

тенденцию накопления розмариновой кислоты в листьях в период плодоношения у *N. bucharica*, *N. nuda*, *N. grandiflora* и отсутствие розмариновой кислоты у *N. sibirica*.

Таким образом, проведенное скрининговое исследование 4 видов рода *Nepeta* показало наличие в экстрактах их листьев тритерпеноидов (урсоловая и олеаноловая кислоты, уваол) и фенолкарбоновых кислот (феруловой, кофейной, хлорогеновой и розмариновой кислот). Дана их количественная оценка. Феруловая, кофейная и хлорогеновая кислоты, а также уваол обнаружены у исследуемых видов впервые.

Литература

1. Буданцев А. Л. Конспект рода *Nepeta* (*Lamiaceae*) // Ботан. журн. 1993. Т. 78, № 1. С. 93–107.
2. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 4. Семейства Caprifoliaceae — Lobeliaceae. СПб.: МКМ. 2011. 630 с.
3. Gkinis G., Bozin B., Mimca-Dukic N., Tzakou O. Antioxidant activity of *Nepeta nuda* L. ssp. *nuda* essential oil rich in nepetalactones from Greece // J. Med. Food. 2010. Vol. 13, N 5. P. 1176–1181.
4. Zargari A. Medicinal plants. Vol. 4. 4th edn., Tehran University Publications. 1990. 197 p.
5. Большой энциклопедический словарь лек. растений/под общ.ред.Г.П.Яковлева.СПб.: СпецЛит., 2015. 759с.
6. Formisano C., Rigano D., Senatore F. Chemical constituents and biological activities of *Nepeta* species // Chem. Biodiver. 2011. Vol. 8, N 10. P. 1783–1818.
7. Janicsák G., Veres K., Kakasy A. Z., Máthé I. Study of the oleanolic and ursolic acid contents of some species of the *Lamiaceae* // Biochem. Syst. Ecol. 2006. Vol. 34, N 5. P. 392–396.
8. von Carstenn-Lichterfelde C., Rodríguez B., Valverde S. Triterpenes and fatty acids from *Nepeta aragonensis* // Phytochemistry. 1973. Vol. 12, N 12. P. 3002–3003.
9. Буданцев А. Л., Шаварда А. Л., Медведева Н. А., Петрова Н. В., Леострин А. В. Содержание розмариновой кислоты в листьях некоторых видов семейств *Lamiaceae* и *Boraginaceae* // Раст. ресурсы. 2015. Т. 51, вып. 1. С. 105–116.

CONTENT PHENOLIC ACIDS AND TRITERPENOIDS OF SOME SPECIES OF *NEPETA* L. (LAMIACEAE)

Petrova N. V., PhD (Biol.), Senior Researcher, Laboratory of Plant Resources

Medveeva N. A., PhD (Biol.), Senior Researcher, Laboratory of Plant Resources

Keywords: *Nepeta bucharica*, *N. grandiflora*, *N. nuda*, *N. sibirica*, phenolic acids, triterpenoid

Phytochemical investigation of different species of genus *Nepeta* L. (*Lamiaceae* Lindl.) – *N. bucharica* Lipsky, *N. grandiflora* Bieb., *N. nuda* L. and *N. sibirica* L., using gas chromatography and mass spectrometry (GC-MS) was performed. All samples contain of oleanolic, ursolic, ferulic and caffeic acids. Existing of uvaol is found only for *N. bucharica* (0, 26 mg/g). Chlorogenic acid is discovered in *N. sibirica* (0,95 mg/g), *N. bucharica* (0,97 mg/g) and *N. grandiflora* (0,07 mg/g) and it is absent for samples *N. nuda*. Rosmarinic acid is discovered in *N. bucharica* (13,89 mg/g), *N. nuda* (16,90 mg/g), *N. grandiflora* (21,58 mg/g) and it is absent for samples *N. sibirica*.

УДК 581.19

ОСОБЕННОСТИ БИОСИНТЕЗА ЦЕЛЕВЫХ МЕТАБОЛИТОВ В СЫРЬЕ КАЛЕНДУЛЫ ЛЕКАРСТВЕННОЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И СВЕРХНИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЭКЗОГЕННОЙ 5-АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ

Шинь С.Н., м.н.с. лаб. прикладной биохимии ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», Минск
Шутова А.Г., к.б.н., доцент, в.н.с. лаб. прикладной биохимии ГНУ «Центральный бот. сад НАН Беларуси», Минск
Шабуя П.С., к.б.н., с.н.с. лаб. физико-химич. методов иссл., Институт биоорганич. химии НАН Беларуси, Минск
Фатыхова С.А., н.с. лаб. физико-химических методов иссл., Инст.т биоорганической химии НАН Беларуси, Минск
Мазец Ж.Э., к.б.н., доцент кафедры общей биологии и ботаники УО «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», Минск

Ключевые слова: регуляторы роста, фенольные соединения, флавоноиды, каротиноиды, календула лекарственная.

В статье описаны эффекты влияния предпосевной обработки 5-аминолевулиновой кислотой (АЛК) и низкоинтенсивного электромагнитного излучения (ЭМИ) на биосинтез целевых метаболитов в соцветиях *Calendula officinalis* L. сорта «Махровый 2000». С помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии и масс-спектрометрии определен качественный и количественный состав основных флавоноидов и каротиноидов, присутствующих в соцветиях. Отмечены оптимальные варианты предпосевной обработки.

Лекарственные препараты, созданные на основе растительного сырья, пользуются большим спросом у населения. В Беларуси возделывание лекарственных растений ограничено несколькими хозяйствами, что связано с низкой рентабельностью производства и высокой себестоимостью конечного продукта, который не всегда по качеству соответствует государственным стандартам. Поэтому изучение способов повышения качества сырья лекарственных растений является актуальным направлением современных исследований. Среди основных лекарственных культур, возделываемых в Беларуси, одно из приоритетных мест занимает календула лекарственная (*Calendula officinalis* L.).

Calendula officinalis L. – однолетнее травянистое растение семейства сложноцветных (*Asteraceae*), широко используемое в медицине, косметологии и пищевой промышленности. Главные компоненты сырья: флавоноиды (нарциссин, рамнетин, изорамнетин-3-глюкозид, изокверцитрин и др.), каротиноиды (каротин, ликопин, неоликопин А, рубиксантин, цитроксантин, виолаксантин, флавохром, флавоксантин, хризантемаксантин и др. (всего 15 соединений) [1, 3]. Содержание суммы флавоноидов колеблется в зависимости от сорта и популяции в пределах 0,26–0,91% [1-2]. Также в составе соцветий содержатся органические кислоты (яблочная, салициловая, пентадидиловая, миристиновая, лауриновая, пальмитиновая), эфирные масла (0,05–0,2%), фитонциды (до 0,09%) [1-

2]. Кроме того, в соцветиях календулы лекарственной найдены небольшое количество кумаринов (скополетин, умбеллиферон и эскулетин), полисахариды (до 15 %), горькое вещество календен, смолистые (до 3,44%) и дубильные вещества, камедь, микроэлементы [3].

Целью данной работы являлось определение эффективности применения предпосевной обработки семян 5-аминолевулиновой кислотой (АЛК) и низкоинтенсивным электромагнитным излучением (ЭМИ) для стимуляции биосинтеза целевых метаболитов в соцветиях *Calendula officinalis* L. сорта «Махровый 2000».

Из литературных данных известно, что АЛК, являясь предшественником в биосинтезе хлорофилла, в низких и сверхнизких концентрациях оказывает стимулирующие эффекты на рост и урожайность ряда культур [5]. Широкое использование АЛК сдерживается ее достаточно высокой стоимостью и отсутствием данных о преимуществах ее применения, в сравнении с широко используемыми в настоящее время иными стимуляторами роста. Однако, опираясь на информацию об особенностях биосинтеза АЛК и ее трансформации в растениях [5], можно предположить, что при правильном подборе концентраций можно добиться максимальной эффективности ее использования для улучшения качества фитосырья. Поэтому для обработки семян календулы использовали следующие концентрации: 1) 10⁻⁶% (АЛК 1); 2) 10⁻⁷% (АЛК 2); 3) 10⁻⁹% (АЛК 3); 4) 10⁻¹¹% (АЛК 4). Обработка семян проводилась методом инкрустации с использованием в качестве прилипателя 1%-го раствора фадекса. Обработку семян ЭМИ проводили в Институте ядерных проблем БГУ на лабораторной установке для микроволновой обработки семян различных сельскохозяйственных культур в широком частотном диапазоне (от 37 до 120 ГГц) с плавной регулировкой мощности от 1 до 10 мВт. Для растений календулы в качестве оптимальных были выбраны три частотных режима: Режим 1 (частота обработки 53,57–78,33 ГГц, время обработки 20 минут); Режим 2 (частота обработки 64,0–66,0 ГГц, время обработки 12 минут) и Режим 3 (частота обработки 64,0–66,0 ГГц, время обработки 8 минут). Выбор режимов обусловлен ранее выполненными теоретическими и экспериментальными исследованиями взаимодействия низкоинтенсивного ЭМИ с биологической мембраной [6]. Сырье для исследования было выращено на участке лекарственных и пряно-ароматических растений отдела биохимии и биотехнологии Центрального ботанического сада в 2014-2015 гг. по общепринятой методике, посев осуществлялся рядовым способом [7].

Определение общего количества фенольных соединений, флавоноидов и каротиноидов в соцветиях календулы проведено на спектрофотометре Agilent 8453 с использованием методики описанной в работе Ермаковой А.И [8]. Качественное и количественное определение флавоноидов и каротиноидов проводили на хроматографе Agilent 1200 с диодно-матричным детектором. В случае каротиноидов использовали колонку ZORBAX Eclipse Plus C18 (3,0×100 мм; 1,8 мкм) при температуре +22°C. В качестве подвижной фазы использовали смесь растворителей: ацетонитрил – метанол – этилацетат (73 об.% : 20 об.% : 7 об.%). Скорость потока – 0,4 мл/мин. Детекция при длине волны 450 нм. Объем инъекции – 2 мкл. Время анализа 35 минут. Для построения калибровочных кривых были использованы растворы стандартов основных каротиноидов β-каротина (Fluka, №22040) и лютеина (ROTH, №5671) в ацетоне. [9]. Для хроматографического анализа флавоноидов использовали спиртовые экстракты календулы. Разделение компонентов проб проводили на колонке ZORBAX SB-Aqua C18 (3,0×100 мм; 1,8 мкм) при температуре +25°C. В качестве подвижной фазы А использовали 0,15 об.% раствор уксусной кислоты в деионизованной воде; подвижной фазы В – 100% метанол. Элюцию вели в режиме многоступенчатого градиента от 10 до 70 % фазы, при скорости потока – 0,4 мл/мин. Детекция при длине волны 370 нм. Объем инъекции – 5 мкл. Время анализа 40 минут. Для построения калибровочной кривой был использован стандарт гиперозида. Для анализ агликонов флавоноидов использовали методику ГФ РБ [10] с некоторыми модификациями. Условия хроматографии: колонка ZORBAX SB-Aqua C18 (3,0×100 мм; 1,8 мкм); подвижная фаза А - 0,15 об.% раствор уксусной кислоты в деионизованной воде, подвижная фаза В – 100% метанол; многоступенчатый градиент от 40 до 95 % фазы В при скорости потока 0,4 мл/мин; объем инъекции – 5 мкл. Детекция при длине волны 370 нм. Время анализа 26 минут. Для построения калибровочных кривых были использованы стандарты основных агликонов: изорамнетин (95%, Sigma, 17794-5mg), кемпферол (97%), кверцетин дигидрат (98%, Chromadex ASB 00017045-500). В работе использовали спиртовые экстракты календулы после кислотного гидролиза.

Идентификацию основных флавоноидов в экстрактах календулы осуществляли методом ВЭЖХ-МС. Был использован хроматограф Agilent 1200 с диодно-матричным и масс-селективным детектором типа «тройной квадруполь» Agilent 6410 Triple Quad оснащенный колонкой ZORBAX SB-Aqua C18 (3,0×100 мм; 1,8 мкм). Хроматографическое разделение проводили в тех же условиях, как и для количественного анализа флавоноидов. Был использован режим полного сканирования (MS2-Scan) в диапазоне масс от 180 до 1500 Da. Параметры работы детектора: температура осушающего газа +350°C; скорость потока осушающего газа 8 л/мин; давление на распылителе 30 psi; напряжение на капилляре 4000 вольт; напряжение на фрагментере 100 и 200 вольт. Качественный анализ хроматограмм и масс-спектров проводили с использованием компьютерного обеспечения Agilent MassHunter [11]. Полученные результаты обрабатывались с помощью статистического пакета программ M.Excel и Stadia 8.0.

В результате двухлетних исследований установлены достоверные отличия в накоплении фенольных соединений и флавоноидов в соцветиях *Calendula officinalis* L. при обработке различными концентрациями АЛК и при разных экспозициях ЭМИ. Предпосевная обработка АЛК во всех концентрациях индуцировала накопление фенольных соединений (ФС), при этом максимальное увеличение количества фенольных соединений и флавоноидов (почти в 2 раза) наблюдалось при концентрации АЛК 1 – в 2014 г., АЛК 4 – в 2015 г. ЭМИ оказалась наиболее эффективной при использовании режимов P1 и P2, данный эффект был отмечен как в 2014, так и в 2015 году (таблица 1).

Таблица 1. Динамика накопления ФС в соцветиях *Calendula officinalis* L. сорт «Махровый 2000» (мг/100 г сухого веса)

Варианты опыта	Годы сбора сырья
----------------	------------------

	2014 г.	2015 г.
Контроль	1,34±0,20	1,39±0,27
АЛК 1	1,43±0,13	1,65±0,46
АЛК 2	1,56±0,26	1,52±0,21
АЛК 3	1,51±0,20	1,8±0,29
АЛК 4	1,65±0,14	1,64±0,15
Р 1	1,53±0,25	1,52±0,22
Р 2	1,5±0,13	1,58±0,25
Р 3	1,23±0,10	1,47±0,36

Подобная тенденция полностью повторяется в биосинтезе и накоплении флавоноидов. Как видно из рисунка 1, устойчивое положительное влияние оказывает обработка АЛК. ЭМИ в зависимости от года исследования оказывает разное влияние. Стимулирующий эффект от всех обработок отмечен в 2015 г., отличающемся экстремальными погодными условиями. Можно предположить, что эффект от обработок наиболее выражен при худших условиях вегетации.

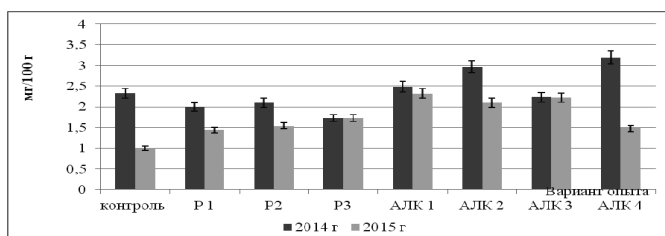


Рисунок 1. Динамика содержания флавоноидов в соцветиях календулы сорта «Махровый 2000»

Также методом ВЭЖХ было изучено изменение качественного и количественного состава агликонов флавоноидов. Установлено, что в календуле сорта «Махровый 2000» в сырье 2014 г. основным агликоном является изорамнетин, также содержится значительное количество кверцетина и сравнительно небольшое кемпферола (таблица 2).

Таблица 2 Содержание основных агликонов флавоноидов в календуле сорта «Махровый 2000» (мкг/мл)

Вариант опыта	изорамнетин		кверцетин		Кемпферол	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015
Контроль	2,07	2,86	0,69	1,12	0,04	0,17
АЛК 1	3,84	2,82	1,24	0,93	0,13	0,16
АЛК 2	3,54	3,50	1,37	1,40	0,13	0,25
АЛК 3	5,11	2,54	1,38	0,97	0,09	0,19
АЛК 4	5,36	2,84	1,46	1,02	0,08	0,16
p1	2,16	2,54	1,08	1,02	0,09	0,21
p2	2,92	2,90	1,13	1,04	0,03	0,25
p3	3,09	2,99	1,19	1,28	0,05	0,18

Установлено, что все виды предпосевного воздействия повышают содержание агликонов в 1,5 – 2 раза, а в случае кемпферола обработки АЛК 1 и АЛК 2 увеличивали его содержание в 3 раза.

ВЭЖХ-МС анализ спиртовых экстрактов календулы позволил идентифицировать в изучаемом сорте 11 основных флавоноидов: 1) кверцетин-гексоза-рамноза-рамноза, (предположительно Manghaslin); 2) кверцетин-гексоза-рамноза (предположительно calendoflavobioside); 3) кверцетин-гексоза-пентоза; 4) кемпферол- гексоза-рамноза-рамноза; 5) изорамнетин-гексоза-рамноза-рамноза (предположительно typhaneoside); 6) кемпферол- гексоза-гексоза; 7) кверцетин-глюкоза-рамноза (рутин, подтверждено стандартом); 8) изорамнетин-гексоза-рамноза (предположительно calendoflavoside); 9) изорамнетин-гексоза-пентоза; 10) изорамнетин-гексоза-рамноза (предположительно narcissin); 11) ацилированный гликозид изорамнетина (изорамнетин-малонил гексоза). Согласно литературным данным [12] и на основании анализа хроматограмм, установлено, что преобладающими компонентами экстрактов являются: изорамнетин-гексоза-рамноза-рамноза (предположительно тифанезид); изорамнетин-гексоза-рамноза (предположительно календофлазид) и изорамнетин-гексоза-рамноза (предположительно нарциссин). В таблице 3 представлены данные об уровне накопления основных флавоноидов календулы в зависимости от вида предпосевной обработки.

Таблица 3. Содержание основных флавоноидов в спиртовых экстрактах календулы сорта «Махровый 2000» в пересчете на гиперозид (мкг/мл)

Варианты опыта	Изорамнетин-гексоза-рамноза (предположительно Narcissin)	Изорамнетин-гексоза-рамноза (предположительно Calendoflavoside)	Изорамнетин-гексоза-рамноза-рамноза (предположительно Typhaneoside)
контроль	42,49	25,85	37,53
АЛК 1	83,15	24,36	43,55
АЛК 2	101,79	23,58	46,44
АЛК 3	78,88	21,93	45,7
АЛК 4	82,89	21,58	44,87
Р 1	55,52	23,39	40,45

P 2	45,03	25,02	39,78
P 3	80,06	25,86	39,48

Показано, что нарциссин является самым лабильным соединением и наиболее выражено реагирует на изучаемые воздействия. Так все обработки приводят к увеличению его количества, при этом максимум (в 2,4 раза) достигается при обработке АЛК 2. Под воздействием всех вариантов предпосевной обработки количество тифанозидов увеличивается незначительно, на 5 - 24% по отношению к контролю. Установлено, что все варианты воздействия, кроме ЭМИ в режиме P3, приводили к увеличению биосинтеза флавоноидов в сырье календулы. Также отмечено, что изучаемые обработки не всегда приводят к повышению биосинтеза отдельных флавоноидов, например, в случае календофлавозида наблюдается уменьшение этого метаболита при всех обработках кроме P3, что свидетельствует о возможном перераспределении путей биосинтеза под влиянием АЛК и ЭМИ.

Также проведена оценка влияния ЭМИ и АЛК на биосинтез каротиноидов и хлорофиллов у *C. officinalis* L. сорта «Махровый 2000». Каротиноиды в процентном соотношении, после ФС, преобладают среди других вторичных метаболитов в сырье календулы [1]. Но данные об их количественном накоплении, приведенные в литературе, различны и расхождения в основном связаны с сортовыми особенностями календулы [12-13].

Установлено, что на содержание каротиноидов и хлорофиллов оказывают влияние как вид регулятора, так и его концентрация. Так, АЛК стимулирует накопление каротиноидов следующим образом: АЛК 1 увеличивает уровень каротиноидов на 41,4%, АЛК 2 – на 22%, АЛК 3 – на 56%, АЛК 4 – на 142% (данные статистически достоверны, (таблица 4). Специфичность реакции на предпосевное воздействие изучаемым регулятором состоит в том, что не наблюдается прямой зависимости эффекта от концентрации АЛК. Достоверно установлено наличие выраженного стимулирующего эффекта от воздействия АЛК в минимальной концентрации 10⁻¹¹%. Суммарное содержание каротиноидов после обработки ЭМИ увеличивается только в случае режимов P2 и P3 на 4 - 7% в зависимости от особенностей вегетационного периода (таблица 4). Все данные приведенные в таблице статистически достоверны.

Таблица 4. Динамика накопления каротиноидов в мг/100 г сухого веса в цвететях *C. officinalis* L. сорт «Махровый 2000»

Варианты опыта	Годы сбора сырья	
	2014	2015
Контроль	28,10±0,15	60,50±0,20
АЛК 1	34,23±0,15	65,30±1,30
АЛК 2	41,55±0,10	77,03±0,67
АЛК 3	29,40±0,05	70,80±0,54
АЛК 4	33,79±0,04	71,90±0,30
P1	21,45±0,07	58,30±0,70
P2	22,19±0,13	62,9±0,10
P3	29,98±0,10	57,9±0,06

Методом ВЭЖХ было проанализировано изменение содержания основных каротиноидов (β-каротин и лютеин) цвететий календулы сорта «Махровый 2000» в условиях предпосевной обработки (таблица 5).

Таблица 5. Содержание каротиноидов в цвететях календулы сорта «Махровый 2000» (мкг/мл)

Варианты опыта	Лютеин		β-каротин	
	2014	2015	2014	2015
Контроль	27,2	17,2	43,5	51,3
АЛК 1	23,3	18,9	59,8	53,06
АЛК 2	22,3	23,2	65,4	53,2
АЛК 3	20,7	16,2	44,7	49,3
АЛК 4	21,0	14,1	66,6	54,2
P1	18,7	18,5	33,4	44,2
P2	21,3	16,5	33,2	43,8
P3	24,7	17,3	45,4	41,95

Полученные в результате ВЭЖХ анализа данные согласуются с данными спектрофотометрических исследований и подтверждают установленную закономерность. Отмечено, что в цвететях календулы сорта «Махровый 2000» основными компонентами являются β-каротин и лютеин. Можно предположить, что обработки АЛК и ЭМИ приводят к перераспределению биосинтеза каротиноидов разных видов. Так обработки АЛК и P3 стимулирует синтез β-каротина и снижает количество лютеина. Однако обработка ЭМИ приводит к разнонаправленным эффектам в зависимости от особенностей вегетационного периода. В 2014 г ЭМИ в режимах P1 и P2 снижало содержание всех каротиноидов относительно контроля, а в 2015 г, в условиях засушливого лета и высоких среднесуточных температурах приводило к накоплению каротиноидов.

Количественный анализ сырья на содержание хлорофилла а и b показал, что все обработки приводят к уменьшению суммарного количества хлорофилла. Так, АЛК приводит к значительному снижению суммы хлорофиллов (на 32- 45% по отношению к контролю) в 2014-2015 гг. Обработка ЭМИ снижала этот показатель на 13- 19% в 2014 г и 18-34% в 2015 г. Анализ полученных данных и литературы позволяет предположить, что повышение уровня каротиноидов и уменьшение количества хлорофилла при определенных видах воздействия является результатом ответа антиоксидантной системы растения на предпосевное воздействие. Увеличение уровня накопления каротиноидов и хлорофиллов в 2015 г, вероятно, является результатом реакции растений на повышение солнечной радиации и индекса ультрафиолетового излучения, зафиксированного метеорологами. Повышенный биосинтез каротиноидов в цвететях календулы в 2015 году можно объяснить фотопротекторной функцией каротиноидов [13].

Таким образом, выявлены достоверные отличия в биосинтезе фенольных соединений в соцветиях в соцветиях календулы сорта «Махровый 2000» при использовании различных способов предпосевного воздействия. Преобладающими флавоноидами календулы сорта «Махровый 2000»: изорамнетин-гексоза-рамноза, изорамнетин-гексоза-рамноза-рамноза и изорамнетин-гексоза-рамноза. в составе каротиноидов преобладают β -каротин и лютеин, при этом под влиянием обработок экзогенной АЛК происходит сдвиги в количественном содержании данных каротиноидных фракций – повышение содержания β -каротина и уменьшение количества лютеина.

Растения *Calendula officinalis* L. сорта «Махровый 2000» различным образом реагируют на предпосевную обработку семян АЛК и ЭМИ, что отражается на биохимических характеристиках фитосырья. Так, АЛК повышает качество лекарственного сырья, т. е. его антиоксидантные свойства за счет не ферментативных антиоксидантов – каротиноидов и флавоноидов. АЛК, являясь предшественником в биосинтезе хлорофилла, обладает большой физиологической активностью и даже в низких концентрациях вызывает существенные изменения в биосинтезе вторичных метаболитов в исследуемых растениях, сдвигая эти процессы в сторону их накопления, оправдывая свое применение. Эффект от обработки ЭМИ показал неоднозначные результаты в разные вегетационные годы и требует дальнейшего изучения.

Литература

1. Лечимся ромашкой и календулой / Л.В. Николайчук, Е.С. Козюк / Мн.: «Современное слово», 2005. – 192 с
2. Лубсандоржиева П. Б. Антиоксидантная активность экстрактов *Calendula officinalis* L. // Химия растительного сырья. – №4, 2009. – С. 123-126
3. Зузук Б. М., Кушук Р. В., Калугина С. М., Я. С. Гудивок, Л. М. Куровец / Календула лекарственная (*Calendula officinalis* L.) Аналитический обзор // Провизор 2001 , №4, http://www.provisor.co.m.ua/archive/2001/N4/art_29.php
4. Шарова О.В., Куркин В.А. Флавоноиды цветков календулы лекарственной // Химия раст. сырья. 2007. №1. С.65–68.
5. Биосинтез тетрапиролов в растениях / Н.Г. Аверина, Е.Б. Яронская / Минск :Беларус. наука, 2012. – 413 с.
6. Карпович В.А., Родионова В.Н. Способ предпосевной обработки семян овощных или зерновых культур: патент РБ. Выд. 23.06.2003, №5580
7. Методика полевого опыта / Б.Н. Доспехов / М.: Колос, 1979. – 415 с.
8. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермакова / Ленинград: ВО «Агроиздат», 1987. 331 с.
9. Carotenoids of tomato and tomato paste: verification of the occurrence of g-carotene. Mieko KIMURA, Delia RODRIGUEZ-AMAYA // Rev. Inst. Adolfo Lutz, 62(1): 21 - 26 , 2003
10. ГФ РБ том 2, статья Гинкго листья (количественное определение)/типогр. "Победа", Молодечно, 2008. 333 с.
11. Vukics V., Hevesi Toth B., Ringer T., Ludanyi K., Kery A., Bonn G.K., Guttman A. "Quantitative and qualitative investigation of the main flavonoids in heartsease (*viola tricolor*). Journal of chromatogr. Science. Vol. 46. February.
12. Olennikov D. N., Kashchenko N. I. New Isorhamnetin Glycosides and other Phenolic Compounds from *Calendula officinalis* // Chemistry of Natural Compounds, Vol. 49. – No. 5. – 2013. – P 833-839
13. Смоликова Г.Н. Каротиноиды семян: синтез, разнообразие и функции // Физиология растений. – 2015. – Т. 62. – № 1. – С. 3-16

FEATURES OF TARGET METABOLITES BIOSYNTHESIS IN RAW MATERIALS OF CALENDULA UNDER THE INFLUENCE OF LOW-INTENSITY ELECTROMAGNETIC RADIATION AND EXTRALOW CONCENTRATIONS OF EXOGENOUS 5-AMINOLEVULINIC ACID

Shysh S.N., SSI Central Botanical Garden, NAS of Belarus, Minsk

Shutava H.G., PhD (Biol.), SSI Central Botanical Garden, NAS of Belarus, Minsk Shabunya P.S., PhD (Biol.), The Institute of Bioorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus

Fatykhava S.A., the Institute of Bioorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus

Mazets Z.E. PhD (Biol.), SSI Institute of Physical Organic Chemistry, NAS of Belarus, Minsk

Key words: *growth regulators, phenolic compounds, flavonoids, carotenoids, Calendula officinalis.*

This article describes the effects of the influence of pre-treatment with 5-aminolevulinic acid and low-intensity electromagnetic radiation in the biosynthesis of target metabolites in inflorescences *Calendula officinalis* L. 'Machrovyy 2000'. With the help of high-performance liquid chromatography and mass spectrometry to set qualitative and quantitative composition of the main flavonoids and carotenoids has been shown. Noted the best options for pre-processing.