

На живильних середовищах з вмістом  $\text{CdCl}_2$  0,1–1 мМ впродовж 3–4 тижнів рослини поступово адаптовувалися: відновлювали свій ріст, починали формувати молоді корені та стебла. У той же час у контрольних рослинах зазначені вище зміни відбувалися вже на 7–10 доби культивування. Довжина коренів дослідних рослин через 3–4 тижні сягала 6–8 мм і була в 1,5–2 рази меншою порівняно з контролем; висота молодих сформованих стебел складала 35–40 мм, що в 1,2–1,5 рази менше порівняно з контролем. Приріст сирої та сухої біомаси дослідних рослин через 3–4 культивування був незначним – до 10 %, тоді як цей показник контрольних рослин за аналогічний період зріс вдвічі.

Впродовж наступних 4 тижнів ріст контрольних і дослідних рослин був інтенсивнішим. Приріст сирої та сухої біомаси культивованих в присутності  $\text{CdCl}_2$  рослин збільшився на 25–75%, у контролі – зріс в 4 рази. За морфологічними ознаками рослини, що культивувалися на середовищі з металом впродовж восьми тижнів, не відрізнялися від контрольних.

Отже, встановлено, що *D. antarctica* зберігає здатність виживати за умови, коли концентрація йонів кадмію у живильному середовищі не перевищує 1мМ. Адаптація до росту в присутності металу при цьому відбувається впродовж 3–4 тижнів. Формування та ріст коренів *D. antarctica* більш чутливий до дії кадмію, ніж надземної частини рослин.

1. Введення в культуру *in vitro* *Deschampsia antarctica* з двох районів прибережної Антарктики / О.М. Загречук, Н.М. Дробик, І.А. Козерецька [та ін.] // Укр. антаркт. журн. – 2011/2012. – № 10–11. – С. 289–295.
2. Лакин Г.Ф. Биометрия: Учебное пособие для биологических специальностей вузов / Георгий Филиппович Лакин. – М. : Высш. шк., 1980. – 293 с.
3. Cadmium Accumulation in *Marsilea minuta* Linn. and Its Antioxidative Responses // Kingsuk Das, Chiranjib Mandal, Nirmalya Ghosh [et al.]. / American J. Plant Sciences. – 2013. – №4. – P. 365–371.
4. Convey P. Responses of terrestrial Antarctic ecosystems to climate change / Peter Convey, R.I. Levis Smith // Plants and Climate Change. Series: Tasks for vegetation science. – 2006. – Vol. 41. – P. 1–12.
5. Gamburg O.L. Culture methods and detection of glucanases in cultures of wheat and barley / O.L. Gamburg, D.E. Eveleigh // Can. J. Biochem. – 1968. – Vol. 46, № 5. – P. 417–421.

## КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ПОПУЛЯЦІЙ *Gentiana lutea* L. З УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

Мосула М.З., Майорова О.Ю., Грицак Л.Р., Дробик Н.М.

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

Масове використання природних запасів *Gentiana lutea* L. для потреб офіційної та народної медицини, надмірна рекреація та складна біологія розмноження призвели до скорочення місцезростань цього виду в Українських Карпатах. Зважаючи на фрагментарність досліджень стану популяцій *G. lutea*, а також неможливість відновити їхні природні запаси з використанням лише традиційних методів, доцільним є всебічне вивчення, яке б включало характеристику їхніх екоотопів, встановлення стратегій та генетичної структури, дослідження рівня генетичної гетерогенності. Це, у свою чергу,

послужить основою для розробки науково обґрунтованих способів збереження цього виду.

Метою роботи було охарактеризувати стан популяцій тирличу жовтого на основі результатів еколого-популяційних та молекулярно-генетичних досліджень.

Популяційні дослідження проводили за загальноприйнятими методиками [2–4]. Виділення ДНК, гель-електрофорез продуктів ампліфікації, умови проведення полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) з праймерами гомологічними до консервативних ділянок генів стійкості до патогенів (RGAP) та нуклеотидні послідовності використаних праймерів (Cre3Ploop + Cre3-k3, NLRR-INV1 + NLRR-INV2, Pto kin3 + Pto kin4, RLRR for + RLRR rev, XLRR for + XLRR rev, XLRR-INV1 + XLRR-INV2) наведено у роботі [1]. Розраховували показники генетичного поліморфізму популяцій: частку поліморфних ампліконів (P), очікувану гетерозиготність (He), індекс Шеннона (S). Розподіл загальної генетичної мінливості на міжпопуляційну та внутрішньопопуляційну визначали методом аналізу молекулярної дисперсії (AMOVA). Проводили еколого-популяційні та молекулярно-генетичні дослідження шести ізольованих популяцій *G. lutea* (полонина Лемська – Lem, гора Пожижевська – Pozh, г. Гутин Томнатик – НТ, г. Шешул-Павлик – Sh (хребет Чорногора); пол. Крачунеска – Kr, г. Трояска-Татарука – Tr (хр. Свидовець).

Встановлено, що рослини цього виду ростуть на схилах південно-східної та південно-західної експозиції, входять до складу субальпійських та альпійських лук в межах висот 1300–1950 м н.р.м. Для досліджених популяцій *G. lutea* властиві порівняно великі площі (від 3 до 40 га) та щільність (3–6,5 ос./м<sup>2</sup>). У сприятливих умовах розміщення елементів популяцій переважно дифузне та компактно-дифузне (на периферії). Вплив високих чагарників, щільнодернинних злаків та антропогенних факторів спричинюють зміну просторового розташування на компактно-дифузне або компактне (Tr, Rr, НТ). Заростання територій чагарниками призводить до інсуляризації популяцій та поділу їх на окремі локалітети (Tr, Kr, НТ).

Популяції *G. lutea* є нормальними повночленними з лівостороннім віковим спектром. Пік чисельності припадає на молоді генеративні (Lem, Sh, Tr, Kr), віргінільні (Lem, Kr, НТ) чи ювенільні (Sh, Pozh). За показниками індексу відновлення популяції є молодими, а їх самопідтримання відбувається за рахунок генеративного розмноження, окрім локалітетів на г. Трояска-Татарука та пол. Крачунеска. За віталітетною структурою популяції у сприятливих умовах середовища є процвітаючими (Lem, Pozh, Sh, Tr), а вплив випасу, присутність негативних видів-сусідів, надмірна рекреація спричинюють зміну віталітетної структури на рівноважну (Kr, НТ).

У результаті проведення генетичного аналізу популяцій *G. lutea* отримано 84 амплікони, із яких 79 (94,1%) були поліморфними. Загалом природні популяції з хр. Чорногора характеризувалися вищими показниками генетичного поліморфізму (Sh: 0,177±0,023 (He), 0,263±0,032 (S), 48,8% (P); Lem: 0,106±0,019 (He), 0,160±0,028 (S), 33,3% (P); НТ: 0,106±0,019 (He), 0,159±0,028 (S), 32,1% (P)), порівняно з популяціями із хр. Свидовець (Kr: 0,077±0,017 (He), 0,118±0,025, 25% (P); Tr: 0,075±0,017 (He), 0,112±0,025 (S), 22,3% (P)). На основі проведених досліджень можна припустити, що це пов'язано із еколого-географічними умовами їх зростання, популяційними характеристиками, режимом використання та переважаючим типом розмноження. Чорногірські популяції зростають в умовах заповідання, на відміну від свидовецьких, які зазнають значного пасторального навантаження. У популяції з хр. Чорногора генеративне розмноження

переважає над вегетативним, з хр. Свидовець – вегетативне домінує над генеративним, що, очевидно, зумовлює більшу генетичну різноманітність чорногірських популяцій.

Вище вказані показники генетичного поліморфізму були найвищими для популяції з г. Шешул-Павлик – найбільшого локалітету *G. lutea* в Українських Карпатах. За результатами проведених нами досліджень встановлено, що її площа становить ~ 40 га, щільність 5,3 ос./м<sup>2</sup>. Отриманий результат генетичного аналізу популяції з г. Шешул-Павлик підтверджується літературними даними, з яких відомо, що високій генетичній різноманітності сприяють великі розміри та щільність популяції; при цьому значна чисельність особин може запобігти інбридингу і генетичному дрейфу [5]. Найменш поліморфною виявилась агропопуляція з г. Пожижевська (0,051±0,013 (He), 0,083±0,019 (S)). Низький внутрішньопопуляційний поліморфізм цієї популяції, очевидно, зумовлений «ефектом засновника», результатом якого є нижчий рівень генетичного різноманіття у порівнянні з материнською популяцією (у цьому випадку материнською є шешульська популяція).

На основі результатів AMOVA встановлено, що на відмінності між популяціями припадає 68% загальної генетичної мінливості, тоді як внутрішньопопуляційний поліморфізм становить 32%. Це є свідченням генетичної ізоляції популяцій *G. lutea*, яка може бути спричинена еколого-географічними умовами зростання рослин цього високогірного виду. Відомо, що генетична диференціація між популяціями може збільшуватися в результаті ізоляції, спричиненої фрагментацією місць зростання [5].

Отже, нами оцінено стан однієї штучно створеної та п'яти природних популяцій *G. lutea* на основі результатів еколого-популяційних та молекулярно-генетичних досліджень. Встановлено, що популяції є молодими, нормальними повночленними з лівостороннім віковим спектром, більшість з них є процвітаючими з домінуванням генеративного розмноження над вегетативним. Показано взаємозв'язок між рівнем генетичної різноманітності, визначеної за допомогою RGAP-маркерів, режимом використання та типом розмноження. Показники генетичної гетерогенності популяцій з хр. Чорногора були вищими порівняно із свидовецькими. Припускаємо, що це обумовлено значним пасторальним впливом на популяції свидовецького масиву, а також переважанням вегетативного розмноження над генеративним. У цілому, проведене дослідження свідчить про необхідність застосування комплексного підходу до оцінки загрози зникнення конкретного виду, який, крім популяційно-екологічних показників, включав би оцінку генетичного різноманіття з використанням молекулярних маркерів.

1. Генетичне різноманіття популяцій *Gentiana lutea* L. з хребта Свидовець Українських Карпат / М.З. Мосула, І.І. Конвалюк, В.М. Мельник [та ін.] // Вісн. Укр. тов-ва генетиків і селекціонерів. – 2013. – Т. 11, № 2. – С. 250–259.
2. Жукова Л.А. Динамика ценопопуляцій растений (очерки популяционной биологии) / Л.А. Жукова. – М.: Наука, 1988. – С. 102–116.
3. Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений: учебно-методическое пособие / Ю.А. Злобин. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1989. – 147 с.
4. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). – М.: Наука, 1976. – 217 с.  
Zhang X.-L. Genetic structure and differentiation of *Gentiana atunsiensis* W.W. Smith and *G. striolata* T.N. Ho (Gentianaceae) as revealed by ISSR markers / X.-L. Zhang, Y.-M. Yuan, X.-J. Ge // Bot. J. of the Linnean Society. – 2007. – № 154. – P. 225–232.