

УДК 579.61+615.322

БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ РОСЛИННОГО ЕКСТРАКТУ ЯК МОЖЛИВИЙ ПОКАЗНИК РІВНЯ АДАПТОВАНОСТІ ВИДУ

Т.П. ПЕРЕРВА¹, Н.М. ДРОБИК², В.М. МЕЛЬНИК¹, В.А. КУНАХ¹

¹ Інститут молекулярної біології і генетики НАН України
Україна, 03680, Київ, вул. Акад. Заболотного, 150
e-mail: tpererva@ukr.net

² Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
Україна, 46027, Тернопіль, вул. М. Кривоноса, 2

Мета. Порівняльне вивчення ріст-стимулюючої, антимутагенної і потенційної проти-пухлинної активності екстрактів *Gentiana asclepiadea* та *G. punctata* як можливих показників рівня адаптованості видів до умов зростання. **Методи.** Використано етанольні екстракти коренів рослин двох модельних видів роду *Gentiana* L. Як бактеріальні тест-об'єкти використані три отримані раніше MS2 – індуковані мутанти *Escherichia coli* 3000. **Результати.** Досліджені показники біологічної активності екстрактів достовірно вищі для *G. punctata*, що свідчить про вищий рівень метаболізму цього виду і, очевидно, ступінь його адаптованості. **Висновки.** Дві біологічні характеристики рослинних екстрактів – антимутагенна (антиканцерогенна) і ріст-стимулююча активність можуть бути використані для оцінки ступеня адаптованості різних видів рослин.

Ключові слова: *Gentiana* L., біологічна активність, рослинний екстракт, бактеріальні тест-системи, адаптація.

Вступ. Вищі рослини як організми, прикріплені до місця свого зростання, виробили ефективні механізми адаптації до коливання багатьох екологічних факторів. У відповідь на різноманітні виклики навколишнього середовища вони здатні змінювати генну експресію в напрямку індукування або пригнічення синтезу як структурних білків, так і ферментів специфічних метаболічних шляхів [1–3].

Якщо зміна зовнішніх умов достатньо пролонгована і перебуває в межах толерантності виду, то популяція виявляється адаптованою до місцевих умов, тобто локально адаптованою [4]. Локальна адаптація тісно пов'язана з видоутворенням і мікроеволюцією – явищами, приклади яких вивчають і в природних умовах, і в модельних системах [5, 6]. Середню пристосованість і життєздатність локально адаптованих популяцій порівняно з неадаптованими популяціями того ж виду оцінюють за допомогою фенотипових ознак [7, 8]. Що стосується рівня адаптованості окремих видів до свого навколишнього середовища, то його оцінку логічно проводити в рамках моделі адаптивного ландшафту С. Райта [9], особливістю якого є наявність одного або багатьох адаптивних піків і розташованих між ними впадин або долин. Під адаптивним піком розуміють максимальний рівень пристосованості генотипу (комбінації алелів) до конкретних природних умов. Концепція дає можливість теоретично описати

зв'язок між генотипом організму і його репродуктивним успіхом (адаптованістю) та графічно візуалізувати як сам адаптивний ландшафт, так і рух еволюції в його рамках.

На адаптивному ландшафті кожному виду відповідає свій адаптивний пік, детермінований відповідними генними або алейними комбінаціями та селективним тиском з боку середовища зростання. Згідно з теорією Райта адаптивна еволюція виглядає як «локальний пошук» представниками популяції адаптивних піків на ландшафті, який теоретично містить всі можливі для даного виду варіанти. Ця метафора, як часто називають теорію адаптивного ландшафту, вимагає кількісної оцінки пристосованості біологічного об'єкта до умов свого середовища, кінцевої топології адаптивного ландшафту і знаходження підвищеної популяційної пристосованості [10]. Серед цих вимог ключовою і найважчою є кількісна, біологічно значуща оцінка адаптованості, враховуючи, що на практиці неможливо ідентифікувати всі біологічно значущі варіанти генотипів і що фактори, від яких залежить адаптованість, швидше за все взаємозалежні [11].

Поряд із цим на сьогодні уже існують методи, що дозволяють ідентифікувати молекулярно-генетичні основи адаптивних змін в природних популяціях у відповідь на чинники різноманітного походження [12]. Функціонально значуща генетична мінливість вивчається на кількох рівнях. На рівні геному (ДНК) використовуються молекулярні маркери поліморфізму, генетичне картування локусів кількісних ознак, аналіз асоціацій (зв'язку певного генотипу з деякою фенотиповою ознакою), секвенування наступного покоління, причому кожен із цих методів включає в себе по декілька різновидів. Варіації в транскрипції генів вивчаються за допомогою популяційної транскриптоміки, що дозволяє ідентифікувати найзначніші зміни в експресії генів, причетних до адаптивної дивергенції

популяцій. Наступним в адаптивній реакції організму є білковий рівень, або рівень протеому, – термін, що означає всю сукупність білків, експресованих геномом у даний момент. Оскільки функціонально протеом міститься ближче до фенотипу, ніж геном або транскриптом, він здатен безпосередньо реагувати на природний добір і, відповідно, бути тісніше пов'язаним з процесом адаптації. Крім того, коливання структури та експресії генотипу і вплив природного середовища на формування адаптивних піків і відмінностей між адаптованістю окремих видів знаходять своє відображення на рівні метаболону (сукупний склад метаболітів), що забезпечує фізіологічну активність популяції та рівень її стійкості і виживання [13, 14].

Раніше нами було показано, що екстракти лікарських рослин впливають на ростові показники лабораторних штамів *E. coli* [15] і продуктивність рекомбінантних промислових штамів [16] та демонструють значний антимутагенний ефект в системі бактеріофага λ і його мутантів [17]. Рівень цих ефектів коливався залежно від походження екстракту (виду рослини) і мав виражений кількісний характер, опосередкований складом та кількістю метаболітів, наявних у кожному окремому екстракті.

Метою роботи є порівняльне вивчення ріст-стимулюючої, антимутагенної і антипухлинної активностей екстрактів *Gentiana asclepiadea* L. та *G. punctata* L. як можливих показників рівня адаптованості цих двох модельних видів до умов їх природного зростання.

Матеріали і методи

Рослинний матеріал. У роботі використано етанольні екстракти з коренів рослин *G. asclepiadea* і *G. punctata*. Обидва види є продуцентами біологічно активних речовин: іридоїдів, ксантонів, флавоноїдів, фенолкарбонових кислот, антоціанів, вуглеводів тощо [18–20].

G. asclepiadea належить до європейсько-малоазійського монотанно-субальпійського виду з ареалом, що охоплює Західне Середземномор'я, Центральну, Південну та Східну Європу, Кавказ та західну частину Малої Азії, зустрічається на вологих луках та пасовищах, на глинистих, торф'яних, нерідко й вапнякових ґрунтах, на узліссях, у лісах та серед чагарників від низини до високогір'я на висотах від 400 до 1800 м над рівнем моря [20].

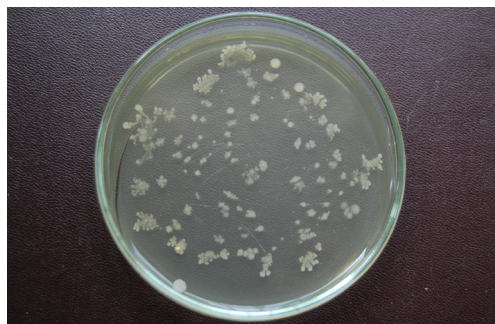
G. punctata – центральноевропейський субальпійський вид, поширений у горах Центральної та Південної Європи. В Україні зустрічається лише в Карпатах-Горгонах, на кам'янистих розсипах, на потужних, кислих, багатих, часто глинистих ґрунтах на високогір'ях у межах висот 1500–1900 м над рівнем моря [20]. За даними Червоної книги Болгарії, *G. punctata* може рости на крутих кам'янистих схилах (10–45°) на висоті 1800–2700 м над рівнем моря.

Екстракти готували з висушеної тканини, яку екстрагували 40% етанолом, у співвідношенні 1 : 10, закривали колбу притертим корком, обгортали темним папером і залишали на добу при кімнатній температурі. Отриманий екстракт фільтрували і продовжували повторні екстракції тканини доти, поки кінцевий об'єм екстракту не досягав 10:1 до вихідної маси тканини. Екстракти випаровували за допомогою вакуумно-ротаційного випаровувача при 40 °С майже до сухого залишку і розчиняли у стерильній дистильованій воді об'ємом, що дорівнює вихідному об'єму екстракту.

Бактерії. У роботі використані штами, представлені отриманими нами раніше MS2 – індукованими мутантами *E. coli* AB259 Hfr 3000.

1) *E. coli* 23-3 [21] – тест-об'єкт на антимуtagenну та антиканцерогенну активність, характеризується сповільненим ростом у рідкому живильному середовищі та утворенням колоній неправильної форми на агаризованому живильному середо-

вищі (рис. 1а). У процесі розмноження мутант вищеплює клітини, що утворюють колонії правильної округлої форми (рис. 1б). На відміну від вихідного мутанта, клітини сегрегантів, які отримали назву *E. coli* 23-4, набагато швидше порівняно з *E. coli* 23-3 нарощують оптичну щільність у рідкому живильному середовищі, що дозволяє проводити аналогію з процесом канцерогенезу, коли більш слабка клітинна форма починає вищеплювати більш сильні агресивні форми. Про наявність антимутагенної (антиканцерогенної) активності робили висновок за зниженням спонтанного вищеплення сегрегантів у присутності 5%-вих досліджуваних екстрактів.



а



б

Рис. 1. Колонії штаму *E. coli* 23-3 (а) і його сегреганта *E. coli* 23-4 (б)

2) *E. coli* 23-4 [21] – сегрегант *E. coli* 23-3, тест-об'єкт на ріст-стимулюючу активність, характеризується більш обмеженими порівняно з диким типом вихідними власти-

востями росту, на тлі яких стимулюючі властивості добавок до живильних середовищ проявляються виразніше. Вживання клітин у присутності екстрактів, внесених у фізіологічний розчин NaCl в концентрації 2%, вираховували відносно контролю, який визначався для кожної експериментальної точки і приймався за 100 %.

3) *E. coli* Lys 23 [22, 23] – тест-об’єкт для пошуку потенційної протипухлинної активності. Біологічні ознаки цього мутанта (більш інтенсивне порівняно з диким типом накопичення біомаси в рідких живильних середовищах, у тому числі збіднених, збіднення антигенної структури оболонки, збільшені розміри клітин та поява в них кількох нуклеодів, мозаїчне забарвлення за Грамом, порушення транспорту вуглеводів, багатостадійна поява мутантних клітин) дозволяють розцінювати його як бактеріальний аналог пухлинної клітини, що було підтверджено адекватною реакцією мутанта на протипухлинні засоби різного походження [22, 24]. Про наявність потенційної протипухлинної активності робили висновок за відмінностями виживання клітин штаму *E. coli* Lys 23 у присутності екстрактів, внесених у фізіологічний розчин у концентрації 1%.

Статистичну обробку даних проводили за [25].

Помилку (σ) для відсотка мутацій або для відсотка бактерій, що вижили (P), визначали за формулою:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\chi}}{\chi} \times P,$$

де σ – помилка, P – % мутацій або % бактерій, що вижили, χ – абсолютна кількість мутантів або бактерій, що вижили.

Достовірність (t) різниці відсотка мутацій або бактерій, що вижили, між контролем і дослідом, або двома дослідними варіантами, вираховували за формулою:

$$r_{\text{д.р}} = r_{\text{д}}^2 = 0,693r_{\text{д}} \sqrt{E/\sigma_{\text{ск}}}$$

Значення $t=2$ відповідає рівню достовірності 0,95 (*), $t=2,58$ – рівню 0,99 (**), $t>2,58$ – рівню достовірності $>0,99$ (***) (див. табл.).

Результати та обговорення

У таблиці наведено дані стосовно антимутагенної (антиканцерогенної) активності 5%-вих екстрактів *G. asclepiadea* і *G. punctata* в LB-середовищі при 37 °C без аерації впродовж 20 год. Отримані результати свідчать про значно більшу (майже у 3 рази) біологічну активність екстракту *G. punctata* порівняно з *G. asclepiadea*, антимутагенна (антиканцерогенна) активність екстракту у якої була низькою.

Таблиця. Антимутагенна (антиканцерогенна) активність екстрактів *G. asclepiadea* і *G. punctata*.

Умови експерименту	Частка сегрегантів, % від загальної кількості колоній
LB + 5% 0,85% розчину NaCl (контроль)	18,89 ± 1,32
LB + 5% екстракту <i>G. asclepiadea</i>	14,34 ± 0,91**
LB + 5% екстракту <i>G. punctata</i>	5,3 ± 0,31***

Примітки: ** – відповідає рівню достовірності 0,99; *** – відповідає рівню достовірності $>0,99$.

Дані щодо потенційної протипухлинної активності досліджуваних екстрактів узгоджуються з їх антимутагенними характеристиками. Порівняно з екстрактом *G. asclepiadea*, екстракт *G. punctata* ефективніше інактивує клітини модельного штаму *E. coli* Lys 23. В експерименті, де динаміку виживання клітин цієї тест-культури відстежували в присутності екстрактів у концентрації 1% в 0,85% розчині NaCl при 37 °C без аерації впродовж 14 діб, активність екстракту *G. punctata* перевищувала таку *G. asclepiadea* в 8–15 разів, поступово зрівнюючись до кінця експерименту (рис. 2).

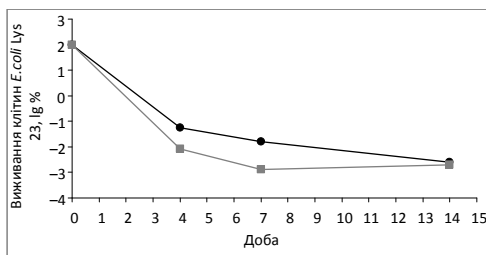


Рис. 2. Потенційна протипухлинна активність екстрактів: ● – *G. asclepiadea*; ■ – *G. punctata*

Ріст-стимулюючу активність екстрактів *G. asclepiadea* і *G. punctata* вивчали з використанням мутанта *E. coli* 23-4. Присутність обох екстрактів у концентрації 2% в 0,85% NaCl при 37 °C без аерації також демонструє вищу активність екстракту *G. punctata* порівняно з *G. asclepiadea*. Хоча присутність екстрактів не завжди сприяла підвищенню виживання тест-штаму, а в деяких варіантах навіть дещо його пригнічувала, в усіх випадках активність екстракту *G. punctata* перевищувала активність екстракту *G. asclepiadea* (рис. 3).

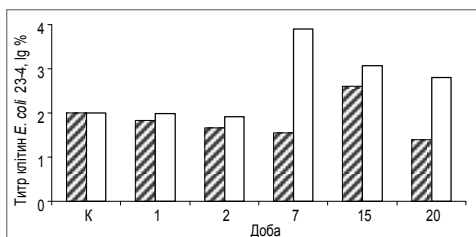


Рис. 3. Ріст-стимулююча активність екстрактів: ▨ – *G. asclepiadea*; □ – *G. punctata*

Таким чином, проведені дослідження демонструють вищу біологічну активність екстракту *G. punctata* порівняно з *G. asclepiadea*. Цей результат не можна вважати несподіваним, враховуючи результати проведених раніше досліджень щодо накопичення вторинних метаболітів, зокрема суми ксантонів і флавоноїдів, високогірними і рівнинними видами роду *Gentiana* флори України [20]. Так, напри-

клад, було показано, що у сухій масі коренів *G. punctata* вміст сумарної фракції ксантонів досягав 3,3% і був приблизно у 30 разів більшим, ніж у *G. asclepiadea*. Очевидно, більша біологічна активність екстракту *G. punctata* певним чином пов'язана з кількістю ксантонів, оскільки основним серед цього класу вторинних сполук є мангіферин – ксантон з відомою протипухлинною дією [19, 20, 26]. Не виключено, що результати, отримані нами стосовно потенційної протипухлинної активності екстракту *G. punctata*, зумовлені наявністю в його складі цього вторинного метаболіту. Що стосується флавоноїдів, то їхній значно вищий вміст у пагонах був показаний не лише для цього виду, а й багатьох інших високогірних представників роду *Gentiana* флори України, на відміну від рівнинних видів та *G. asclepiadea* [20]. Загалом, вищі концентрації як ксантонів, так і флавоноїдів були характерними саме для високогірних видів, що підтверджує принцип забезпечення адаптованості виду до складних умов зростання за рахунок вторинного метаболізму.

У попередніх наших роботах екстракти, отримані з культур клітин різних рослинних видів, характеризувалися різними рівнями антимутогенної та потенційної протипухлинної активності. Ріст-стимулююча активність до цього часу була тестована лише для екстракту *Ungernia victoris*. Отримані у нашій роботі результати для екстрактів *G. punctata* та *G. asclepiadea* свідчать про вплив на біологічну активність видової приналежності рослин. Очевидно, що основна різниця між екстрактами полягає в їх складі, представленому сукупністю первинних і вторинних метаболітів. Кожна з цих груп метаболітів необхідна для підтримки життєдіяльності і вносить свій вклад в репродуктивний успіх (приспосованість) популяції, перебуваючи під постійним тиском умов навколишнього середовища [14]. Ферменти первинного ме-

таболізму утримують високий ступінь стабільності своєї функції незалежно від складності організму. Вони беруть участь у фундаментальних метаболічних реакціях, включаючи енергетичний метаболізм і біосинтез біологічних будівельних блоків (білків, нуклеїнових кислот, вуглеводів). Навпаки, спеціалізований метаболізм потрібен не стільки для безпосереднього виживання організму, скільки для створення ключових метаболічних властивостей, які забезпечують адаптованість виду до існування у складних умовах впливу комплексу біотичних та абіотичних чинників [27]. По суті, «локальний пошук» адаптивного піку зводиться до появи нових метаболічних гілок, які постійно виникають у процесі еволюції наземних рослин і супроводжуються синтезом вторинних метаболітів, в основі чого лежить або освоєння кількох субстратів одним ферментом, або поява кількох продуктів у результаті ферментації одного субстрату.

Використання біосинтетичного хімічно-го простору швидко еволюціонуючими спеціалізованими метаболічними системами вважається вирішальною адаптивною стратегією прикріпленого способу життя рослин, грибів і бактерій, що постійно колонізують кожну нішу глобальної екосистеми. Пропонований у нашій роботі спосіб порівняння адаптованості різних видів відповідає сучасним поглядам на роль метаболічних систем у реакціях живих організмів на зміни умов їх існування. Так, наприклад, не викликає сумнівів значення протеоміки у вивченні процесів адаптації, оскільки генетична основа фенотипової мінливості, на базі якої формується адаптованість, експресується на білковому рівні.

Відповідно до сучасних поглядів на методологію еволюційних та екологічних досліджень протеоміка повинна бути складовою частиною у вивченні механізмів адаптації, оскільки протеом міститься ближче до фенотипу, ніж геном [12, 28]. У той же

час метаболон з його надзвичайною гнучкістю спеціалізованого метаболізму, реакцією на всі екологічні виклики [14] та постійним розширенням спектра вторинних метаболітів у процесі адаптивної еволюції відображає інтенсивність всього метаболізму, який в кінцевому результаті визначає рівень адаптованості виду або популяції до природних умов.

Прокаріотичні тест-системи значно полегшують оцінку метаболічних процесів, оскільки їх використання не вимагає дослідження окремих метаболічних шляхів, а обмежується констатацією реакції мікроорганізму на присутність відповідного екстракту. Таким чином, описані в нашій роботі рівні антимутагенної, потенційної протипухлинної і ріст-стимулюючої активності екстрактів *G. asclepiadea* та *G. punctata* можна розцінювати як функцію активності їхніх метаболітів, здатність до синтезу яких відповідає рівню адаптованості цих двох модельних видів до умов існування.

Висновки

Досліджені в бактеріальних тест-системах три біологічні активності – антимутагенна (антиканцерогенна), потенційна протипухлинна та ріст-стимулююча – вищі для рослинного екстракту *G. punctata* порівняно з *G. asclepiadea*. Отримані дані можуть свідчити про вищий рівень метаболізму *G. punctata* і, очевидно, про більш високий ступінь адаптованості до умов зростання.

Перелік літератури

1. Кунах В.А. Пластичность генома соматических клеток и адаптивность растений // Молекулярная и прикладная генетика. – 2011. – Т.12. – С. 7–14.
2. Кордюм Е.Л., Сьтник К.М., Бараненко В.В., Белявская Н.Л., Климчук Д.А., Недуха Е.М. Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях. – К.: Наук. думка, 2003. – 290 с.
3. Кунах В.А. Геномная изменчивость соматических клеток растений. 2. Изменчивость в природе //

- Биополимеры и клетка (Biopolym. Cell). – 1995. – Т. 11, №6. – С. 5–40.
4. Kawecki T.J., Ebert D. Conceptual issues for local adaptation // *Ecology Letters*. – 2004. – Vol. 70, №12. – P. 1225–1241.
 5. Lenormand T. From local adaptation to speciation: specialization and reinforcement // *International Journal of Ecology*. – 2012. – Article ID 508458, 11 pages, doi:10.1155/2012/508458.
 6. Hendry A.P., Kinnison M.T. An introduction to microevolution: rate, pattern, process // *Genetica*. – 2001. – Vol. 112–113. – P. 1–8.
 7. Leimu R., Fischer M. A meta-analysis of local adaptation in plants // *PLoS ONE*. – 2008. – Vol. 3, №12. – e4010. doi:10.1371/journal.pone.0004010.
 8. Fraser D.J., Weir L.K., Bernatchez L., Hansen M.M., Taylor E.B. Extent and scale of local adaptation in salmonid fishes: review and meta-analysis // *Heredity*. – 2011. – Vol. 106. – P. 404–420.
 9. Wright S. The roles of mutation, inbreeding, crossbreeding and selection in evolution // *Proceedings of the Sixth International Congress of Genetics*. – 1932. – Vol. 1. – P.356–366.
 10. Ao P. Global view of bionetwork dynamics: adaptive landscape // *J. Genet. Genomics*. – 2009. – Vol. 36, №2. – P. 63–73.
 11. Niklas K.J. Adaptive walks through fitness landscapes for early vascular land plants // *American Journal of Botany*. – 1997. – Vol. 84, №1. – P. 16–25.
 12. Салменкова Е.А. Молекулярно-генетические основы процессов адаптации и подходы к их анализу // *Генетика*. – 2013. – Т. 49, №1. – С.94–102.
 13. Enquist B.J., Kerkhoff A.J., Huxman T.E., Economo E.P. Adaptive differences in plant physiology and ecosystem paradoxes: insights from metabolic scaling theory // *Global Change Biology*. – 2006. – Vol. 12. – P. 1–19.
 14. Weng J.-K., Noel J.P. The remarkable pliability and promiscuity of specialized metabolism // *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*. – 2012. doi:10.1101/sqb.2012.77.014787.
 15. Перерва Т.П., Мирюта Г.Ю., Дворник А.С., Можилевская Л.П., Кунах В.А. Оптимизация бактериальных питательных сред экстрактом *Ungernia victoris* // *Біотехнологія*. – 2011. – Т. 4, №4. – С. 59–63.
 16. Перерва Т.П., Кобозев Ю.А., Мойса Л.Н., Дворник А.С., Мирюта А.Ю., Можилевская Л.П., Кунах В.А. Повышение продуктивности рекомбинантных штаммов *Escherichia coli* обогащением питательной среды добавкой растительного происхождения // *Біотехнологія*. – 2012. – Т. 5, №1. – С. 42–47.
 17. Дворник А.С., Перерва Т.П., Кунах В.А. Скрининг препаратов, отриманих із культури тканин лікарських рослин, на антимутагенну активність у системі *Escherichia coli* – бактеріофаг λ // *Цитология и генетика*. – 2002. – Т. 36, №2. – С. 3–10.
 18. *Растительные ресурсы СССР*. Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства *Caprifoliaceae* – *Plantaginaceae*. – Л.: Наука, 1990. – 328 с.
 19. Страшнюк Н.М., Леськова О.М., Загричук Г.Я., Мельник В.М., Кунах В.А. Біологічно активні речовини видів роду *Gentiana* L. 1. Біосинтез та фізіологічна дія // *Фітотерапія*. Часопис. – 2006. – №1. – С. 31–41.
 20. Дробик Н.М. Фізіолого-біохімічні та генетичні основи біотехнології рослин видів роду *Gentiana* L.: дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.20. – Т.; К., 2009. – 346 с.
 21. Перерва Т.П., Мирюта А.Ю., Можилевская Л.П. Бактериальная тест-система для первичного скрининга препаратов на антиканцерогенную и антимутагенную активность // *Вісник Укр. тов-ва генетиків і селекціонерів*. – 2007. – Т. 5, № 1–2. – С. 55–61.
 22. Перерва Т.П., Дворник А.С., Мирюта А.Ю., Можилевская Л.П., Кунах В.А. Бактериальная тест-система для первичного скрининга веществ с потенциальной противоопухолевой активностью // *Цитология и генетика*. – 2007. – Т. 41, №4. – С. 59–65.
 23. Перерва Т.П., Мирюта А.Ю., Мирюта Н.Ю. Взаимодействие РНК-содержащих бактериофагов с клеткой-хозяином: MS2-индуцированные мутанты *Escherichia coli* и возникновение ДНК-содержащих производных бактериофага MS2 // *Цитология и генетика*. – 2008. – Т. 42, №1. – С. 73–90.
 24. Перерва Т.П., Мирюта Г.Ю., Кунах В.А. Використання бактеріальної тест-системи для попереднього скринингу хімічних речовин як потенційних протипухлинних препаратів // *Вісник проблем біології і медицини*. – 2010. – Вип.2. – С. 23–27.
 25. Рокицкий П.Ф. Введение в статистическую генетику // Мн.: Вышейш. школа. – 1978. – 448 с.
 26. Yoshimi N., Matsunaga K., Katayama M., Yamada Y., Kuno T., Qiao Z., Hara A., Yamahara J., Mori H. The inhibitory effects of mangiferin, a naturally occurring glucosylxanthone, in bowel carcinogenesis of male F344 rats // *Cancer Lett*. – 2001. – Vol. 163. – P. 163–170.
 27. Weng J.-K., Philippe R.N., Noel J.P. The rise of chemodiversity in plants // *Science*. – 2012. – Vol. 336. – P. 1667–1670.
 28. Diz A.P., Martinez-Fernandez M., Rolan-Alvarez F. Proteomics in evolutionary ecology: linking the genotype with the phenotype // *Mol. Ecol*. – 2012. – Vol. 21. – P. 1060–1080.

Представлено Ф.І. Товкачом
Надійшла 26.04.2013

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ
РАСТИТЕЛЬНОГО ЭКСТРАКТА
КАК ВОЗМОЖНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ
УРОВНЯ АДАПТИРОВАННОСТИ ВИДА

Т.П. Перерва¹, Н.М. Дробык², В.Н. Мельник¹,
В.А. Кунах¹

¹ Институт молекулярной биологии и генетики
НАН Украины
Украина, 03680, Киев, ул. Акад. Заболотного, 150
e-mail: tpererva@ukr.net

² Тернопольский национальный педагогический
университет имени Владимира Гнатюка
Украина, 46027, Тернополь, ул. М. Кривоноса, 2

Цель. Сравнительное изучение рост-стимулирующей, антимутагенной и потенциальной противоопухолевой активности экстрактов *Gentiana asclepiadea* и *G. punctata* как возможных показателей уровня адаптированности видов к условиям произрастания.

Методы. Используются этанольные экстракты корней растений двух модельных видов рода *Gentiana* L. В качестве бактериальных тест-объектов использованы три полученные ранее MS2 – индуцированные мутанты *Escherichia coli* 3000. **Результаты.** Изученные показатели биологической активности экстрактов оказались достоверно выше для *G. punctata*, что свидетельствует о более высоком уровне метаболизма этого вида и, очевидно, степени его адаптированности. **Выводы.** Две биологические характеристики растительных экстрактов – антимутагенная (антиканцерогенная) и рост-стимулирующая активность, могут быть использованы для оценки степени адаптированности разных видов растений.

Ключевые слова: *Gentiana* L., биологическая активность, растительный экстракт, бактериальные тест-системы, адаптация.

BIOLOGICAL ACTIVITY OF PLANT EXTRACT
AS A POSSIBLE INDICATOR OF THE SPECIES
ADAPTABILITY LEVEL

T.P. Pererva¹, N.M. Droblyk², V.M. Mel'nyk¹,
V.A. Kunakh¹

¹ Institute of Molecular Biology and Genetics,
National Academy of Sciences of Ukraine
Ukraine, 03680, Kyiv, Acad. Zabolotnogo str., 150
e-mail: tpererva@ukr.net

² Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical
University
Ukraine, 46027, Ternopil, M. Krivonis str., 2

Aim. A comparative study of growth-stimulating, antimutagenic and potential antitumor activity of *Gentiana asclepiadea* and *G. punctata* extracts as possible indicators of adaptability of the species to growth conditions. **Methods.** Ethanol extracts of the roots of two plant model species from the genus *Gentiana* L. were used. Three MS2 – induced mutants of *Escherichia coli* 3000 obtained earlier were used as bacterial test-objects. **Results.** The investigated indicators for extracts' biological activities were significantly higher for *G. punctata*, indicating a higher metabolic rate of this species, and, obviously, the degree of adaptability. **Conclusions.** Two biological characteristics of plant extracts, antimutagenic (anticarcinogenic) and growth-stimulating activity, can be used to assess the adaptability of different plant species.

Key words: *Gentiana* L., biological activity, plant extract, bacterial test-systems, adaptation.