

ПЧЕЛОВСЬКА С.А.✉, ЛІТВИНОВ С.В., ШИЛІНА Ю.В., ЛИСТВАН К.В., ЖУК В.В.,
СОКОЛОВА Д.О., ТОНКАЛЬ Л.В., САЛІВОН А.Г., НЕСТЕРЕНКО О.Г.

Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України,

Україна, 03680, м. Київ, вул. Академіка Заболотного, 148

✉ svetapchel@gmail.com, (098) 812-92-89

ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОПРОМІНЕННЯ НАСІННЯ РОМАШКИ ЛІКАРСЬКОЇ НА НАКОПИЧЕННЯ ФЛАВОНОЇДІВ

Мета. Передпосівне опромінення насіння пропонується до використання в якості фактора, що здатний модифікувати накопичення продуктів вторинного метаболізму лікарськими рослинами. Метою пропонованої роботи є підбір доз гамма- та рентгенівського опромінення насіння ромашки лікарської *Chamomilla recutita* L., які зумовлять збільшення синтезу продуктів вторинного метаболізму та приросту біомаси. **Методи.** Рентгенівське та гамма-опромінення насіння, екстракція флавоноїдів, кількісна оцінка вмісту флавоноїдів в екстрактах за допомогою спектрофотометрії (СФ), якісний та напівкількісний аналіз екстрактів із використанням високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ). **Результати.** Показано, що передпосівне опромінення насіння ромашки лікарської призводить до збільшення продукції флавоноїдів у порівнянні з контролем та приросту фармацевтично цінної сировини – збільшення кількості суцвіть з одиниці площі. ВЕРХ-аналіз екстрактів показав, що якісний склад водно-спиртових екстрактів ромашки не змінювався; опромінення насіння не викликало біосинтезу нових сполук. **Висновки.** Отримані результати підтверджують можливість застосування передпосівного опромінення насіння ромашки лікарської в інтервалі доз 5–50 Гр в якості модифікуючого фактора з метою збільшення її продуктивності та фармацевтичної цінності лікарської сировини.

Ключові слова: ромашка лікарська, підвищення продуктивності, флавоноїди, передпосівна обробка.

Використання рослин для виготовлення лікарських препаратів в усі часи було та надалі стає все більш актуальним у зв'язку з відносно низькою вартістю, ефективністю та малою кількістю побічних ефектів. Це зумовлює актуальність вивчення перспектив підвищення продуктивності лікарських рослин за допомогою штуч-

ної стимуляції вторинного метаболізму. Експериментально підтверджено, що за впливу стресових факторів, зокрема іонізуючого випромінювання, інтенсивність вторинного метаболізму у лікарських рослин зростає, і, відповідно, збільшується їх фармакологічна цінність [1, 2]. Цей ефект був показаний у дослідах з опроміненням гамма-радіацією насіння подорожника (*Plantago major*), маку (*Papaver somniferum*) та вітанії (*Withania somnifera*) [3]. Раніше нами вже була показана можливість використання іонізуючої радіації для підвищення фармакологічної цінності сировини лікарських рослин [4, 5]. З огляду на це передпосівне γ - або рентгенівське опромінення насіння лікарських рослин пропонується як достатньо простий і дешевий спосіб підвищення їх фармацевтичної цінності завдяки збільшенню біомаси та активізації синтезу вторинних метаболітів.

Зростання інтенсивності вторинного метаболізму може бути пов'язане зі зміною експресії генів, котрі беруть участь у регуляції вторинного метаболізму, а також генів, причетних до модифікацій вторинних метаболітів, – глікозилювання, гідроксилювання, метилування тощо. Це відображається, зокрема, у змінах профілів метилування ДНК, які спостерігаються під час формування адаптації до тих або інших стресових чинників [6].

Нашою метою є розробка радіаційної біотехнології підвищення вмісту й збільшення різноманітності речовин вторинного метаболізму у лікарських рослин як способу підвищення фармацевтичної цінності рослинної сировини. З практичної точки зору перспективним і зручним є застосування передпосівного опромінення насіння.

Об'єктом дослідження обрали насіння ромашки лікарської *Chamomilla recutita* L. (*Asteraceae*) – лікарської рослини, широко розповсюдженої в природних умовах лісостепової зони,

© ПЧЕЛОВСЬКА С.А., ЛІТВИНОВ С.В., ШИЛІНА Ю.В., ЛИСТВАН К.В., ЖУК В.В.,
СОКОЛОВА Д.О., ТОНКАЛЬ Л.В., САЛІВОН А.Г., НЕСТЕРЕНКО О.Г.

придатної для культивування як у присадибних, фермерських господарствах, так і в промислових масштабах [7]. У якості лікарської сировини (ЛС) використовують суцвіття ромашки, зібрані в період максимального розквітнення [8]. ЛС ромашки є джерелом флавоноїдів, флавонових похідних, ефірних олій, глікозидів, полісахаридів, вітамінів (аскорбінова кислота) [9]. В фармакопеї екстракти ромашки лікарської широко використовуються як антимікробні, протизапальні, спазмолітичні, дезінфікуючі препарати; відомо також, що такі препарати мають антивірусну, антиоксидантну, антидепресантну, седативну, місцевоанестезуючу дії [9, 10]. Виділені із рослин поліфенольні комплекси та флавоноїди конкурують із багатьма фармакопейними синтетичними препаратами [10].

Матеріали і методи

Підбір та випробування способів підвищення продукування вторинних метаболітів, а також збільшення біомаси в процесі вегетації лікарських рослин здійснювали шляхом застосування іонізуючого опромінення в стимулюючих дозах. Шляхом аналізу даних літератури було визначено LD_{50} гострого опромінення рослин [11–14]. Виходячи зі співвідношення летальних та стимулюючих доз для рослин, було розраховано можливий діапазон доз стимуляції для насіння рослин ромашки лікарської з їх наступною експериментальною перевіркою в лабораторних та польових умовах.

Опромінення насіння проводили на рентгенівській установці РУМ-17 (Національний Інститут раку) за потужності дози 1,42 сГр/с. Сумарні поглинуті дози склали 5, 10, 15, 20, 25, 35 та 50 Гр. Також вивчали вплив хронічного зовнішнього опромінення насіння в сумарній поглинутій дозі 1 Гр (потужність дози 0,3 мГр/год) від джерела, що містить хлорид радіонукліду ^{137}Cs (Відділ біофізики та радіобіології, ІКБГ НАН України).

У досліджах було використано насіння ромашки лікарської ТМ «Семена України». Опромінене та неопромінене насіння висівали у відкритий ґрунт і в горщики з ґрунтом у теплиці. Збір та заготівлю (сушіння) лікарської сировини проводили відповідно до загальноприйнятих фармакопейних методик [9]. Екстракцію суми флавоноїдів здійснювали мацерацією наважки подрібненого матеріалу 70%-м етанолом у кількісному співвідношенні 1:100 за 24°C протягом 72 год. Отриманий екстракт фільтрували

через ватний фільтр, за необхідності доводили до початкового об'єму 70%-м етанолом і центрифугували.

Кількісну оцінку вмісту вторинних метаболітів в екстрактах із лікарської сировини визначали шляхом вимірювання оптичної густини комплексу флавоноїдів і хлориду алюмінію на спектрофотометрі СФ-46 (РФ). Для цього до 1 мл отриманого екстракту додавали 1 мл 2 % спиртового розчину хлориду алюмінію та 4 мл 70 % етанолу. Паралельно готували розчин порівняння, що містить 1 мл екстракту, 1 краплю оцтової кислоти та 5 мл 70 % етанолу. Визначення вмісту флавоноїдів проводили після утворення комплексу флавоноїд-алюмінію, що має жовте забарвлення. Вимірювали оптичну густину розчину на спектрофотометрі СФ-46 за довжини хвилі 410 нм проти розчину порівняння. Концентрацію суми флавоноїдів визначали за калібрувальним графіком рутину та виражали в мг рутину на 1 г сухої маси. Вміст флавоноїдів обраховували за формулою: $C_f = C \cdot k / m$, де C_f – вміст флавоноїдів, мг рутинового еквіваленту на грам сухої маси; C – вміст флавоноїдів за калібрувальною кривою, мг/мл; k – коефіцієнт розведення; m – маса наважки рослинного матеріалу, г.

ВЕРХ-аналіз було виконано на високоефективному рідинному хроматографі Shimadzu HPLC10Avr (Японія). Аналіз виконували на колонці Zorbax Eclipse (XDB-C18, 6x250 мм, 5 мкм, Agilent), доповненій передколонкою Waters Symmetry C8. Умови аналізу: використувані елюенти – ацетонітрил (Б) і деіонізована вода з додаванням 1 % мурашиної кислоти (А), градієнт: з 10 % Б до 60 % Б – за 43 хвилини, загальна тривалість аналізу – 48 хвилин. Температура термостату – 40°C, швидкість потоку – 0,8 мл/хв., об'єм вколу – 10 мкл. Довжина хвилі для аналізу отриманих піків – 318 нм.

Результати трьох повторностей експерименту (щорічних у випадку польових дослідів) усереднювали та обробляли за допомогою стандартних засобів програми Microsoft Excel 2003 (США).

Результати та обговорення

Для визначення впливу передпосівного опромінення насіння на продуктивність рослин ромашки лікарської періодично проводили збір квіток ромашки з наступним визначенням їх сухої маси, а також – після закінчення вегетації проводили оцінку загального приросту біомаси.

Було встановлено, що гостре опромінення насіння ромашки лікарської в застосованому діапазоні доз зумовлювало збільшення сухої маси квіток. Також слід відзначити наявність зростання кількості квіток з однієї рослини і, відповідно, з 1 м² посівної площі. В усіх випадках застосованих доз передпосівне рентгенівське опромінення насіння цьому сприяло, причому ці показники зростали пропорційно до збільшення дози опромінення. Максимальна стимуляція продуктивності для рослин ромашки лікарської, вирощених із насіння, опроміненого в дозах 5–50 Гр, спостерігалася для дози рентгенівського опромінення насіння 10 Гр.

Також спектрофотометричним методом здійснили кількісну оцінку вмісту вторинних метаболітів в екстрактах із лікарської сировини ромашки лікарської. На рис. 1 наведено дозову залежність виходу суми флавоноїдів у перерахунку на рутин, у водно-етанольних екстрактах із повітряно-сухої ЛС в розрахунку з одиниці посівної площі, яка отримана на основі узагальнення даних за три послідовні роки (2015–2017 рр.).

Відомо, що у відповідь на стресори різноманітної природи відбувається перебудова метаболізму рослин, що позначається на зміні

концентрації продуктів вторинного метаболізму в тканинах та органах [13]. Стрессова реакція рослин (захисна, адаптивна, компенсаторна) часто пов'язана з активацією синтезу флавоноїдів [15]. Тому розглядали вихід суми флавоноїдів в екстракти із ЛС рослин ромашки лікарської як маркер індукованих іонізуючих опроміненням змін інтенсивності вторинного метаболізму. Максимальний вихід суми флавоноїдів у перерахунку на рутин із ЛС ромашки лікарської спостерігався в екстрактах із рослин, які отримані з насіння, опроміненого в дозі 10 Гр. Також отримано дані щодо значного стимулюючого впливу хронічного опромінення сухого насіння в сумарній дозі 1 Гр на накопичення флавоноїдів у квітках ромашки лікарської.

Отже, отримані дані свідчать про стимулюючий вплив гострого рентгенівського опромінення насіння лікарських рослин на синтез та накопичення флавоноїдів у лікарській сировині. Саме цим забезпечується можливість використання іонізуючого опромінення насіння як технології – опромінення в стимулюючих дозах не зменшує виходу сировини, а, значить, забезпечує підвищення продуктивності як в розрахунку на одну рослину, так і з одиниці площі.

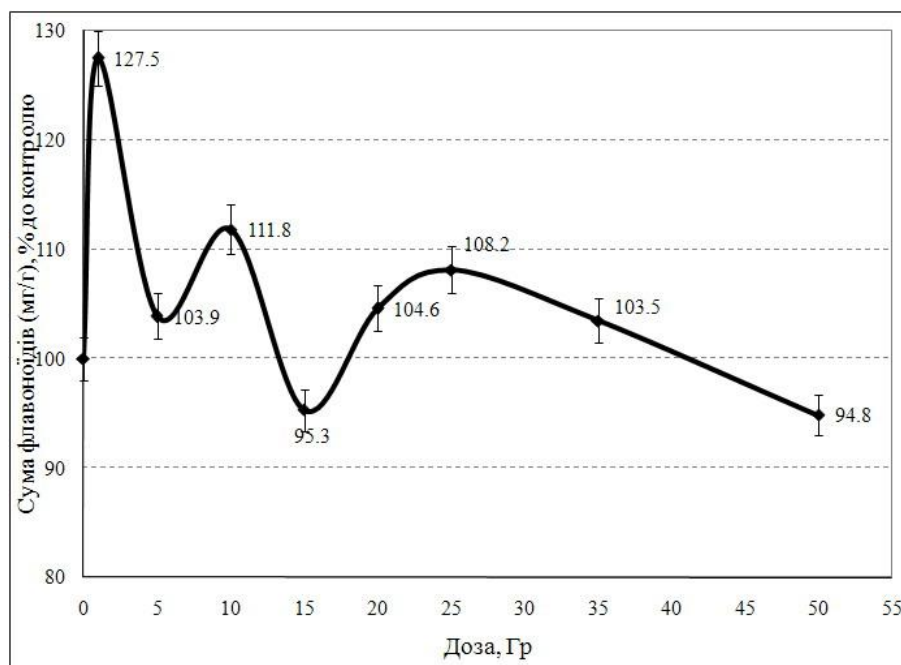


Рис. 1. Дозова залежність виходу суми флавоноїдів у водно-етанольні екстракти з ЛС ромашки лікарської в перерахунку на рутин.

Також було здійснено аналіз отриманих екстрактів методом високоефективної рідинної хроматографії з метою порівняння спектра і відносного вмісту фенольних сполук та флавоноїдів у водно-спиртових екстрактах із контрольних рослин та рослин, які були вирощені із опроміненого в різних дозах насіння. На рисунку 2 наведено зразок хроматограми (для контрольного зразка) водно-етанольних екстрактів із ЛС – суцвіть ромашки лікарської.

Якісний аналіз екстрактів різних варіантів полягав у визначенні наявності/відсутності основних хроматографічних піків у кожному експериментальному варіанті. Для порівняння вмісту речовин в екстрактах різних варіантів було вираховано відносні площі піків для всіх основних речовин кожного екстракту (тобто відсоток площі кожного хроматографічного піку від загальної площі піків усіх речовин, котрі є в екстракті), знайдено середні значення цих величин та стандартні похибки. Отримані дані наведено у таблиці.

Спираючись на дані таблиці під час узагальнення результатів проведеного аналізу екстрактів ромашки лікарської за допомогою ВЕРХ, слід підкреслити, що для екстрактів із ЛС рослин, вирощених як з опроміненого, так і

з неопроміненого насіння, було отримано піки одних і тих самих речовин.

Отже, якісний склад водно-спиртових екстрактів ромашки не змінювався; опромінення насіння не викликало біосинтезу нових потенційно небезпечних гідрофільних сполук. Співвідношення ж окремих речовин могло дещо варіювати – як у бік деякого підвищення (наприклад, відсоток піку 24 в екстрактах контрольних рослин становив $20,1 \pm 0,4\%$, тоді як в екстрактах рослин, вирощених із насіння, опроміненого дозою 10 Гр, – $23 \pm 1,3\%$), так і зниження (відносний вміст речовини 21 зменшувався з $4,6 \pm 3,02\%$ у контролі до $1,7 \pm 0,8\%$ за опромінення насіння дозою 35 Гр). Проте такі кількісні зміни були незначними. Узагальнюючи вище сказане, можна констатувати, що передпосівне опромінення насіння ромашки лікарської не викликає змін у якісному складі флавоноїдів і практично не впливає на їх кількісне співвідношення у водно-спиртовому екстракті, що варто розцінювати як позитивний факт, адже склад екстракту залишається передбачуваним, незалежно від передпосівної обробки, тоді як сумарна кількість флавоноїдів під час застосування опромінення підвищується.

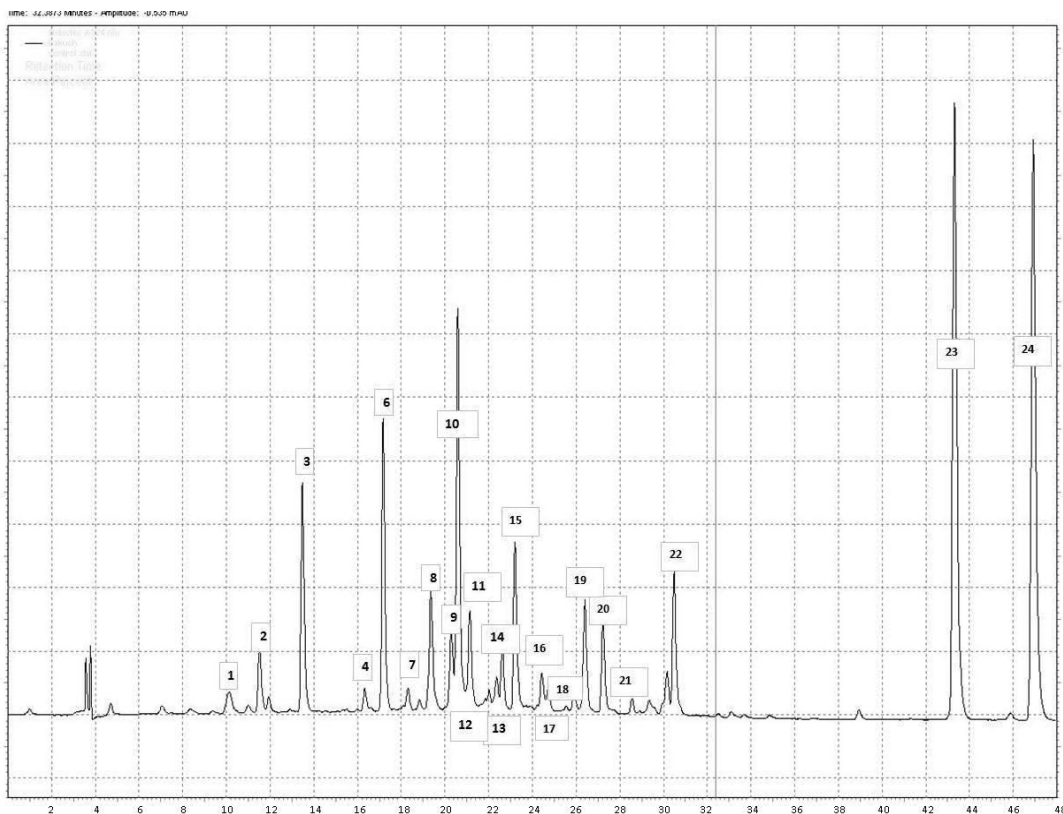


Рис. 2. ВЕРХ-хроматограма ($\lambda - 323$ нм) водно-спиртового екстракту квітів ромашки лікарської.

Таблиця. Відносний вміст речовин, що входять до складу водно-етанольних екстрактів із ЛС ромашки лікарської, вирощеної з опроміненого та контрольного насіння

№	Час виходу, хв.	Доза опромінення (урожай 2017 р.)						Доза опромінення (урожай 2015 р.)		
		К	5 Гр	10 Гр	15 Гр	20 Гр	25 Гр	К	35Гр	50Гр
1	9,5	1,6±0,4	1,3±0,1	1,7±0,4	1,4±0,1	1,0±0,2	1,6±0,3	нв	нв	нв
2	10,8	2,3±0,2	<u>*4,0±0,7</u>	2,9±0,5	2,3±0,8	2,3±1,1	<u>*3,5±0,7</u>	нв	нв	нв
3	12,9	6,3±0,5	5,5±0,3	7,0±1,0	5,6±0,7	5,0±0,9	6,3±0,5	4,8±0,4	4,4±1,1	4,5±0,6
4	15,9	1,5±0,1	1,3±0,1	1,6±0,1	1,2±0,1	1,0±0,2	1,4±0,0	нв	нв	нв
5	16,7	9,3±0,2	8,5±0,1	9,2±0,6	8,3±1,2	8,9±0,5	<u>*10±0,4</u>	6,7±1,4	5,2±0,8	5,7±0,7
6	17,9	2,1±0,2	2,0±0,2	2,0±0,1	1,8±0,2	1,7±0,3	1,9±0,1	нв	нв	нв
7	18,3	1,0±0,0	0,4±0,2	1,0±0,1	0,7±0,1	0,7±0,1	0,8±0,1	нв	нв	нв
8	18,7	2,7±0,1	2,7±0,4	<u>*3,2±0,3</u>	<u>*3,3±0,5</u>	3,0±0,4	2,9±0,4	3,4±0,4	3,7±0,4	3,3±0,6
9	19,5	3,6±0,5	3,1±0,2	<u>*4,6±0,3</u>	3,3±0,2	3,3±0,4	4,1±0,5	2,6±0,8	2,9±0,3	2,6±0,2
10	20,2	5,1±0,9	4,1±0,3	4,1±0,2	5,0±0,1	4,7±0,5	5,0±0,5	4,7±2,8	<u>*6,2±1,2</u>	<u>*6,0±1,2</u>
11	20,5	4,8±0,6	4,2±0,2	5,0±0,8	4,4±0,3	3,7±0,2	4,8±0,7	3,3±3,03	3,01±0,3	3,03±0,1
12	21,5	1,3±0,1	1,1±0,1	1,1±0,1	1,3±0,0	1,1±0,1	1,2±0,2	нв	нв	нв
13	22,01	1,1±0,2	1,0±0,1	0,8±0,1	1,0±0,1	0,8±0,1	1,0±0,2	нв	нв	нв
14	22,4	2,8±0,4	3,2±0,6	2,4±0,1	<u>*3,8±0,3</u>	<u>*3,8±0,6</u>	3,2±0,6	2,3±0,8	2,5±0,7	2,5±0,7
15	22,8	4,3±0,4	2,6±0,6	2,6±0,5	3,5±0,1	3,3±0,7	3,1±0,7	3,3±0,7	4,3±0,6	4,3±0,6
16	23,9	1,1±0,1	1,0±0,2	1,1±0,1	1,1±0,0	1,0±0,1	1,2±0,1	нв	нв	нв
17	24,4	1,3±0,1	1,0±0,1	1,0±0,1	1,1±0,0	1,0±0,1	1,4±0,3	нв	нв	нв
18	25,05	0,4±0,2	0,3±0,2	0,1±0,1	0,1±0,1	0,1±0,1	0,1±0,1	нв	нв	нв
19	25,9	2,7±0,4	2,3±0,6	2,8±0,4	<u>*3,2±0,3</u>	2,4±0,5	<u>*3,4±0,3</u>	2,8±0,5	3,3±0,8	3,4±1,2
20	26,7	1,1±0,2	1,0±0,2	1,0±0,1	<u>*1,4±0,1</u>	<u>*1,3±0,1</u>	<u>*1,4±0,2</u>	1,9±0,8	1,8±0,2	1,7±0,2
21	28,4	5,3±0,7	4,4±0,2	4,9±1,4	4,3±0,4	4,9±0,3	4,7±1,4	4,6±3,02	1,7±0,8	2,4±0,6
22	30,2	6,1±0,9	8,6±2,1	5,6±0,3	<u>*9,7±1,4</u>	<u>*9,9±2,2</u>	7,9±0,8	4,4±2,02	5,0±1,6	4,6±1,7
23	42,6	12,1±2,1	12,6±0,4	11,2±0,3	9,6±1,0	12,9±1,3	9,9±0,2	10,6±4,2	9,1±3,1	9,96±5,1
24	47	20,1±0,4	23,8±2,7	<u>*23±1,3</u>	<u>*22,8±1</u>	22,1±1,9	19,0±1,7	17,2±2,5	22,1±3,8	<u>*21±2,7</u>

Примітки: нумерація піків відповідає нумерації на рис. 2; нв – не враховували цей пік; * – значення, що максимально перевищують контрольні.

Висновки

Отримані результати вказують на наявність стимулюючого впливу гострого рентгенівського опромінення насіння ромашки лікарської на приріст фармацевтично цінної сировини – збільшення кількості суцвіть з одиниці площі та на синтез і накопичення флавоноїдів у лікарській сировині в інтервалі доз 5–50 Гр. Максимальна стимуляція фармакологічної продуктивності ромашки лікарської досягається опроміненням насіння в дозі 10 Гр. При цьому ВЕРХ-аналіз екстрактів показав, що якісний склад водно-спиртових екстрактів ромашки не змінювався; опромінення насіння не викликало біоси-

нтезу нових сполук.

Отже, підтверджена можливість застосування передпосівного рентгенівського опромінення насіння лікарських рослин у стимулюючих дозах як ефективної технології підвищення продуктивності та фармацевтичної цінності лікарської сировини.

Робота виконана за фінансової підтримки в рамках цільової комплексної міждисциплінарної програми наукових досліджень НАН України «Молекулярні та клітинні біотехнології для потреб медицини, промисловості та сільського господарства», № 0115U001343.

Література

1. Гродзинский Д.М. Радиобиология растений. К.: Наукова думка, 1989. 380 с.
2. Moghaddam S.S., Jaafar H., Ibrahim R., Rahmat A., Aziz M.A., Philip E. Effects of acute gamma irradiation on physiological traits and flavonoid accumulation of *Centella asiatica*. *Molecules*. 2011. 16. P. 4994–5007.
3. Гродзинский Д.М., Хомляк М.Н., Вишенская И.Г. Исследование радиозащитных свойств лекарственного растения витании снотворной. *Проблемы прикладной радиобиологии растений*: мат. Всесоюзной конф. по прикладной радиобиологии растений (Чернигов, 17–23 сент. 1990 г.). Чернигов, 1990. С. 116–117.
4. Grodzinsky D., Shylina Yu., Pchelovska S., Litvinon S., Sokolova D., Zhuk V., Tonkal L., Salivon A., Nesterenko O. The effect of acute X-ray irradiation of medicinal plant seeds on the secondary metabolite productivity. *Fourth International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research, RAD 4: Book of Abstracts* (Niš, Serbia, May 23–27, 2016). Niš: University, Faculty of Electronic Engineering, 2016 (Niš: Sven). P. 214.
5. Liozhyna L., Bulko O., Litvinon S., Pchelovska S., Sokolova D., Berestyanaya A., Tonkal L., Salivon A. X-ray exposure to the stress response from *Ri*-transformed regenerants *Digitalis purpurea L in vitro*. *Radiation and Applications Journal*. Vol. 2, Issue 1. P. 1–4. doi: 10.21175/RadJ.2017.01.001. URL: <http://www.rad-journal.org/index.php?id=4> (Last accessed: 15.03.2018).
6. Гродзинский Д.М. Адаптивная стратегия физиологических процессов растений. К.: Наукова думка, 2013. 300 с.
7. Лекарственные растения: Энциклопедический справочник / отв. ред. А.М. Гродзинский. К.: «Українська Енциклопедія» ім. М.П. Бажана, 1992. 544 с.
8. Ковалев Н.В., Кисличенко В.С., Журавель И.А. Фармакогнозия: учебник для студ. Высш. Учеб. Завед. Х.: Изд-во НФаУ, 2007. 272 с.
9. Государственная фармакопея СССР XI издание / 1 и 2 т. М.: Медицина, 1990. 399 с.
10. Государственная фармакопея СССР. Вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье / МЗ СССР. 11-е изд., доп. М.: Медицина, 1989. 400 с.
11. Березина Н.М., Каушанский Д.А. Предпосевное облучение семян сельскохозяйственных растений / под ред. А.М. Кузина. М.: Атомиздат, 1975. 264 с.
12. Преображенская Е.И. Радиоустойчивость семян растений. М.: Атомиздат, 1971. 232 с.
13. Кузин А.М. Стимулирующее действие ионизирующего излучения на биологические процессы. М.: Атомиздат, 1977. 133 с.
14. Серегина М.Т. Радиоустойчивость растений в онтогенезе в зависимости от жизненного цикла: автореф. дис. ... к.б.н. К., 1978. 28 с.
15. Petrusa E., Braidot E., Zancani M., Peresson C., Bertolini A., Patui S., Vianello A. Plant Flavonoids – Biosynthesis, Transport and Involvement in Stress Responses. *Int. J. Mol. Sci.* 2013. 14. P. 14950–14973.

References

1. Grodzinsky D.M. Radiobiology of plants. K.: Naukova dumka, 1989. 380 p.
2. Moghaddam S.S., Jaafar H., Ibrahim R., Rahmat A., Aziz M.A., Philip E. Effects of acute gamma irradiation on physiological traits and flavonoid accumulation of *Centella asiatica*. *Molecules*. 2011. 16. P. 4994–5007.
3. Grodzinsky D.M., Homljak M.N., Vyshenskaja I.G. Investigation of radioprotective properties of medicinal plant *Withania somnifera*. *Problems of applied plant radiobiology*: Mat. Of All-Union Conf. on applied plant radiobiology (Chernigov, 17–23 sept. 1990). Chernigov, 1990. P. 116–117.
4. Grodzinsky D., Shylina Yu., Pchelovska S., Litvinon S., Sokolova D., Zhuk V., Tonkal L., Salivon A., Nesterenko O. The effect of acute X-ray irradiation of medicinal plant seeds on the secondary metabolite productivity. *Fourth International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research, RAD 4: Book of Abstracts* (Niš, Serbia, May 23–27, 2016). Niš: University, Faculty of Electronic Engineering, 2016 (Niš: Sven). P. 214.
5. Liozhyna L., Bulko O., Litvinon S., Pchelovska S., Sokolova D., Berestyanaya A., Tonkal L., Salivon A. X-ray exposure to the stress response from *Ri*-transformed regenerants *Digitalis purpurea L in vitro*. *Radiation and Applications Journal*. Vol. 2, Issue 1. P. 1–4. doi: 10.21175/RadJ.2017.01.001. URL: <http://www.rad-journal.org/index.php?id=4> (last accessed: 15.03.2018).
6. Grodzinsky D.M. Adaptive strategy of plant physiological processes. Kyiv: Naukova dumka, 2013. 300 p.
7. Medicinal Herbs: Encyclopedic catalog / Edited by A.M. Grodzinsky. Kyiv: «Ukrainian Encyclopedia» named by M.P. Bazhan, 1992. 544 p.
8. Kovalev N.V., Kyslychenko V.S., Zhuravel I.A. Pharmacognozy: Textbook for students. of High. Educ. Inst. Harkov: Ed/ NPhU, 2007. 272 p.
9. State Pharmacopoeia of USSR XI edit. / 1 & 2 vol. M.: Medicine, 1990. 399 p.
10. State Pharmacopoeia of USSR. Vol. 2. General methods of analysis. Medicinal plant raw materials / MofH USSR. 11-th ed., amend. M.: Medicine, 1989. 400 p.
11. Berezina N.M., Kaushansky D.A. Presowing irradiation of seeds of agricultural plants / Edited by A.M. Kuzin. M.: Atomizdat, 1975. 264 p.
12. Preobrazhenskaja E.I. Radioresistance of plant seeds. M.: Atomizdat, 1971. 232 p.
13. Kuzin A.M. Stimulating effect of ionizing radiation on biological processes. M.: Atomizdat, 1977. 133 p.
14. Seragina M.T. Radioresistance of plants in ontogenesis depending on the life cycle: Abstr. of dis. for the PhD. degree. on boil. sc. K., 1978. 28 p.
15. Petrusa E., Braidot E., Zancani M., Peresson C., Bertolini A., Patui S., Vianello A. Plant Flavonoids – Biosynthesis, Transport and Involvement in Stress Responses. *Int. J. Mol. Sci.* 2013. 14. P. 14950–14973.

PCHELOVSKA S.A., LITVINOV S.V., SHYLINA Yu.V., LYSTVAN K.V., ZHUK V.V., SOKOLOVA D.O., TONKAL L.V., SALIVON A.G., NESTERENKO O.G.

*Institute of Cell Biology and Genetic Engineering of Natl. Acad. Sci. of Ukraine,
Ukraine, 03143, Kiev, Akad. Zabolotnogo str., 148, e-mail: svetapchel@gmail.com*

PRESOWING RADIATION EXPOSURE OF *CHAMOMILLA RECUTITA* L. SEEDS AFFECTS ON FLAVONOID ACCUMULATION

Aim. Presowing radiation exposure of seeds is offered to apply as modification factor of secondary metabolites accumulation in medicinal plants. Aim of studying was to choose doses of both gamma- and X-ray exposure of *Chamomilla recutita* L. seeds that would lead to increasing synthesis of secondary metabolites and biomass. **Methods.** Both X- and gamma-radiation exposure of seeds, extraction of flavonoids, spectrophotometry assessment of flavonoid extracts, qualitative and semi-quantitative high effective liquid chromatography. **Results.** Presowing radiation exposure of *Chamomilla recutita* L. seeds increased both flavonoid production over control and yield of pharmacologically valuable raw material – inflorescence number per square. Chromatographical analyses indicated stable qualitative composition of *Chamomilla recutita* L. ethanol extracts; the exposure did not lead to synthesis of *de novo* components. **Conclusions.** Obtained data validate approach to apply presowing radiation exposure of *Chamomilla recutita* L. seeds (5–50 Gy dose rate) as modification factor increasing both its productivity and pharmaceutical value of medicinal plants.

Keywords: *Chamomilla recutita* L., stimulating productivity, flavonoids, presowing exposure.