



Інститут клітинної біології та генетичної інженерії Національної академії наук
України
Відділ біофізики і радіобіології

Тарас ГАЛИЧ
ЗВ'ЯЗОК УРАЖЕННЯ ГЕНОМУ ЗА РІЗНИХ ТИПІВ ОПРОМІНЕННЯ ІЗ
СТИМУЛЯЦІЄЮ УТВОРЕННЯ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ СПОЛУК *MATRICARIA*
***CHAMOMILLA* L.**

*Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня доктора
філософії за спеціальністю 091-біологія.*

Науковий керівник: д.б.н. Олександра КРАВЕЦЬ

Київ – 2024

Актуальність теми

На сьогодні спостерігається зростання використання рослин в офіційній медицині, із розширенням підходів до отримання більшої кількості і розмаїття лікарських речовин з цієї природної сировини.

Одним з ефективних підходів є стимуляція іонізуючим і неіонізуючим опроміненням процесів вторинного метаболізму, що підвищує питомий вміст речовин з антиоксидантною, антиканцерогенною, імуномодельною і протизапальною дією. Перевагами технологічного застосування опромінення є те, що можливо проводити передпосівне опромінення насіння, а результат одержувати в фармацевтичній сировині через декілька місяців після опромінення. На сьогодні нагромаджено значний експериментальний матеріал відносно підвищення за рахунок різних видів і доз опромінення виходу фармацевтичної продукції у ряду лікарських рослин за умов передпосівного опромінення насіння.

Разом з тим лишаються відкритими ряд питань, вирішення яких необхідно для переходу від суто емпіричних досліджень до надійних практичних застосувань радіаційних методів.

Одним з них є питання про механізми і фактори, що формують віддалені у часі метаболічні перебудови у фармацевтичній сировині за умов передпосівного. На сьогодні біофізичними і біохімічними методами добре досліджено прямі, безпосередні, «швидкі» реакції клітинних структур, зокрема ДНК, на опромінення і практично невідомі механізми, що викликають довготривалі метаболічні перебудови у структурах, які безпосередньо не опромінювались.

Для практичного застосування опромінення важливим є пояснення надійно встановленого факту, що лікарські рослини, які належать до одного виду, але різних сортів по – різному реагують на різні види опромінення. Різниця в реакції охоплює як продуктивність фармацевтичної сировини, так і питомий вміст цільового метаболіту. Це привертає увагу до молекулярно- генетичного підґрунтя стимуляції у різних генотипів цих двох технологічно важливих характеристик.

Перераховані недосліджені питання, що мають як практичне, так і теоретичне значення визначають актуальність дисертаційної роботи, що виноситься на захист.

Мета і завдання дослідження

Мета: Дослідження зв'язку організації геному та його ураження за різних типів опромінення із напрацюванням лікарської сировини та стимуляцією накопичення фармацевтичних сполук ромашки лікарської.

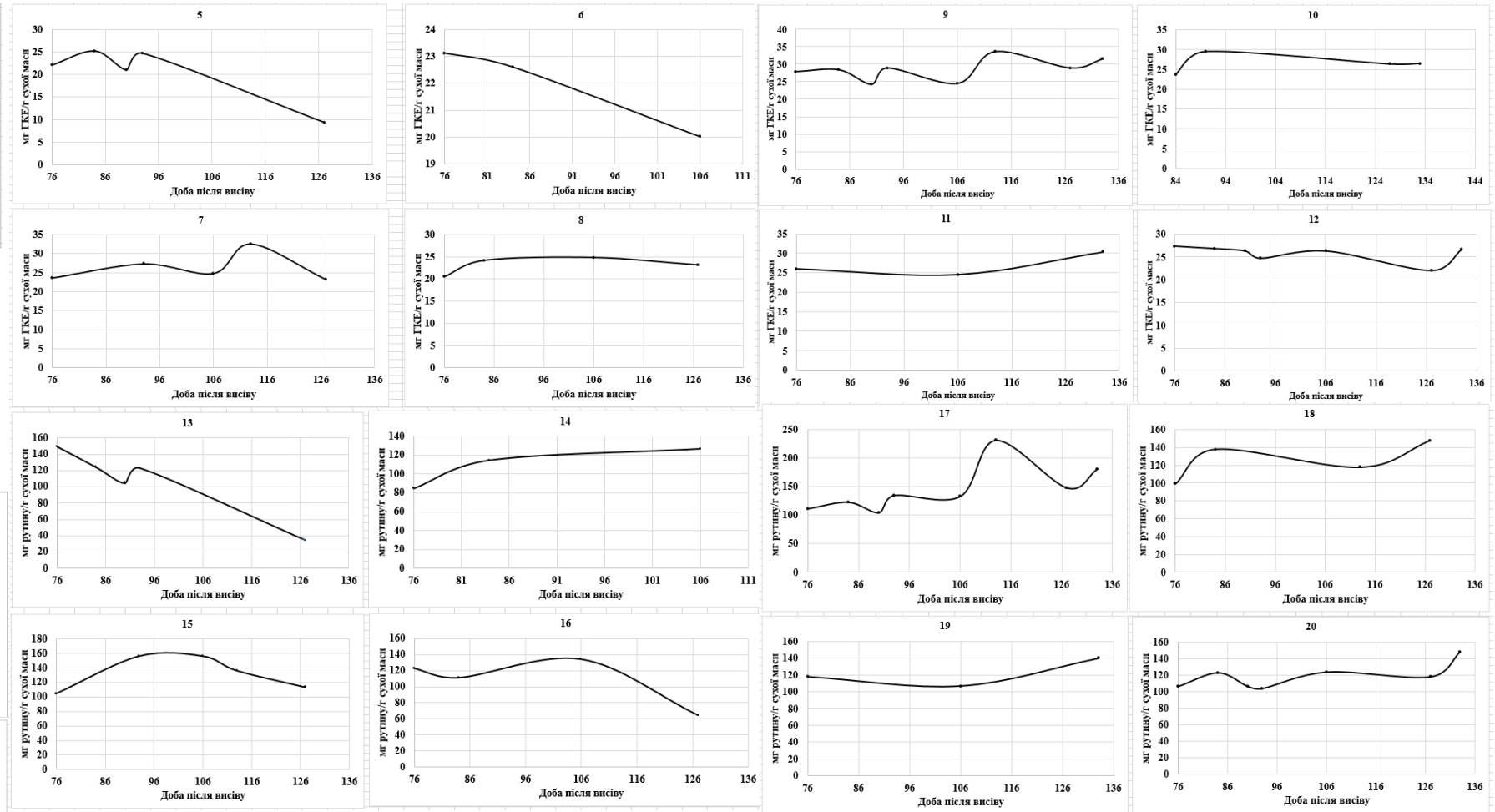
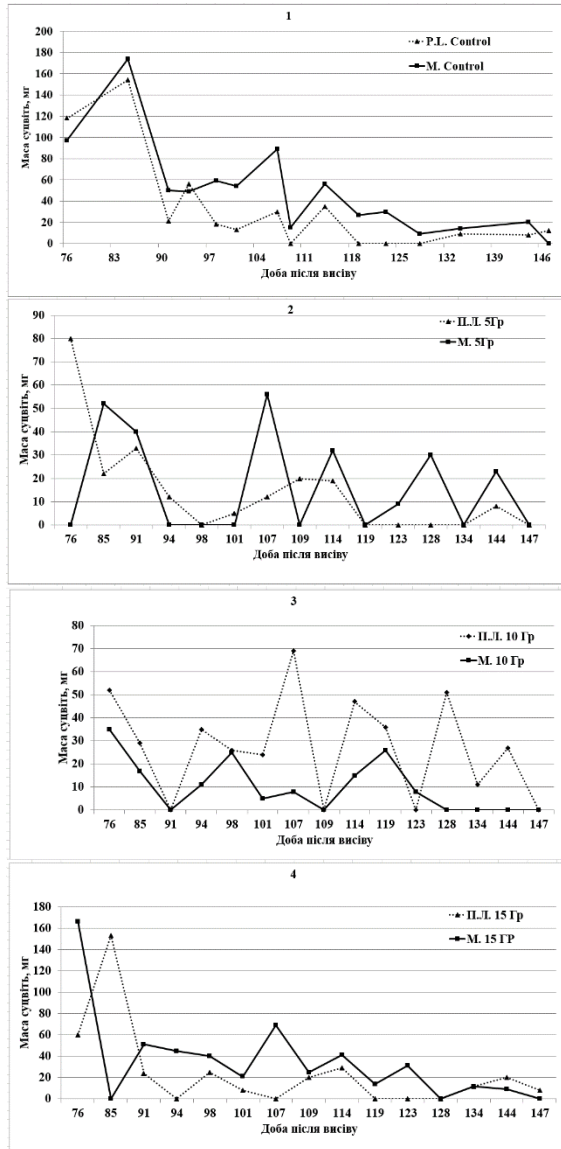
Завдання дослідження:

1. З'ясувати вплив генетичного (мінісателітного) поліморфізму на ефективність різних видів опромінення восьми генотипів *Matricia chamtomila* L. при стимуляції формування фармацевтичної сировини та накопичення в ній низькомолекулярних антиоксидантів фенолів та флавоноїдів;
2. Провести експериментальну перевірку сформульованої на основі сучасних відомостей про дію малих доз гіпотези, що в основі формування віддалених наслідків передпосівного рентгенівського та УФ-С опромінення насіння лежить явище геномної нестабільності;
3. З використанням ISSR-ПЛР і RAPD-ПЛР дослідити особливості ознак геномної нестабільності при різних видах опромінення у різних генотипах;
4. Провести кластерний аналіз дозової залежності спектрів ампліконів одержаних при ISSR-ПЛР і RAPD-ПЛР при різних видах опромінення та виявити зв'язок між основними групами процесів, індукованих опроміненням: нестабільністю генетичного матеріалу ДНК, включенням репаративних процесів та механізмами антиоксидантного захисту;
5. Провести статистичний аналіз та з'ясувати роль різних нуклеотидних послідовностей на виникнення ламкіх сайтів первинної структури ДНК та встановити міру специфічності цих сайтів;
6. Налагодити одержання фармацевтичної сировини та екстракцію з неї рослинного антибіотика хамазулену.

Матеріал і методи

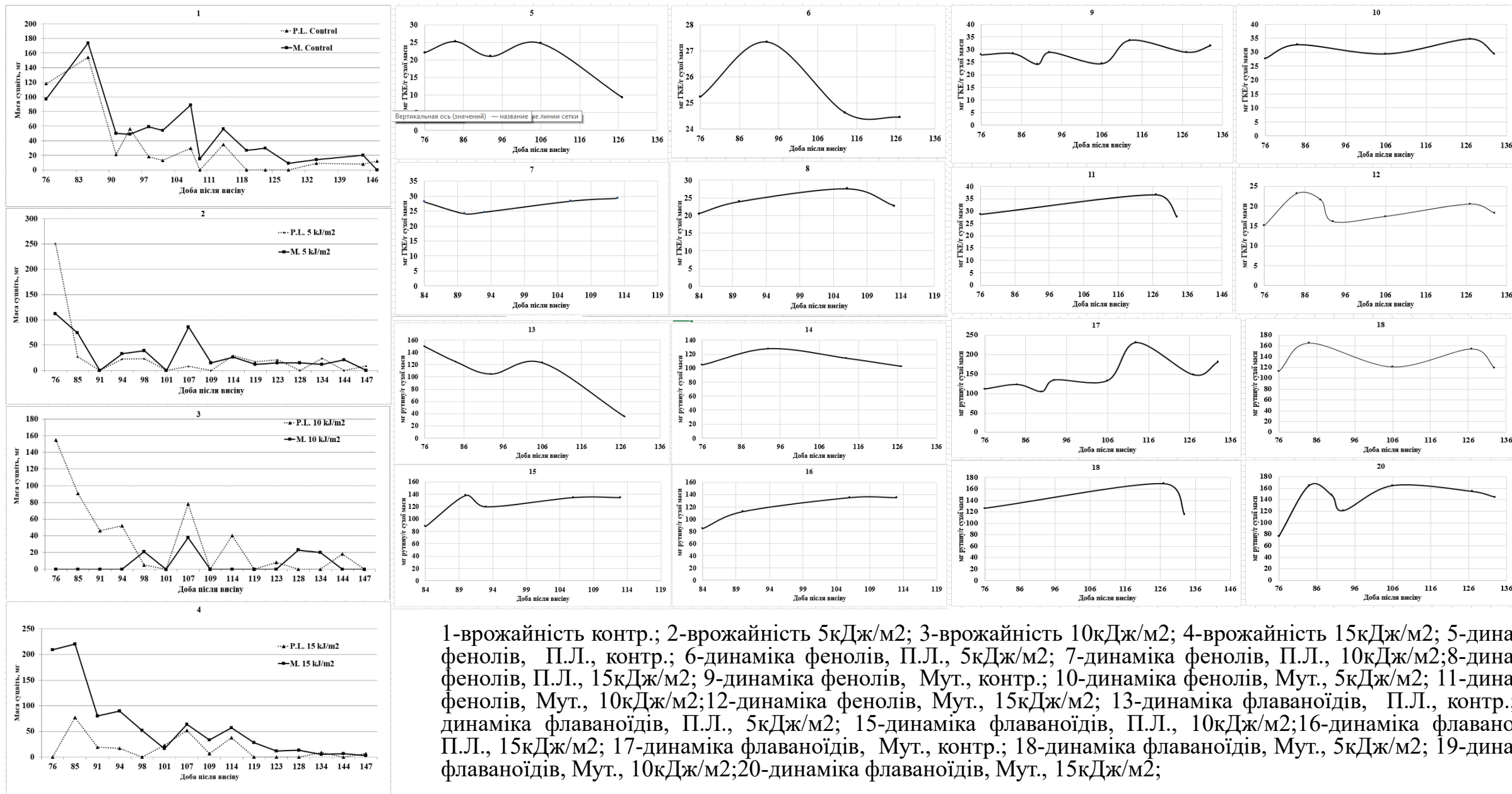
- Дослідження проведено на 8 генотипах *Matricaria chamomilla*. Було використано 6 сертифікованих сортів : 1. Мутант Перлини лісостепу 2. Кведлінбург; 3. Горал; 4. Азулена; 5. Злати Лан; 6. Перлина лісостепу. До дослідження було долучено і несортовий матеріал, що фактично є едафічними екотипами: 7. Gold Garden; 8. Seed Era.
- Опромінення насіння іонізуючим випромінюванням здійснювали на рентгенівській установці РУМ-17 при дозі 5, 10, 15 Гр. УФ-С опромінення при дозах 5, 10, 15 кДж/м² проводили на установці ОБМ-150 М (Україна) з двома лампами Philips Special TUV 30 W (виробник - Нідерланди), довжина хвилі – 253 нм.
- Рослини вирощували в умовах вегетаційного дослід, в горщиках, що містять 1,5 кг ґрунту, з розрахунку 10 рослин на горщик. Польові дослідження проводили на ділянках площею 3 м² на варіант. У досліді з вирощуванням ромашки у відкритому ґрунті щільність посіву становила 0,6 г насіння на 1 м².
- Використані фізіологічні методи – дослідження проростання, швидкості росту, напрацювання біомаси, часу цвітіння;
- Біохімічні методи – виділення ефірної олії, оцінка вмісту хамазулену, екстракція антиоксидантів;
- Молекулярно-генетичні методи – виділення ДНК, проведення RAPD-ПЛР і ISSR-ПЛР з метою виявлення віддалених ефектів ураження ДНК;
- При проведенні кількісних оцінок результатів дослідження було використано методи лінійного та кластерного статистичного аналізів – параметричні і непараметричні показники статистичного аналізу, оцінка лінійної кореляції за Пірсоном, кластерний аналіз при побудові дендрограм та визначення спорідненості первинної структури ДНК опромінених варіантів з контролем.

Вплив передпосівного рентгенівського опромінення на динаміку ключових показників фармацевтичної продуктивності двох генотипів ромашки лікарської

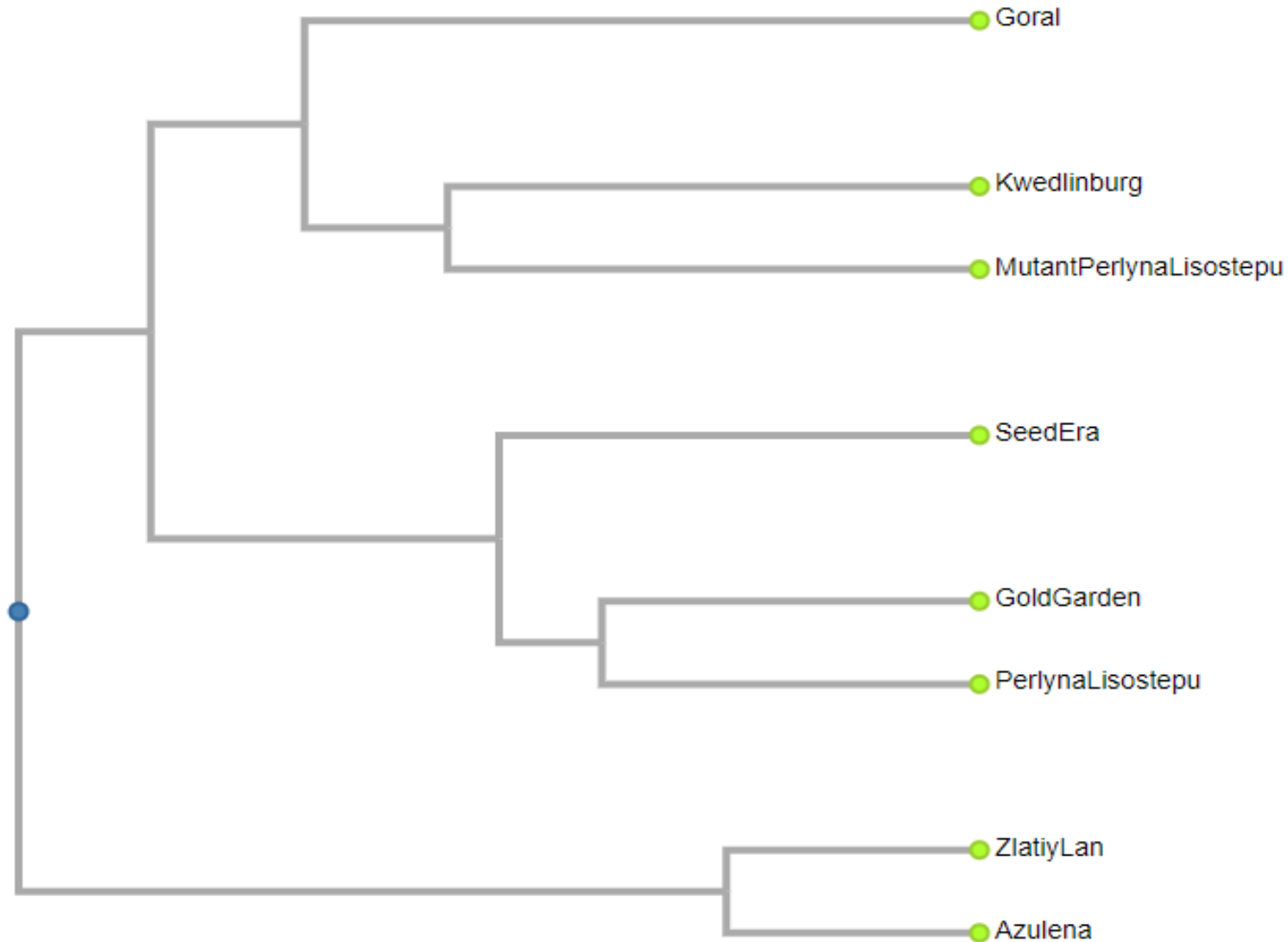


1-врожайність контр.; 2-врожайність 5Гр; 3-врожайність 10 Гр; 4-врожайність 15Гр; 5-динаміка фенолів, П.Л., контр.; 6-динаміка фенолів, П.Л., 5 Гр; 7-динаміка фенолів, П.Л., 10 Гр; 8-динаміка фенолів, П.Л., 15Гр; 9-динаміка фенолів, Мут., контр.; 10-динаміка фенолів, Мут., 5Гр; 11-динаміка фенолів, Мут., 10Гр; 12-динаміка фенолів, Мут., 15Гр; 13-динаміка флаваноїдів, П.Л., контр.; 14-динаміка флаваноїдів, П.Л., 5Гр; 15-динаміка флаваноїдів, П.Л., 10Гр; 16-динаміка флаваноїдів, П.Л., 15Гр; 17-динаміка флаваноїдів, Мут., контр.; 18-динаміка флаваноїдів, Мут., 5Гр; 19-динаміка флаваноїдів, Мут., 10Гр; 20-динаміка флаваноїдів, Мут., 15Гр;

Вплив передпосівного УФ-С опромінення на динаміку ключових показників фармацевтичної продуктивності двох генотипів ромашки лікарської



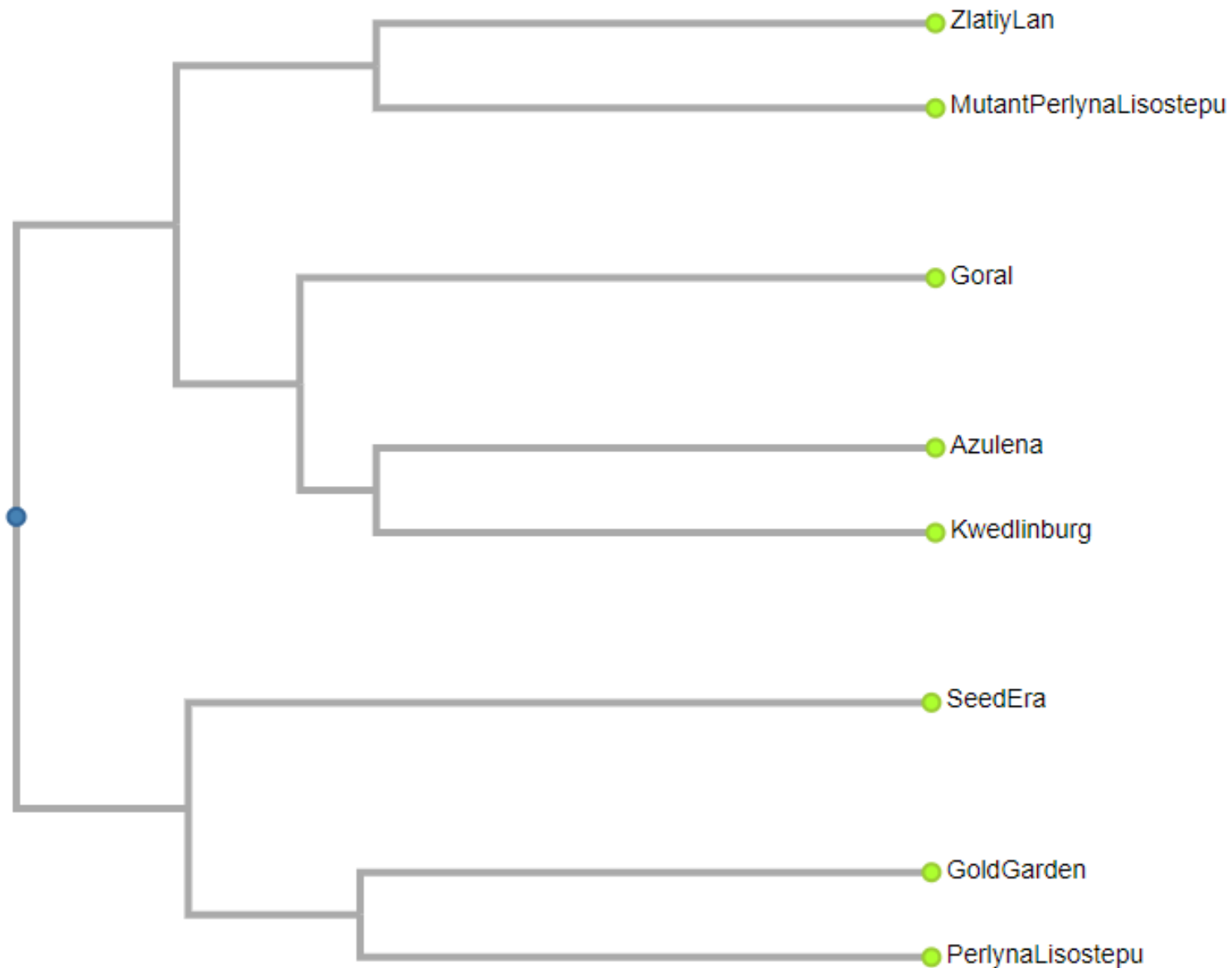
Дендрограма спорідненості восьми генотипів ромашки лікарської побудована за даними ПЛР з ISSR-маркерами.



Розрахунок генетичної відстані генотипів по ISSR-маркерам

	Мутант Перлини Лісостепу	Кведлінбург	Горал	Азулена	Златий Лан	Перлина Лісостепу	Golden Garden	Seed Era
Мутант Перлини Лісостепу	0	0,289	0,371	0,512	0,432	0,477	0,475	0,429
Кведлінбург		0	0,364	0,389	0,429	0,359	0,343	0,425
Горал			0	0,485	0,550	0,564	0,529	0,553
Азулена				0	0,450	0,500	0,579	0,628
Златий Лан					0	0,455	0,558	0,574
Перлина Лісостепу						0	0,235	0,289
Golden Garden							0	0,265
SeedEra								0

Дендрограма зв'язку восьми генотипів ромашки лікарської побудована за даними ПЛР з RAPD-маркерами.



Розрахунок генетичної відстані генотипів по RAPD-маркерам

	Мутант Перлини Лісостепу	Кведлінбург	Горал	Азулена	Златий Лан	Перлина Лісостепу	Golden Garden	Seed Era
Мутант Перлини Лісостепу	0	0,30	0,36	0,40	0,28	0,39	0,48	0,49
Кведлінбург		0	0,34	0,28	0,48	0,48	0,56	0,57
Горал			0	0,29	0,39	0,47	0,46	0,53
Азулена				0	0,33	0,40	0,49	0,50
Златий Лан					0	0,36	0,45	0,42
Перлина Лісостепу						0	0,26	0,35
Golden Garden							0	0,37
Seed Era								0

Реакція різних генотипів на іонізуюче та УФ-С опромінення

Генотип	Тип опромінення	Вплив на врожайність	Вплив на вміст антиоксидантів
Перлина Лісостепу	УФ-С	+	-
	рентгенівське	-	++
Мутант Перлини Лісостепу	УФ-С	+	+
	рентгенівське	-	-
<u>Горал</u>	УФ-С	-	-
	рентгенівське	+	+
<u>Златий Лан</u>	УФ-С	+	+
	Рентгенівське	--	-
<u>Кведлінбург</u>	УФ-С	-	+
	рентгенівське	+	-
Seed Era	УФ-С	--	-
	рентгенівське	--	-
Golden Garden	УФ-С	+	-
	рентгенівське	-	-
<u>Азулена</u>	УФ-С	-	-
	рентгенівське	+	+

Ефекти ураження ДНК на стадії цвітіння при передпосівному рентгенівському опроміненні насіння

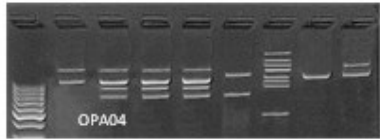
M 1 2 3 4 5 6 7 8



M 1 2 3 4 5 6 7 8



M 1 2 3 4 5 6 7 8



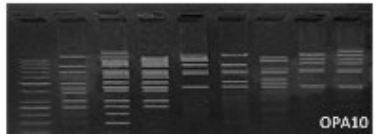
M 1 2 3 4 5 6 7 8



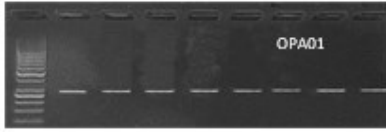
M 1 2 3 4 5 6 7 8



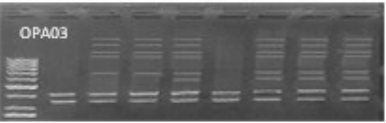
M 1 2 3 4 5 6 7 8



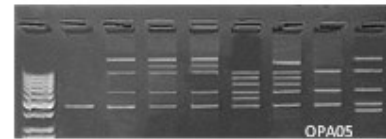
M 1 2 3 4 5 6 7 8



M 1 2 3 4 5 6 7 8



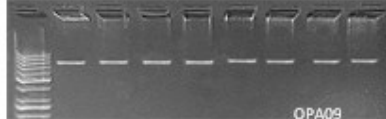
M 1 2 3 4 5 6 7 8



M 1 2 3 4 5 6 7 8



M 1 2 3 4 5 6 7 8

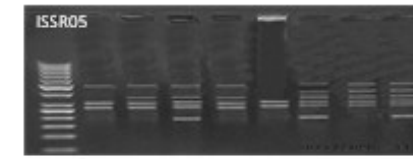


Позначення: К- контроль нативності ДНК; М – маркер молекулярної ваги GeneRuler 50 bp; 1 – Перлина лісостепу, контроль; 2 – Перлина лісостепу 5 Гр; 3 – Перлина лісостепу, 10 Гр; 4 – Перлина лісостепу, 15 Гр; 5 – мутант, контроль; 6 – мутант, 5 Гр; 7 – мутант, 10 Гр; 8 – мутант, 15 Гр.

M 1 2 3 4 5 6 7 8



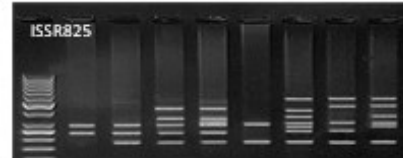
M 1 2 3 4 5 6 7 8



M 1 2 3 4 5 6 7 8



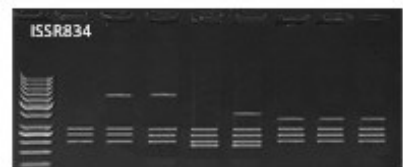
M 1 2 3 4 5 6 7 8



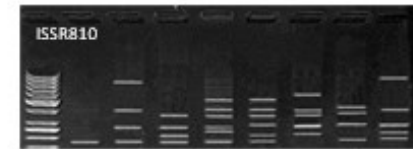
M 1 2 3 4 5 6 7 8



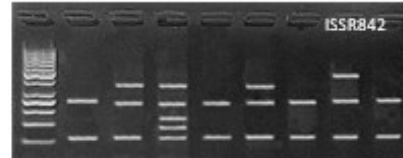
M 1 2 3 4 5 6 7 8



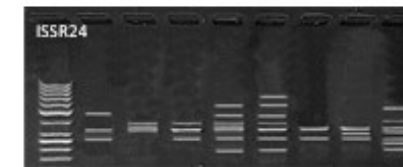
M 1 2 3 4 5 6 7 8



M 1 2 3 4 5 6 7 8



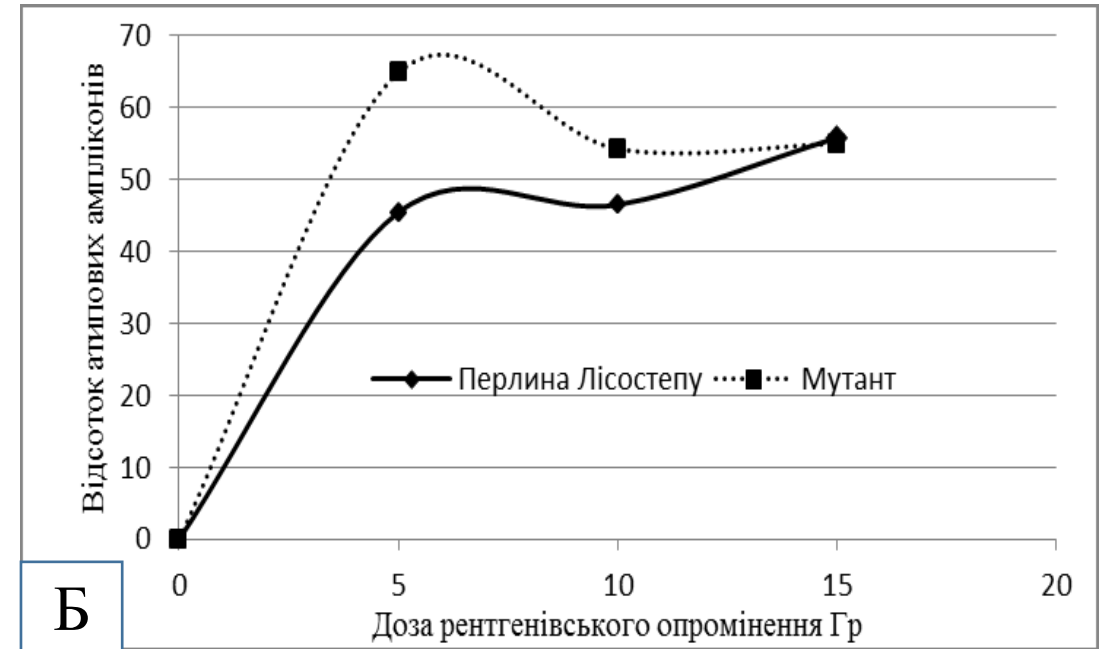
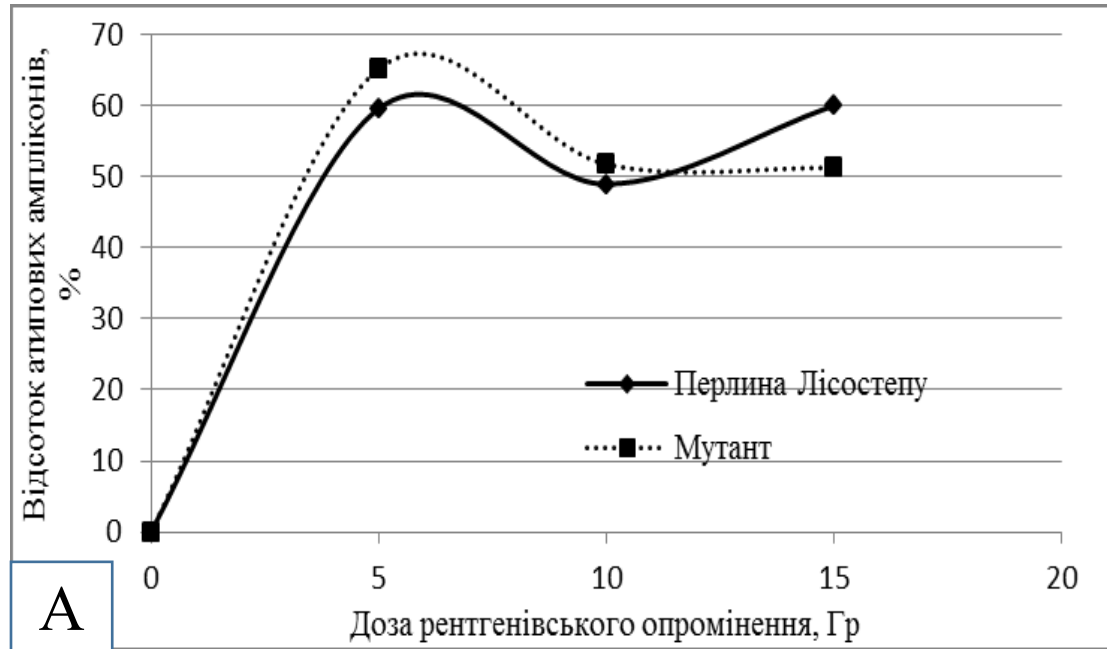
M 1 2 3 4 5 6 7 8



M 1 2 3 4 5 6 7 8

Позначення: К- контроль нативності ДНК; М – маркер молекулярної ваги GeneRuler 50 bp; 1 – Перлина лісостепу, контроль; 2 – Перлина лісостепу, 5 Гр; 3 – Перлина лісостепу, 10 Гр; 4 – Перлина лісостепу, 15 Гр; 5 – мутант, контроль; 6 – мутант, 5 Гр; 7 – мутант, 10 Гр; 8 – мутант, 15 Гр.

Тренд змін усередненої частоти атипівих ампліконів в залежності від дози при проведенні RAPD (А) та ISSR (Б) ПЛР аналізу

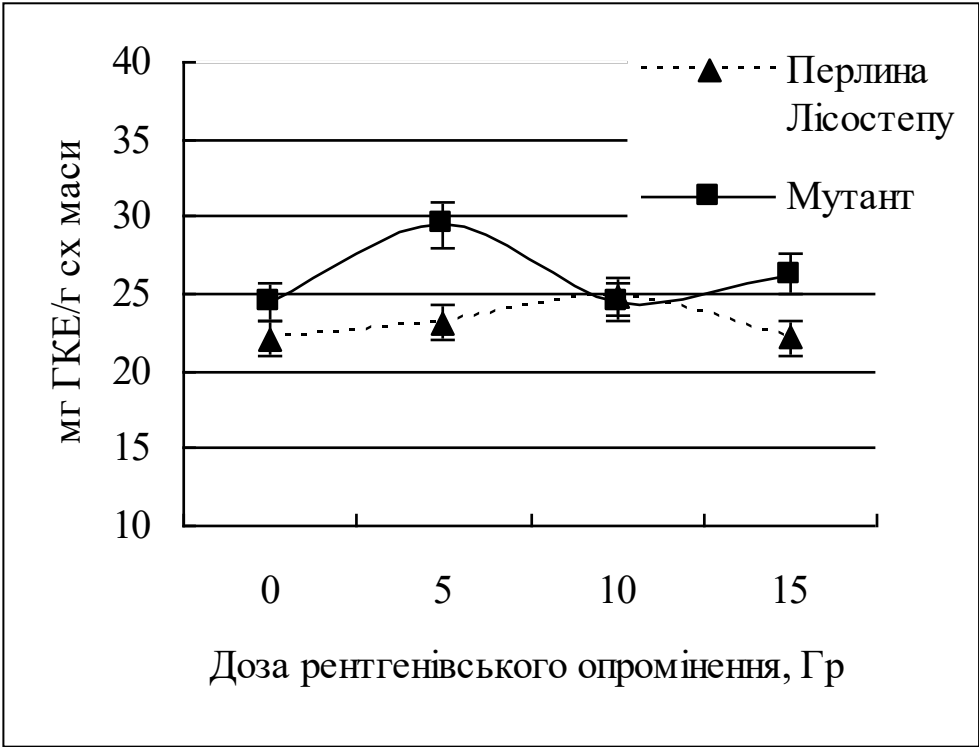
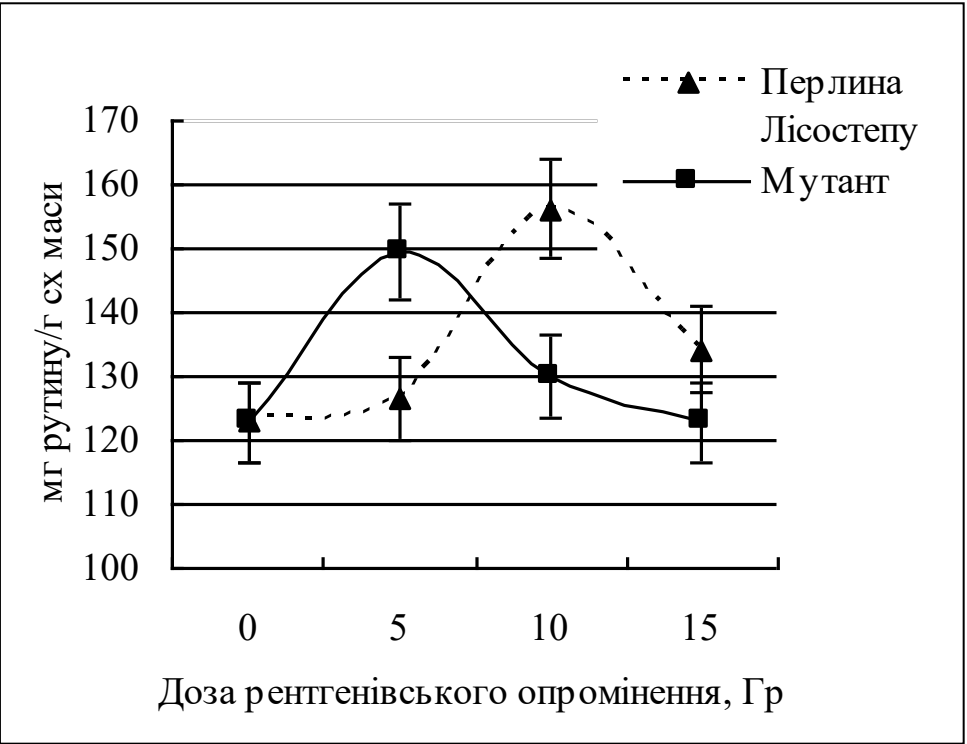


Оцінки за непараметричним Х-критерієм Ван-дер-Вардена лише вказують на близьку до достовірної при 95% довірчому інтервалі різницю тільки між відсотком атипівих ампліконів ISSR-ПЛР генетичного матеріалу Перлини Лісостепу та її мутанту при дозі опромінення 5 Гр та між варіантами опромінення при дозах опромінення 10-15 Грей у мутанта.

Цей показник залишає поза зоною уваги зміни довжин ампліконів, тобто зміни самої структури їх спектрів як багатовимірного об'єкту. В якості додаткового більш інформативного показника змін нативності ДНК, був обраний кластерний показник спорідненості, що дозволяє аналізувати зміни груп різних елементів, в даному випадку ампліконів.

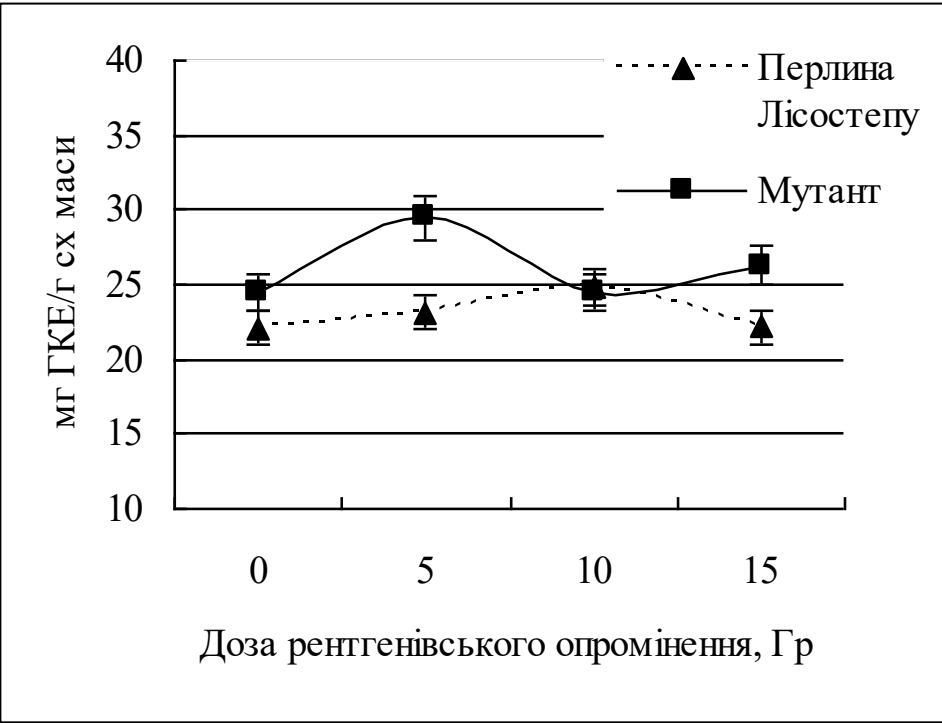
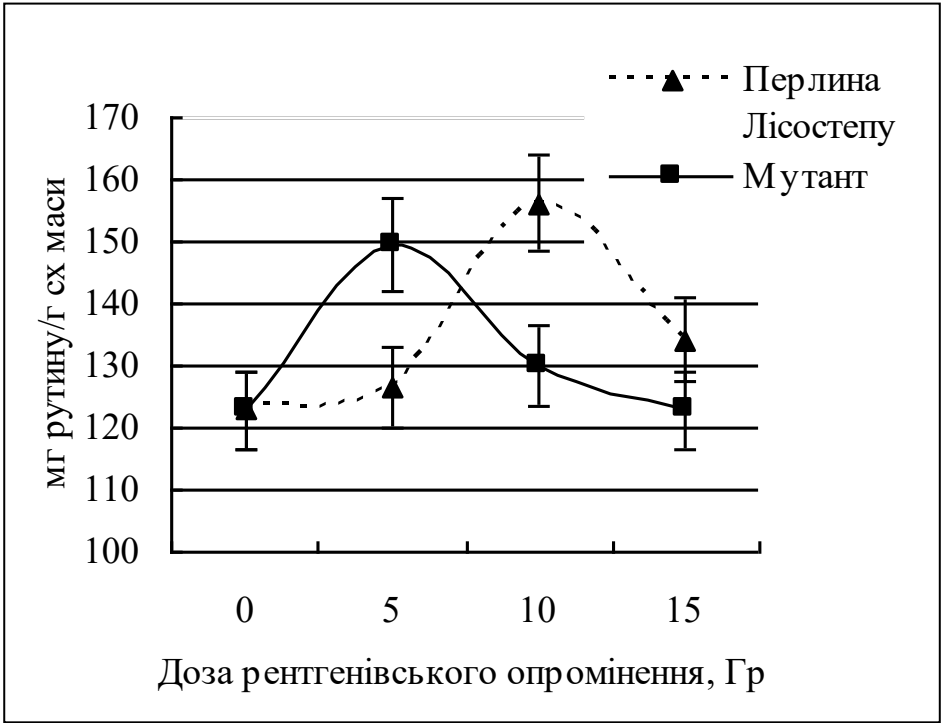
Зв'язок відхилення первинної структури ДНК від нативності по ISSR-послідовностям за кластерним показником Жаккарда з дозовою залежністю нагромадження антиоксидантів

	Пл.Л., К	Пл.Л, 5 Гр	Пл.Л, 10 Гр	Пл.Л., 15 Гр		М., К	М., 5 Гр	М., 10 Гр	М., 15 Гр
Пл.Л., К	1	0,69	0,65	0,80	М., К	1	0,78	0,72	0,67
Пл.Л., 5 Гр		1	0,82	0,77	М., 5 Гр		1	0,72	0,67
Пл.Л., 10 Гр			1	0,72	М., 10 Гр			1	0,62
Пл.Л., 15 Гр				1	М., 15 Гр				1

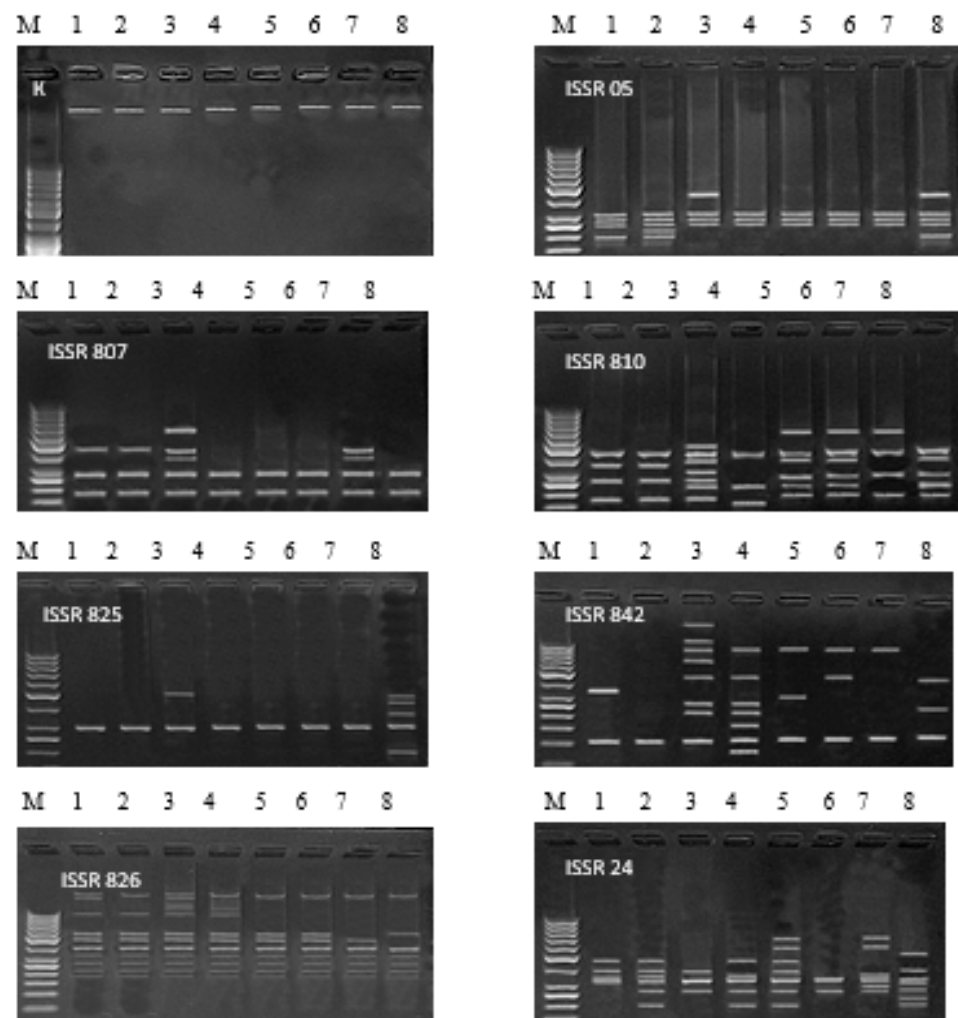
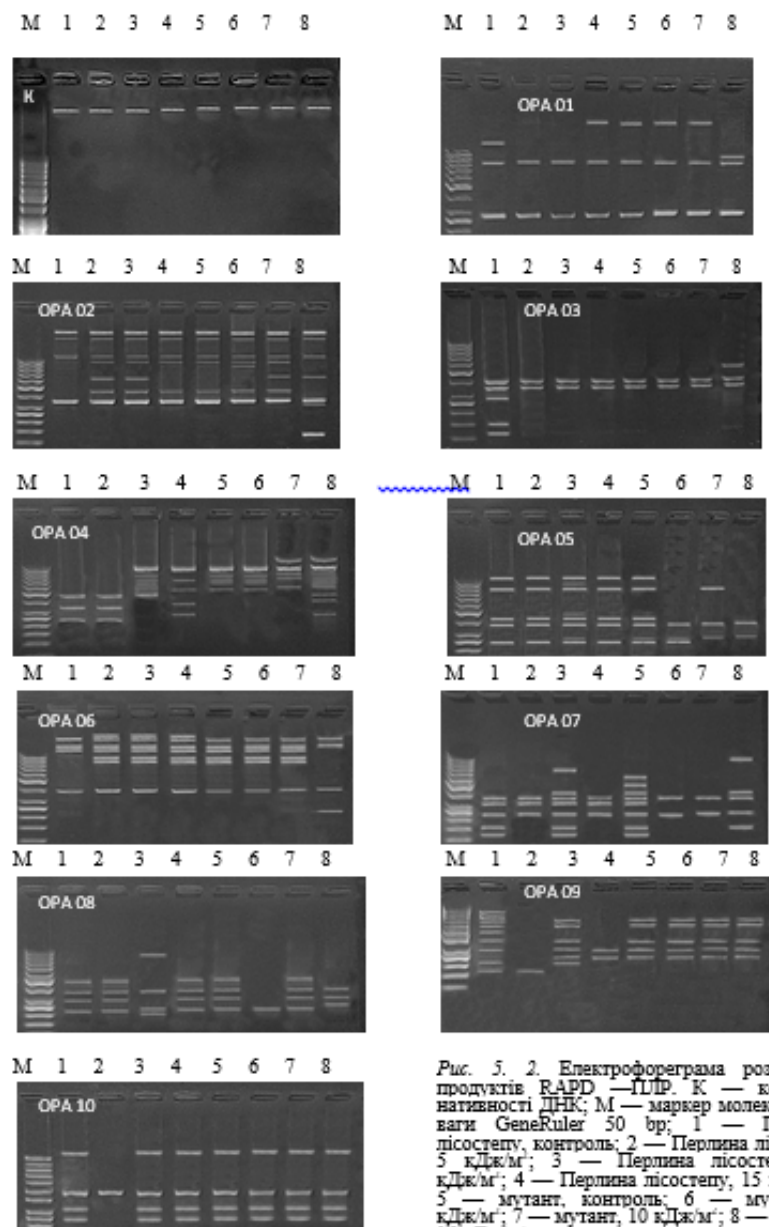


Зв'язок відхилення первинної структури ДНК від нативності по RAPD-послідовностям за кластерним показником Жаккарда з дозовою залежністю нагромадження антиоксидантів

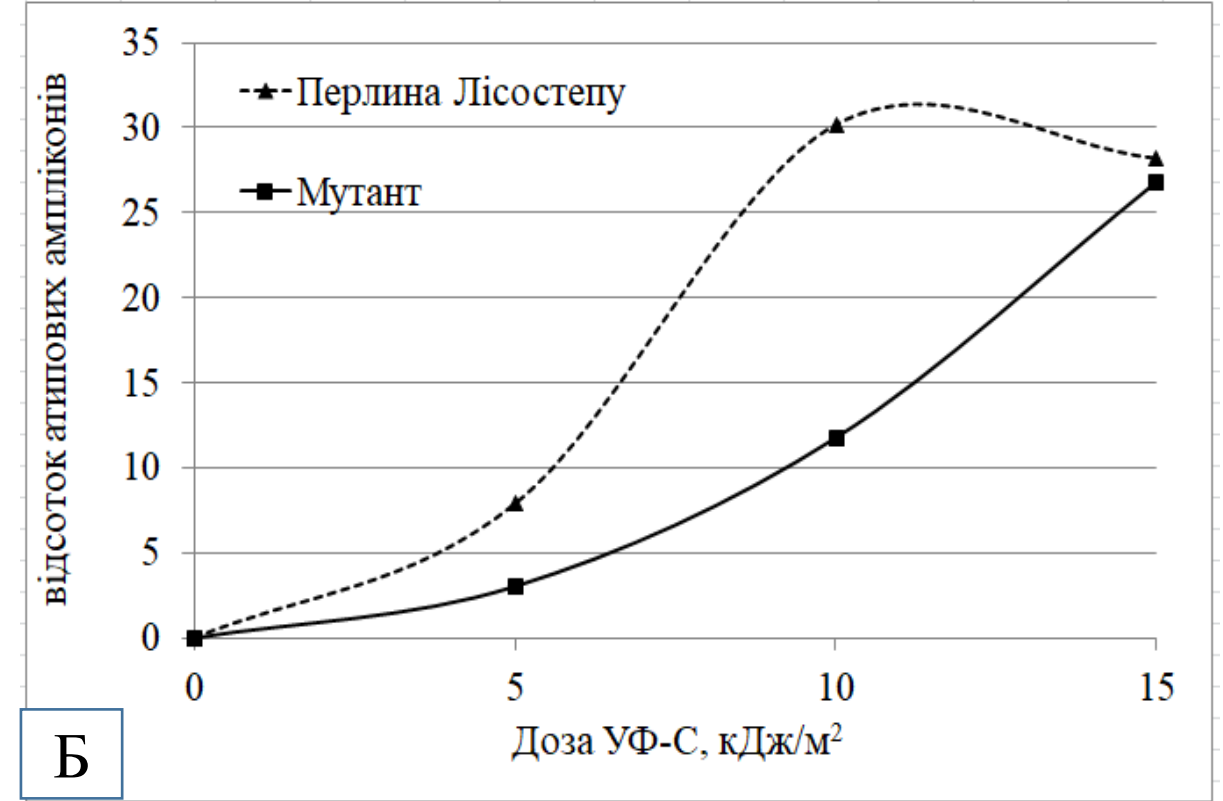
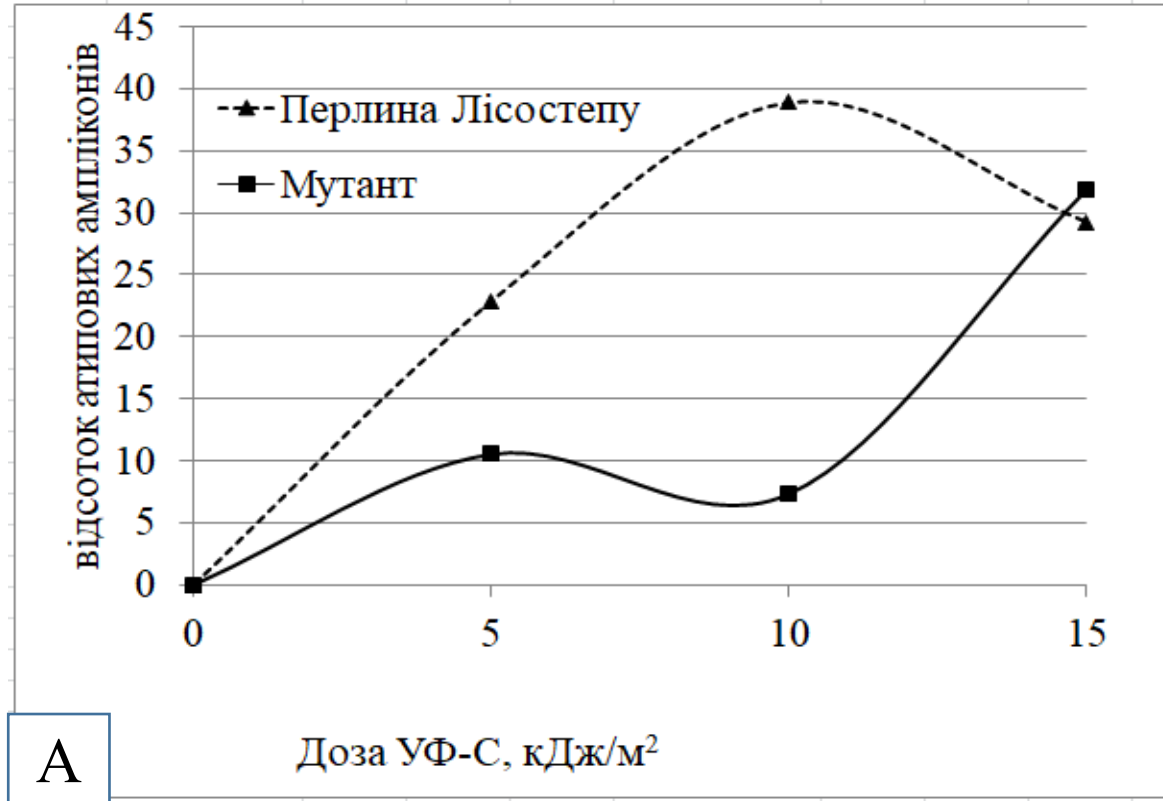
	Пл.Л., К	Пл.Л., 5 Гр	Пл.Л., 10 Гр	Пл.Л., 15 Гр		М., К	М., 5 Гр	М., 10 Гр	М., 15 Гр
Пл.Л., К	1	0,62	0,68	0,67	М.,К	1	0,70	0,71	0,77
Пл.Л., 5 Гр		1	0,82	0,73	М., 5 Гр		1	0,71	0,83
Пл.Л., 10 Гр			1	0,89	М., 10Гр			1	0,78
Пл.Л., 15 Гр				1	М.,15 Гр.				1



Ефекти ураження ДНК на стадії цвітіння при передпосівному УФ-С опроміненні насіння



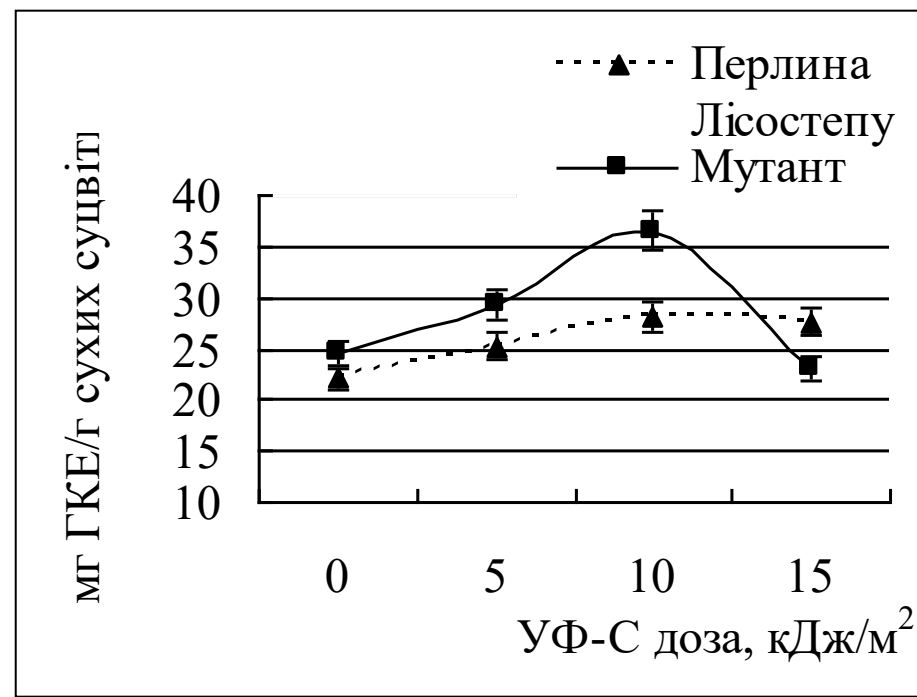
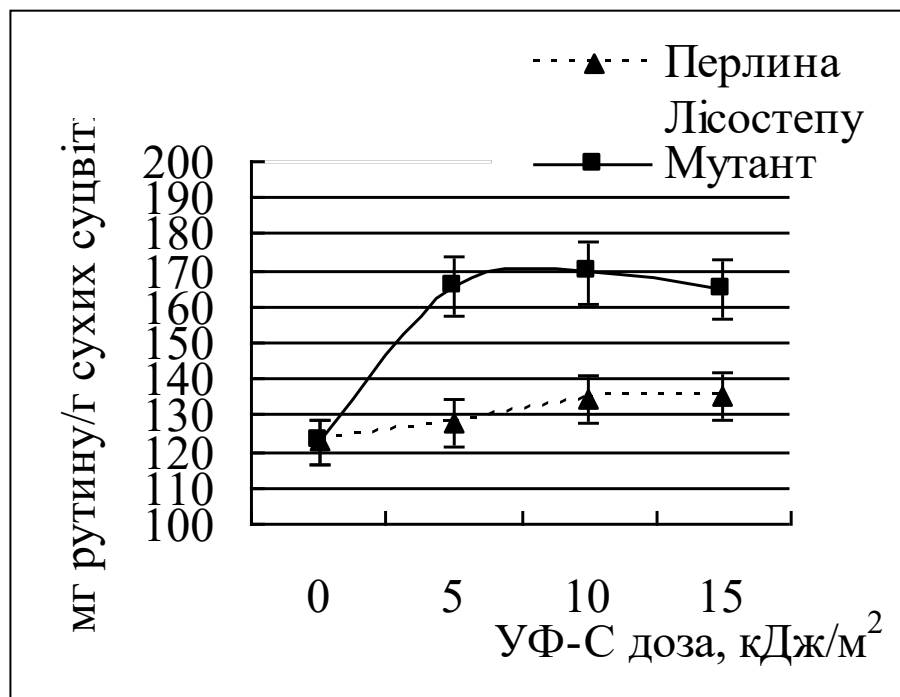
Тренд змін усередненої частоти атипових ампліконів в залежності від дози при проведенні RAPD (А) та ISSR (Б) ПЛР аналізу



Як і попередньому випадку, першим показником був відсоток атипових ампліконів. Одержані результати як для RAPD- так і ISSR маркерів, свідчили про суто нелінійний і немонотонний характер цих залежностей, статистична обробка яких була здійснена за непараметричним критерієм Ван-дер-Вардена. Для повноти кількісного аналізу було використано кластерний аналіз, що дозволяє порівняння груп об'єктів, включаючи набір ампліконів.

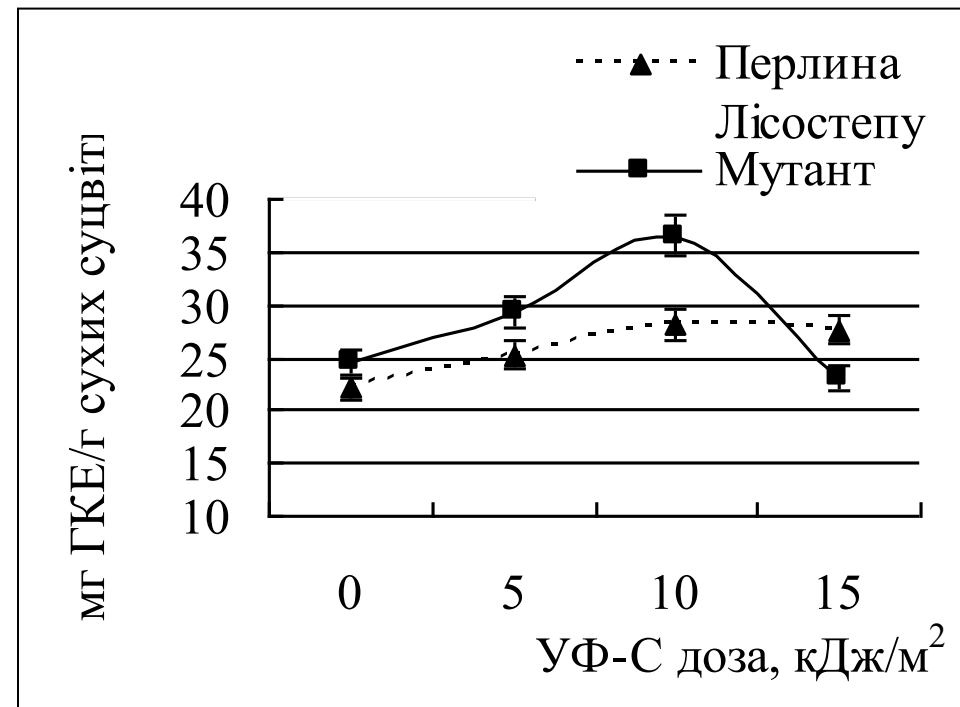
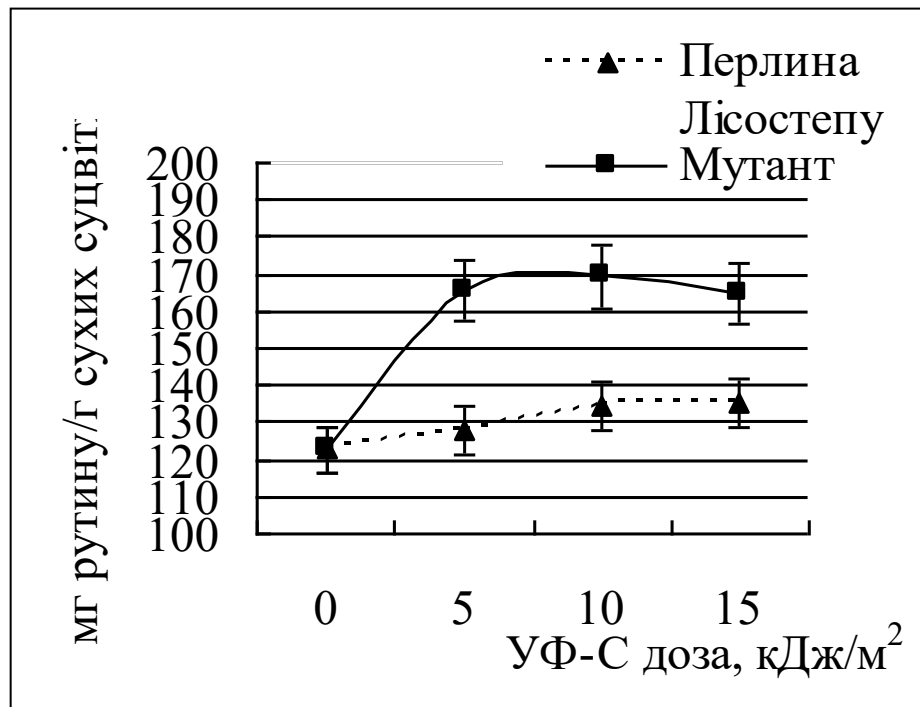
Зв'язок відхилення первинної структури ДНК по RAPD-послідовностям від нативності за кластерним показником Жаккарда з дозовою залежністю нагромадження антиоксидантів при УФ-С опроміненні

	П.Л. Контр.	П.Л., 5 кДж/м ²	П.Л., 10 кДж/м ²	П.Л., 15 кДж/м ²		Мут., Контр.	Мут., 5 кДж/м ²	Мут., 10 кДж/м ²	Мут., 15 кДж/м ²
П.Л., К	1	0,818	0,833	0,783	Мут., Контр.	1	0,792	0,875	0,769
П.Л., 5 кДж/м ²		1	0,667	0,850	Мут., 5 кДж/м ²		1	0,905	0,708
П.Л., 10 кДж/м ²			1	0,708	Мут., 10 кДж/м ²			1	0,792
П.Л., 15 кДж/м ²				1	Мут., 15 кДж/м ²				1

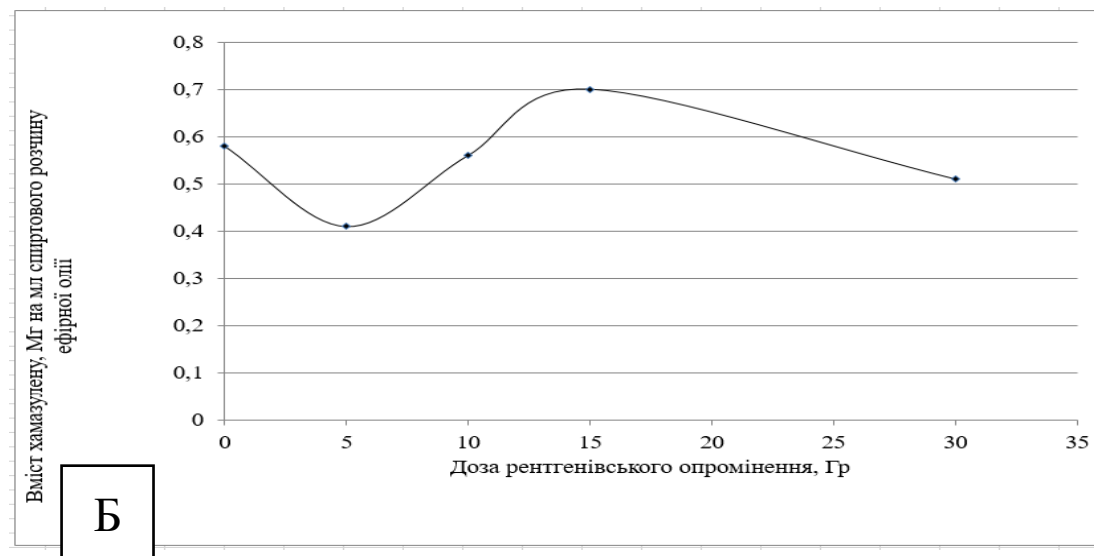
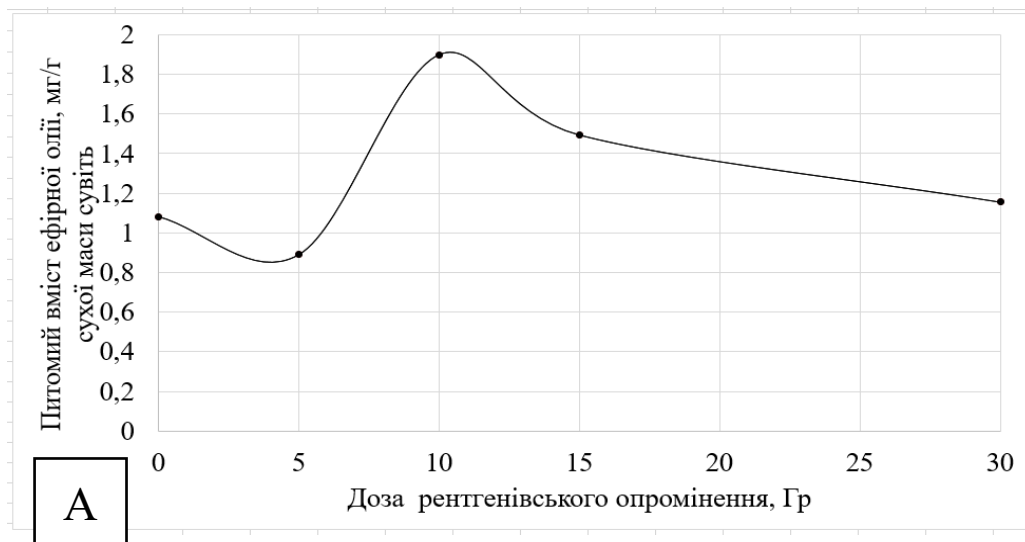


Зв'язок відхилення первинної структури ДНК по ISSR-послідовностям від нативності за кластерним показником Жаккарда з дозовою залежністю нагромадження антиоксидантів при УФ-С опроміненні

	П.Л., Контр.	П.Л., 5 кДж/м ²	П.Л., 10 кДж/м ²	П.Л., 15 кДж/м ²		Мут., Контр.	Мут., 5 кДж/м ²	Мут., 10 кДж/м ²	Мут., 15 кДж/м ²
П.Л., К	1	0,94	0,74	0,90	Мут., Контр.	1	0,95	0,85	0,80
П.Л., 5 кДж/м ²		1	0,70	0,94	Мут., 5 кДж/м ²		1	0,80	0,84
П.Л., 10 кДж/м ²			1	0,74	Мут., 10 кДж/м ²			1	0,67
П.Л., 15 кДж/м ²				1	Мут., 15 кДж/м ²				1



Вплив рентгенівського опромінення на вміст хамазулену у суцвіттях ромашки лікарської



Дозові залежності питомого вмісту ефірного масла (А) у фармацевтичній сировині та питомого вмісту хамазулену (Б) в ефірній олії за умов рентгенівського передпосівного опромінення.

За непараметричним критерієм Ван-дер-Вардена виявлено достовірні відмінності між значеннями всіх варіантів доз від контролю ($P \geq 0,95$).

Інтерпретація одержаних результатів: шлях трансформації первинних ушкоджень ДНК у довготривалі метаболічні перебудови



Висновки

- Поліморфізм ДНК по мінісателітним послідовностям визначає різну чутливість рослинного організму до дії іонізуючого та УФ-опромінення. Поліморфізм ДНК по RAPD мінісателітним послідовностям тісно пов'язано з різною стимуляцією врожайності фармацевтичної сировини (суцвіть). Виявлена відсутність чіткого зв'язку міні сателітного поліморфізму із специфікою реакції на опромінення по показнику стимуляції низькомолекулярних антиоксидантів;
- Ключовим механізмом, що обумовлює віддалені ефекти разового радіаційного впливу є радіаційно – індукована геномна нестабільність;
- Підвищення утворення вторинних метаболітів пов'язано із зниженням спорідненості первинної послідовності ДНК з її нативною первинною послідовністю і зникає при відновленні нативності геному;
- Існує відмінність темпів відновлювальних процесів у рослинному організмі при рентгенівському і УФ-С опроміненні. Відмічено переваги УФ-С опромінення для біотехнологічного застосування, що пов'язано з затримкою включення репаративних процесів і обумовлює більш широкий діапазон доз стимуляції синтезу антиоксидантів;
- Неспецифічність формування ламких сайтів, виникнення яких можливо як при генотоксичному впливі хімічних сполук, так і іонізуючому та УФ-С опроміненні, що може бути пов'язано з виникненням підвищеної механічної напруги в первинній структурі ДНК в сайтах збагачення аденіну (у випадку іонізуючого опромінення) і цитозина та тиміну (УФ-С).

Заклучна частина

В результаті виконання дисертаційної роботи встановлено ряд важливих для практичного застосування зв'язків між специфікою дії іонізуючого і УФ-опромінення на геном клітини і стимуляцією фармацевтичної сировини і важливих для медичної практики сполук. На основі молекулярно-генетичних, біохімічних методів з використанням кластерного аналізу виявлено вплив мінісателітного поліморфізму ДНК ряду генотипів ромашки лікарської на чутливість до певного виду опромінення. Встановлено ключовий механізм трансформації первинного ураження ДНК при разовому передпосівному опроміненні у довготривалі метаболічні перебудови у рослинних структурах, що не були безпосередньо опромінені. Показано, що ознаки геномної нестабільності, що пов'язують первинні ураження з віддаленими метаболічними наслідками, залежать від мінісателітного поліморфізму досліджених генотипів. Одержані результати, окрім суто практичних результатів, дають внесок у створення теоретичного підґрунтя впровадження радіаційних факторів в царині малих доз у біотехнологію.

Перелік опублікованих праць за темою дисертації

Видання, що входять до науково-метричної бази даних Scopus:

1. Sokolova DA, Halych TV, Zhuk VV, Kravets AP. Relationship of radiation-induced genomic instability and antioxidant production in the chamomile plant. *Int J Radiat Biol.* 2023;99(10):1631-1638. doi: 10.1080/09553002.2023.2188934. Epub 2023 Mar 31. PMID: 36881557 **Q1/2**
2. Sokolova D. O., Halych T. V., Zhuk V. V., Kravets O. P. & Kuchuk M. V. Association of the stimulation of plant antioxidant protection with traits of genome instability, *Cytol Genet.*, 2022, vol. 56, no. 5, pp. 431–440 DOI: 10.3103/S0095452722050103 **Q3**

Наукові фахові видання:

1. Соколова Д.О., Жук В.В., Галич Т.В. Індукована ультрафіолетом нестабільність геному у пшениці. *International Science Group. Development of modern science, experience and trends.* 2022 р., С. 37-42. ISBN 979-8-88796-812-4 DOI 10.46299/ISG.2022.2.3
2. Sokolova D., Halych T., Zhuk V., Kravets O. Increasing the productivity of *Matricaria chamomilla* by pre-sowing ultraviolet irradiation. *International Science Group. Multidisciplinary academic notes. Science research and practice.* 2022 р. С. 477-485. ISBN 979-8-88526-751-9 DOI 10.46299/ISG.2022.1.15
3. Соколова Д.О., Жук В.В., Галич Т.В. Вплив посухи на виникнення геномної нестабільності у пшениці. *International Science Group. Current trends in the development of modern scientific thought.* 2022 р. С. 46-53. ISBN 979-8-88796-810-0 DOI 10.46299/ISG.202.2.1

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. Кравець О.П., Соколова Д.О., Галич Т.В. Геномна нестабільність як потенційний механізм зв'язку між прямими і віддаленими радіобіологічними ефектами. . Актуальні питання радіобіології – 2023. Житомир · 2023. С.-53.
2. Соколова Д.О., Галич Т.В., Жук В.В., Кравець О.П. Зв'язок радіаційно індукованої нестабільності геному та стимуляції антиоксидантного захисту рослин. Актуальні питання радіобіології – 2023. Житомир · 2023. С.-130.
3. Sokolova D., Halych T., Zhuk V., Kravets O. The role of radiation-induced genome instability in increasing pharmaceutical productivity of plants., 2022 р., С. 530-533. ISBN 979-8-88526-749-6 DOI 10.46299/ISG.2022.1.13
4. Sokolova D., Halych T., Zhuk V., Kravets O. The relationship of uv-c induced genomic instability with the content of antioxidants in pharmaceutical raw materials of plants. . International Science Group. Multidisciplinary academic notes. Theory, methodology and practice. 2022 р. с. 54-57. ISBN 979-8-88722-622-4 DOI 10.46299/ISG.2022.1.27.
5. Галич Т.В. Зв'язок поліморфізму генотипів ромашки лікарської по ISSR-, RAPD-послідовностям ДНК та стійкості до іонізуючого та УФ-С опромінення. Актуальні проблеми фізіології рослин і генетики: матеріали Міжнародної наукової конференції, присвяченої 75-річчю Інституту фізіології рослин і генетики НАН України. – 2021. – С. 54.
6. Галич Т.В. Вплив рентгенівського та УФ-С передпосівного опромінення на формування фармацевтичної сировини двох генотипів ромашки лікарської. Актуальні проблеми фізіології рослин і генетики: матеріали Міжнародної наукової конференції, присвяченої 75-річчю Інституту фізіології рослин і генетики НАН України. – 2021. – С. 57.
7. Галич Т.В. Аналіз радіочутливості і генетичної відстані різних генотипів ромашки лікарської як складової біотехнологічних досліджень. Матеріали XV-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції «Біотехнологія XXI століття» присвяченій 20-річчю Факультету біотехнології і біотехніки КПП ім. Ігоря Сікорського.-2021.-С.31.
8. Галич Т.В. Вплив рентгенівського та УФ-С передпосівного опромінення на формування фармацевтичної сировини двох генотипів ромашки лікарської. Матеріали XV-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції «Біотехнологія XXI століття» присвяченій 20-річчю Факультету біотехнології і біотехніки КПП ім. Ігоря Сікорського.-2021.-С.32.
9. Sokolova D., Halych T., Zhuk V., Kravets O. Connection between genetic polymorphism of *Matricaria chamomilla* and sensitivity to various stressors. The 5th Symposium on EuroAsian Biodiversity.-2021-P. 213

Дякую за увагу!