иммуностимулятором (Manayi et al., 2015). ФП хорошо растворимы в спирте этиловом, а их комплексы с сахарами и гликозидами флавоноидов – в воде, поэтому наиболее распространённым лекарственным препаратом из ЛРС эхинацеи пурпурной является настойка, полученная спиртом этиловым 40 %, которую назначают для достижения иммуностимулирующего эффекта (Сакович и др., 2010).

Качество травы эхинацеи пурпурной (*Echinaceae purpureae herba*) нормируется ФС.2.5.0055.15 Государственной фармакопеи Российской Федерации XIV изд. по содержанию Σ ФП, в пересчете на цикориевую кислоту (Государственная фармакопея РФ, 2018). Европейская Фармакопея (*European Pharmacopoeia* 10.6) регламентирует качество как травы, так и корневищ с корнями эхинацеи пурпурной (*Echinaceae purpureae rhizomata cum radicibus*), по содержанию каftarовой и цикориевой кислот (*European Pharmacopoeia*, 2021). Согласно ТУ 9373–122–04868244–2013 «Корневища с корнями эхинацеи пурпурной», содержание в корневищах с корнями Σ ФП, установленное УФ-спектрофотометрическим методом, должно быть не менее 1,5 % в пересчете на цикориевую кислоту и абсолютно

сухое сырье (Технические условия, 2013). Несмотря на широкое применение в медицине препаратов из травы эхинацеи пурпурной, изучение накопления БАВ в корневищах с корнями представляет несомненный интерес. О подземных органах информации меньше либо они упоминаются вскользь (Manayi et al., 2015; Логвиненко, Шевчук, 2019).

Известно, что более высокое содержание БАВ в подземных органах растений наблюдается при отсутствии жизненных процессов в надземной части, т.е. в начале и конце вегетации (Čiplienė et al., 2015). Это связано с перемещением БАВ в подземные органы. В фазы бутонизации – цветения растения максимально направляют БАВ к соцветиям для обеспечения плодоношения с целью сохранения и распространения вида. При удалении цветоносного стебля у растений, имеющих розетку прикорневых листьев, которые продолжают обеспечивать фотосинтез, происходит перераспределение БАВ в пользу подземных органов. При культивировании с целью увеличения накопления БАВ в подземных органах возможно удаление надземной части растений в разные сроки и с разной кратностью (например, используется при выращивании валерианы лекарственной) (Атлас лекарственных растений России, 2021).

Целью настоящей работы было изучение влияния сроков и кратности удаления надземной части эхинацеи пурпурной на содержание Σ ФП в корневищах с корнями, полученных от растений разных возрастов. Также задачей исследования было определение содержания Σ ФП в настойке, приготовленной с использованием спирта этилового 40 %, при разной степени измельчения ЛРС.

Материалы и методы

Исследованы опытные партии корневищ с корнями эхинацеи пурпурной, заготовлен-

ных на территории опытного севооборота биокolleкции ФГБНУ ВИЛАР (г. Москва, Центральный регион Нечернозёмной зоны) в 2008–2010 гг. в фазу окончания вегетации растений второго, третьего, четвёртого, пятого и седьмого годов развития (Цицилин и др., 2022). Опыт с получением ЛРС от растений эхинацеи пурпурной разных возрастов в определенной мере нивелирует влияние погодных условий на изучаемые факторы. Также с помощью этого приёма можно изучить влияние возраста растений на накопление БАВ в ЛРС.

Чтобы оценить влияние удаления надземной части на накопление в корневищах с корнями эхинацеи пурпурной Σ ФП, побеги растений скашивали в фазы стеблевания, бутонизации, цветения, а также многократно в течение вегетационного периода, т.е. каждый раз, когда растения находились в фенологической фазе «стеблевание». Наступление этой фенофазы прекращается у эхинацеи пурпурной обычно в конце августа, при уменьшении длины светового дня и снижении температуры воздуха. Контроль – вариант без удаления надземной части. Повторность в вариантах опыта четырехкратная. Уборка в фазу окончания вегетации.

Количественное определение содержания Σ ФП в ЛРС проводили УФ-спектрофотометрическим методом в трёхкратной повторности (Технические условия, 2013). Методика количественного определения Σ ФП заключается в следующем. Аналитическую пробу сырья измельчают на лабораторной мельнице до размера частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями диаметром 0,5 мм. Около 1,0 г (точная навеска) измельченного сырья помещают в коническую колбу со шлифом вместимостью 100 мл и экстрагируют спиртом этиловым 40 % трехкратно порциями 25, 20 и 20 мл. Экстракцию проводят при нагревании

на водяной бане с обратным холодильником при температуре 60–70 °С, на первой стадии в течение 1 ч, далее – в течение 30 мин, при периодическом перемешивании. Объединенные извлечения фильтруют через бумажный фильтр «красная лента» и упаривают в ротационном испарителе под вакуумом досуха при температуре не выше 80 °С. К остатку прибавляют 2 мл воды и нагревают на водяной бане при температуре 30 °С при перемешивании в течение 10 мин. Затем к смеси прибавляют 0,2 г щавелевой кислоты, перемешивают в течение 1 мин, прибавляют 10 мл спирта этилового 96 %, вновь перемешивают в течение 1 мин. Содержимое колбы переносят в центрифужную пробирку и центрифугируют при 3000 об/мин в течение 3 мин; надосадочную жидкость отделяют в другую пробирку или стакан (раствор А).

Далее осуществляют фракционирование путем удаления из раствора А неполярных веществ, растворимых в хлороформе. Для этого на стартовую линию листа хроматографической или фильтровальной бумаги размером 15×15 см наносят микрошприцем по 0,02 мл раствора А в виде двух полос, шириной около 3 см каждая. После высыхания границы пятен отмечают графитовым карандашом, бумагу помещают в камеру с хлороформом и хроматографируют восходящим способом. Когда фронт растворителя пройдет около 5 см, бумагу вынимают, высушивают на воздухе в течение 30 мин. Участки, отмеченные на старте, вырезают ножницами, помещают в две конические колбы со шлифом вместимостью 25 мл. В каждую колбу приливают по 10,0 мл 0,1 М раствора хлороводородной кислоты, перемешивают на шейкере в течение 30 мин. Полученное таким образом извлечение фильтруют через бумажный фильтр (раствор Б).

Измеряют оптическую плотность раствора Б на спектрофотометре при длине вол-

ны 328 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. В качестве раствора сравнения используют 0,1 М раствор хлороводородной кислоты.

Содержание Σ ФП рассчитывают по удельному показателю поглощения ($E_{1\text{см}}^{1\%}$) цикориевой кислоты, установленному нами в условиях анализа с использованием стандартного образца производства компании Sigma Aldrich (США) и равному 782.

Содержание Σ ФП в пересчете на цикориевую кислоту и абсолютно сухое сырье (X) в процентах рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{A \cdot 12 \cdot 10 \cdot 100}{782 \cdot a \cdot 0,02 \cdot (100 - W)}$$

где А – оптическая плотность раствора Б; а – навеска сырья в граммах; W – влажность сырья в процентах; 782 – удельный показатель поглощения цикориевой кислоты в условиях анализа.

Для получения образцов настойки сырье измельчали до размера частиц, проходящих сквозь сито с диаметром отверстий 0,25 мм, 0,5 мм и 1,0 мм. Настойку получали методом мацерации с использованием в качестве экстрагента спирта этилового 40 % в соотношении сырье-готовый продукт 1:10. Коэффициент поглощения экстрагента сырьем составил 2,8. Анализ полученных образцов настоек по содержанию Σ ФП осуществляли УФ-спектрофотометрическим методом. Пробоподготовка при этом заключается в следующем: 10,0 мл настойки помещают в колбу для отгонки вместимостью 100 мл и упаривают в ротационном испарителе под вакуумом досуха при температуре не выше 80 °С. Далее анализ осуществляют в соответствии с методикой, изложенной выше для ЛРС.

Содержание в настойке Σ ФП в пересчете на цикориевую кислоту и сухой остаток (X) в процентах рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{A \cdot 12 \cdot 10 \cdot 100}{782 \cdot 10 \cdot 0,02 \cdot C}$$

где А – оптическая плотность раствора Б; С – сухой остаток в настойке в процентах; 782 – удельный показатель поглощения цикориевой кислоты в условиях анализа.

Обработку полученных данных осуществляли с помощью программы IBM SPSS Statistics 26. Рассчитывали наименьшую существенную разность (НСР), используя дисперсионный анализ двухфакторного опыта; также проводили расчет интервальной оценки с помощью t-критерия. Уровень вероятности – 95 %.

Результаты и обсуждение

В 2008 и 2009 гг. отмечено достоверно наибольшее накопление Σ ФП в исследуемом ЛРС при многократном удалении образующихся побегов, независимо от возраста растений (табл. 1). При таком агротехническом приеме поток метаболитов принудительно направляется в подземные органы, что и привело к значительному (в среднем в 2,8–2,9 раза выше по сравнению с требованием НД) содержанию в них изучаемых веществ. Существенно снижалось содержание Σ ФП в ЛРС при удалении надземной массы в фазу стеблевания. Уменьшение по сравнению с вариантом, где производилась многократная срезка побегов, отмечалось у растений всех возрастов и составило в среднем 0,57 % в 2008 г. и 0,78 % в 2009 г. Отчуждая надземную массу в фазу стеблевания, мы сдвигаем сроки бутонизации и цветения эхинацеи пурпурной примерно на 2–3 недели, что позволяет подземным органам все же накопить значительное количество Σ ФП. Результаты в контрольном варианте в 2008–2009 гг. были достоверно ниже по сравнению с двумя вышеназванными; в среднем на 1,24 % по сравнению с вариантом с многократным удалением надземной массы.

Таблица 1. Содержание суммы фенилпропаноидов (% в пересчете на абсолютно сухое сырье) в корневищах с корнями эхинацеи пурпурной в зависимости от возраста растений и фенологической фазы удаления надземной части

Table 1. Total phenylpropanoids (% DW) in rhizomes and roots of *Echinacea purpurea* depending on the age of the plants and the phenological phase of the removal of the aboveground part

Год вегетации производящего растения (возраст растения)	Без удаления надземной части	Срок удаления надземной части				Множественное удаление побегов
		Фенологическая фаза				
		Стеблевание	Бутонизация	Цветение		
2008 г.						
Второй	3,31	3,95	1,91	1,80	4,23	
Третий	3,39	4,10	2,10	2,31	4,40	
Четвёртый	3,30	4,02	2,12	2,20	4,40	
Пятый	2,94	3,46	1,89	2,15	4,63	
Седьмой	2,29	2,44	1,56	1,28	3,17	
НСР	НСР _{0,5} ^A = 0,10		НСР _{0,5} ^{B и AB} = 0,16			
2009 г.						
Второй	3,30	3,95	1,90	1,78	4,27	
Третий	3,60	3,95	1,97	1,90	4,88	
Четвёртый	3,00	4,02	1,95	2,01	4,64	
Пятый	2,85	3,58	1,80	2,04	4,79	
Седьмой	2,20	2,38	1,49	1,29	3,19	
НСР	НСР _{0,5} ^A = 0,11		НСР _{0,5} ^{B и AB} = 0,14			
2010 г.						
Второй	2,99	4,52	3,00	2,94	2,15	
Третий	2,82	4,16	2,81	2,65	2,12	
Четвёртый	2,75	3,49	2,68	2,19	1,86	
Пятый	2,69	2,57	1,91	1,67	1,24	
Седьмой	2,00	2,13	1,54	1,12	1,10	
НСР	НСР _{0,5} ^A = 0,13		НСР _{0,5} ^{B и AB} = 0,15			

Примечание: НСР – наименьшая существенная разность – величина, указывающая границу предельным случайным отклонениям, получаемая перемножением ошибки разности средних на значение t-критерия при принятом уровне степеней свободы; фактор А – возраст растений, фактор В – срок удаления надземной части.

Минимальное содержание Σ ФП отмечено при срезке надземной части в фазы бутонизации и цветения. В Центральном регионе Нечернозёмной зоны РФ эти фенологические фазы у эхинацеи пурпурной наблюдаются в июле-августе. При удалении побегов в эти сроки растения теряют большое количество Σ ФП с отчуждаемой массой. Они не успевают до конца вегетации восполнить и переместить в подземные органы изучаемые БАВ.

Это и обусловило получение такого результата: снижение по сравнению с вариантом с многократным скашиванием составило в 2008 г. в среднем 2,25 % и 2,22 %, а в 2009 г. – 2,53 % и 2,55 % соответственно.

В июле и августе 2010 г. в регионе складывалась ситуация атмосферной и почвенной засухи: высокая температура воздуха и отсутствие осадков. В более южных районах Европейской части РФ засухи повторяются,

и засуха 2010 г. не была явлением исключительным (Матвеев и др., 2012). Однако в Центральном регионе Нечернозёмной зоны РФ подобная засуха была феноменом. При этом возможность полива отсутствовала. В таких условиях отмечено иное накопление Σ ФП в подземных органах эхинацеи пурпурной в зависимости от сроков скашивания надземной части. У растений в это время происходило сильное обезвоживание, нарушение процессов роста и фотосинтеза. В ситуации теплового шока удаление надземной массы резко ухудшило их состояние. Наиболее пострадали растения, у которых несколько раз отчуждали надземную часть. Независимо от возраста растений, в среднем снижение содержания Σ ФП в корневищах с корнями эхинацеи по сравнению с другими вариантами составило 1,0 %. По сравнению с 2008 и 2009 гг. в среднем содержание Σ ФП упало в 2,3 раза (табл. 1).

В относительно лучшем положении оказались растения, у которых надземную массу срезали в фазу стеблевания, т.е. в начале июня. К моменту начала экстремальных погодных условий они имели оптимальное соотношение между надземной и подземной частями – 1,5. Срезка побегов подхлестнула развитие подземных органов, поглощение ими из почвы воды и элементов питания, поэтому жесткие погодные условия отразились на растениях в меньшей степени. Оказалось, что в 2010 г. превышение концентрации Σ ФП в ЛРС в этом варианте опыта в сравнении с остальными вариантами составило в среднем 1,76 %. Уменьшение уровня БАВ в этом варианте по сравнению с 2008–2009 гг. составило 0,21 %. Такое же снижение мы отмечаем в контрольном варианте.

Выявленные в 2010 г. изменения могут быть объяснены тем, что эхинацея пурпурная относится к мезофитам, и хотя ее ареал нахо-

дится в прериях на территории США, такие суровые погодные условия там редки (Мингалев, Брусницына, 2019).

Нами также рассмотрены закономерности изменения содержания Σ ФП в изучаемом ЛРС в зависимости от возраста производящих растений. Установлено, что в ЛРС, полученном от растений второго года вегетации, накопление Σ ФП в среднем, независимо от срока удаления надземной части и года проведения опыта, достоверно не менялось и составило 3,07 %. У ЛРС, полученного от растений 3–4-летнего возраста в 2008–2009 гг., уровень БАВ существенно не отличался, в 2010 г. отмечено достоверное снижение.

В ЛРС, полученном от растений 5-го года вегетации, засуха 2010 г. привела к существенному уменьшению (практически на 1,0 %) уровня Σ ФП по сравнению с ЛРС, произведенным в благоприятные по погодным условиям годы. Содержание БАВ в варианте с многократным удалением побегов было даже ниже требований к сырью, указанных в ТУ 9373–122–04868244–2013. Наиболее резкое падение концентрации Σ ФП в 2010 г. отмечено для корневищ с корнями от растений эхинацеи 7-го года вегетации. Только в контроле и при удалении надземной части в фазу стеблевания накопление изучаемых БАВ соответствовало требованиям НД.

Было проведено повторение исследований в последующие годы, которое показало схожесть в пределах ошибки опыта в изучении влияния сроков и кратности удаления надземной части у растений эхинацеи пурпурной разных возрастов на содержание Σ ФП в подземных органах.

Из усредненного образца корневищ с корнями эхинацеи нами была получена настойка, в которой содержание Σ ФП оценивали в зависимости от размера частиц измельченного сырья. Значимых различий в содержании

ΣФП в образцах настойки, полученной при изучаемых размерах частиц ЛРС, не выявлено – в среднем оно составило $2,23 \pm 0,03$ % в пересчете на сухое вещество.

Заключение

Концепция существенного повышения содержания БАВ в подземных органах растений, имеющих прикорневую розетку листьев, при удалении цветоносного побега подтверждена нами в опыте с эхинацеей пурпурной. Она была верна даже в условиях засухи 2010 г. Рекомендуем внести в «Агрорекомендацию по возделыванию эхинацеи пурпурной» дополнение: при выращивании эхинацеи пурпурной для получения корневищ с корнями

с высоким содержанием ΣФП следует многократно скашивать надземную часть в фенологической фазе стеблевания. Если условия второй половины лета засушливы, то после однократного скашивания в фазу стеблевания последующие не желательны.

В ЛРС, полученном от растений 2–4 гг. вегетации, накопление ΣФП независимо от срока удаления надземной части растения и года проведения опыта достоверно выше, чем в ЛРС от растений более старшего возраста.

Содержание ΣФП в настойке из корневищ с корнями эхинацеи на 40 % спирте этиловом не зависело от размера частиц измельченного сырья (от 0,25 мм до 1,0 мм).

Список литературы / References

Атлас лекарственных растений России (2021) Издание 2-е, перераб. и доп. Сидельников Н. И. (отв. ред.) М., Наука, 646 с. [*Atlas of medicinal plants of Russia (2021) 2nd edition.* Sidelnikov N. I. (ed.) Moscow, Nauka, 646 p. (in Russian)]

Государственный реестр лекарственных средств Российской Федерации (2021) URL <http://grls.rosminzdrav.ru> [*State register of medicines of the Russian Federation (2021)* URL <http://grls.rosminzdrav.ru> (in Russian)]

Государственная фармакопея Российской Федерации (2018) XIV изд. Том 3, 4. Министерство здравоохранения Российской Федерации. URL <https://femb.ru/record/pharmacopea14> [*State Pharmacopoeia of the Russian Federation (2018) 14th edition, Vol. 3, 4.* Ministry of Health of the Russian Federation. URL <https://femb.ru/record/pharmacopea14> (in Russian)]

Логвиненко Л. А., Шевчук О. М. (2019) Особенности роста и развития видов рода *Echinacea* Moench в условиях южного берега Крыма. *Биология растений и садоводство: теория, инновации*, 2: 55–65 [Logvinenko L. A., Shevchuk O. M. (2019) Features of growth and development of species of the genus *Echinacea* Moench under the conditions of the southern coast of the Crimea. *Plant Biology and Horticulture: Theory, Innovation* [Biologiya rastenii i sadovodstvo: teoriya, innovatsii], 2: 55–65 (in Russian)]

Матвеев С. М., Матвеева С. В., Шурыгин Ю. Н. (2012) Повторяемость сильных засух и многолетняя динамика радиального прироста сосны обыкновенной в Усманском и Хреновском борах Воронежской области. *Журнал Сибирского федерального университета. Биология*, 5(1): 27–42 [Matveev S. M., Matveeva S. V., Shurygin Yu. N. (2012) Recurrence of severe droughts and long-term dynamics of radial increment of the Scots pine in the Usman and Khrenovoe forests in the Voronezh region. *Journal of Siberian Federal University. Biology* [Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Biologiya], 5(1): 27–42 (in Russian)]

Мингалев С. К., Брусницына О. В. (2019) Морфо-биологические особенности иммуностимулирующих растений. *Аграрное образование и наука*, 3: 13 [Mingalev S. K., Brusnitsyna O. V. (2019)

Morpho-biological features of immunostimulating plants. *Agrarian Education and Science* [Аграрное образование и наука], 3: 13 (in Russian)]

Сакович Г. С., Колхир В. К., Сокольская Т. А., Воскобойникова И. В. (2010) Некоторые итоги клинического изучения препаратов и компонентов эхинацеи, результаты исследования безопасности, возможные побочные эффекты, взаимодействие с другими лекарственными средствами. *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*, 4: 11–19 [Sakovich G. S., Kolkhir V. K., Sokol'skaya T. A., Voskoboinikova I. V. (2010) Some results of clinical investigation of *Echinacea* preparations and components: safety evaluation, possible side effects, interaction with other medicinals. *Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry* [Voprosy biologicheskoi, meditsinskoi i farmatsevticheskoi khimii], 4: 11–19 (in Russian)]

ТУ 9373–122–04868244–2013 (2013) Корневища с корнями эхинацеи пурпурной. М., Изд-во ВИЛАР, 13 с. [Technical specification 9373–122–04868244–2013 (2013) *Echinacea purpurea* rhizomes with roots. Moscow, All Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, 13 p. (in Russian)]

Цицилин А. Н., Ковалев Н. И., Коротких И. Н., Басалаева И. В., Бабенко Л. В., Савченко О. М., Хазиева Ф. М. (2022) Методика исследований при интродукции лекарственных и эфиромасличных растений. Издание 2-е, дополненное и переработанное. М., ФГБНУ ВИЛАР, 64 с. [Tsitsilin A. N., Kovalev N. I., Korotkikh I. N., Basalaeva I. V., Babenko L. V., Savchenko O. M., Khazieva F. M. (2022) *Research methodology during the introduction of medicinal and essential oil plants. 2nd Edition, supplemented and revised*. Moscow, All Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, 64 p. (in Russian)]

Шевченко А. М., Волокитин С. В., Шатило В. В. (2014) Обоснование технологии производства и методов стандартизации шипучих гранул с сухим экстрактом эхинацеи и аскорбиновой кислотой. *Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции. Сборник научных трудов, выпуск 69*. Пятигорск, Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал ГБОУ ВПО ВолгГМУ Минздрава России, с 171–175 [Shevchenko A. M., Volokitin S. V., Shatilo V. V. (2014) Substantiation of the «know-how» and methods of standardization of sparkling granules with a dry extract *Echinacea* and ascorbic acid. *Development, research and marketing of new pharmaceutical products. Collection of scientific papers, Issue 69*. Pyatigorsk, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – Branch of Volgograd Medical University of Ministry of Health of Russia, p. 171–175 (in Russian)]

Čiþlienė A., Maruška A., Raila A., Zvicevičius E., Ragažinskienė O., Stankevičius M. (2015) The quantity of biologically active substances in purple coneflower as influenced by the preparation methods and drying technologies. *Zemdirbyste*, 102(3): 297–304

European Pharmacopoeia. 10th Edition (2021) URL <https://www.edqm.eu/en/european-pharmacopoeia-ph-eur-10th-edition>

Hohmann J., Rédei D., Forgo P., Szabó P., Freund T. F., Haller J., Bojnik E., Benyhe S. (2011) Alkamides and a neolignan from *Echinacea purpurea* roots and the interaction of alkamides with G-protein-coupled cannabinoid receptors. *Phytochemistry*, 72(14–15): 1848–1853

Manayi A., Vazirian M., Saeidnia S. (2015) *Echinacea purpurea*: Pharmacology, phytochemistry and analysis methods. *Pharmacognosy Reviews*, 9(17): 63–72

Zaushintsena A. V., Milentyeva I. S., Babich O. O., Noskova S. Yu., Kiseleva T. F., Popova D. G., Bakin I. A., Lukin A. A. (2019) Quantitative and qualitative profile of biologically active substances extracted from purple echinacea (*Echinacea purpurea* L.) growing in the Kemerovo region: functional foods application. *Foods and Raw Materials*, 7(1): 84–92