
BIOGEOCENOLOGY, GEOBOTANY AND PHYTOCENOLOGY



M. Z. Mosula¹✉

O. Yu. Mayorova¹

L. R. Hrytsak¹

V. M. Mel'nyk²

N. M. Drobyk¹

V. A. Kunakh²

Cand. Sci. (Biol.)

Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.

Cand. Sci. (Biol.)

Dr. Sci. (Biol.), Professor

Corresponding member

of NAS Ukraine,

Dr. Sci. (Biol.), Professor

UDK 575.17:
582.923.1+574.3

¹*Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical
University, M. Kryvonis str., 2, 46027, Ternopil, Ukraine*

²*Institute of Molecular Biology and Genetics of National
Academy of Sciences of Ukraine,
Acad. Zabolotnogo str., 150, 03680, Kyiv, Ukraine*

ECOLOGICAL AND GENETIC ANALYSIS OF *GENTIANA LUTEA* L. POPULATIONS FROM UKRAINIAN CARPATIANS

Abstract. Analysis of five natural (Lemska, Gutyn Tomnatyk, Sheshul-Pavlyk, Krachunyeska, Troyaska-Tataruka) and one man-made (Pozhyzhevskya) populations of *G. lutea* of the Ukrainian Carpathians based on the parameters of genetic diversity (polimorphy, heterozygosis, the division of the total genetic variation for intra- and interpopulation) and ecological characteristics (density, age structure, the ability to self-sustaining) as well.

Total (Dt) and effective (De) population density and number of indices: regeneration (RI), substitution (SI), aging (AI), age (Δ) and efficiency (ω) were determined. Vitality analysis of populations was performed by the method of Yu. A. Zlobin, while the type of strategy determined by Y. V. Tsaryk approach. Character of self-sustaining was determined by the ratio between the number of individuals of generative and vegetative origin. Analysis of genetic diversity of populations was performed by labeling inter-satellite sequences (ISSR-PCR) and arbitrary DNA ones (RAPD-PCR). Comprehensive analysis of the population states by their ecological and genetic parameters were performed similarly to the 5-point system of N. M. Beltyukova (2010).

For the first time an integrated ecological and genetic approach to assessing the current state of the six populations of *G. lutea* of Ukrainian Carpathians was used. The research results can be used for stabilizing the number of violations and restoring the endangered natural populations.

It was established that the indices of genetic polymorphism were similar for different investigated populations. It was found significant genetic divergence, which is due to their geographic isolation and differences in growth conditions.

By the results of complex ecological and genetic analysis of *G. lutea* populations were classified into three groups: stable, relatively stable, unstable. The stability of populations (Lemska,

✉ Tel.: +38097-762-40-69. E-mail: majorova@i.ua

DOI: 10.15421/031415

ISSN 1726-1112. *Ecology and noospherology*. 2014. Vol. 25, no. 3–4

5

Sheshul-Pavlyk), to our mind, is defined as their environmental and genetic characteristics and location in the conservation area. All this together provides the ability of populations to survive and adapt to changing environmental conditions.

As relatively stable was classified population from Gutyn Tomnatyk mount, which, despite the small number of individuals showed high levels of genetic polymorphism. This conservation of the genetic diversity by scanty isolated populations indicates the fact that *G. lutea* species so far has genetic resources that are capable of restoring the population in case of creation the favorable conditions.

Troyaska-Tataruka and Krachunyeska populations was classified as unstable, which is obviously due to positioning of these localities in conditions of heavy anthropogenic pressure and the inability of their individuals to compete with tall shrubs in phytocenoses. The division of localities into separate loci may alter the overall genetic structure of the population; deteriorating of growth conditions may lead to disruption of population structures and, as a result, reduce their stability.

Man-made population on Pozhyzhevska by the results of ecological and genetic analysis was stable. The ability of this population to withstand external influences, to compete with other types of groups and explore new territory was determined. Stability of agropopulation from Pozhyzhevska is evidence that artificial plantations of *G. lutea* in the highlands of Ukrainian Carpathians can serve as a way to preserve the gene pool of this species.

Key words: *Gentiana lutea* L., ecological characteristics of populations, parameters of genetic diversity, differentiation of populations, population status, population strategies.

УДК 575.17:
582.923.1+574.3

М. З. Мосула¹

О. Ю. Майорова¹

Л. Р. Грицак¹

В. Н. Мельник²

Н. М. Дробык¹

В. А. Кунах²

канд. биол. наук

канд. биол. наук, доц.

канд. биол. наук

д-р биол. наук, проф.

чл.-кор. НАН Украины,

д-р биол. наук, проф.

¹Тернопольский национальный педагогический университет им. В. Гнатюка,
ул. М. Кривоноса, 2, 46027, Тернополь, Украина,

²Институт молекулярной биологии и генетики НАН Украины,
ул. Академика Заболотного, 150, 03680, Киев, Украина,
тел.: +38097-762-40-69, e-mail: majorova@i.ua

ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОПУЛЯЦИЙ *GENTIANA LUTEA* L. В УКРАИНСКИХ КАРПАТАХ

Проведена комплексная оценка состояния шести популяций редкого эндемического вида *Gentiana lutea* L. Украинских Карпат. Исследованы параметры генетического разнообразия и экологические характеристики популяций. Установлено, что для разных исследованных популяций показатели генетического полиморфизма были похожими. Выявлена достоверная отрицательная высокая корреляция между индексом возрастности популяций и показателями ожидаемой гетерозиготности, а также индексом Шеннона (в обоих случаях $r_s = -0,9$, $p = 0,05$). Существенное преимущество межпопуляционных различий над внутривидовыми в составе общего генетического разнообразия по данным AMOVA свидетельствует о значительной изоляции и дифференциации исследованных популяций. По результатам эколого-генетического анализа популяции *G. lutea* отнесены к трем группам: стабильные (полонина Лемская, горы Шешул-Павлик, г. Пожижевская), относительно стабильные (г. Гутин Томнатик), нестабильные (пол. Крачунеска, г. Трояска-Татарука). Стабильность агропопуляции на г. Пожижевская свидетельствует о том, что искусственные насаждения *G. lutea* в высокогорье Украинских Карпат могут быть одним из способов сохранения популяций этого вида.

Ключевые слова: *Gentiana lutea* L., экологические характеристики популяций, параметры генетического разнообразия, дифференциация популяций, состояние популяций, стратегия популяций.

УДК 575.17:
582.923.1+574.3

М. З. Мосула¹
О. Ю. Майорова¹
Л. Р. Грицак¹
В. М. Мельник²
Н. М. Дробик¹
В. А. Кунах²

канд. біол. наук
канд. біол. наук, доц.
канд. біол. наук
д-р біол. наук, проф.
чл.-кор. НАН України,
д-р біол. наук, проф.

¹ Тернопільський національний педагогічний університет ім. В. Гнатюка,
вул. М. Кривоноса, 2, 46027, м. Тернопіль, Україна,

² Інститут молекулярної біології і генетики НАН України,
вул. Академіка Заболотного, 150, 03680, м. Київ, Україна,
тел.: +38097-762-40-69, e-mail: majorova@i.ua

ЕКОЛОГО-ГЕНЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПОПУЛЯЦІЙ *GENTIANA LUTEA* L. В УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТАХ

Проведено комплексну оцінку стану шести популяцій рідкісного ендемічного виду *Gentiana lutea* L. з Українських Карпат. Досліджено параметри генетичного різноманіття та екологічні характеристики популяцій. Встановлено, що для різних досліджених популяцій показники генетичного поліморфізму були подібними. Виявлено достовірну негативну високу кореляцію між індексом віковості популяцій і показниками очікуваної гетерозиготності, а також індексом Шеннона (в обох випадках $r_s = -0,9$, $p = 0,05$). Суттєва перевага міжпопуляційних відмінностей над внутрішньопопуляційними у складі загального генетичного різноманіття за даними AMOVA свідчить про значну ізоляцію і диференціацію досліджених популяцій. За результатами еколого-генетичного аналізу популяції *G. lutea* були віднесені до трьох груп: стабільні (полонина Лемська, гори Шешул-Павлик, пол. Пожижевська), відносно стабільні (г. Гутин Томнатик), нестабільні (пол. Крачунеска, г. Трояска-Татарука). Стабільність агропопуляції з г. Пожижевська є свідченням того, що штучні насадження *G. lutea* у високогір'ї Українських Карпат можуть бути одним із способів збереження популяцій цього виду.

Ключові слова: *Gentiana lutea* L., екологічні характеристики популяцій, параметри генетичного різноманіття, диференціація популяцій, стан популяцій, стратегія популяцій.

ВСТУП

У зв'язку із зростаючим впливом людини на природу актуальною проблемою сьогодення є збереження біорізноманіття (Global Strategy..., 2002). Для розробки ефективних заходів охорони рідкісних видів доцільним є проведення їхніх досліджень на популяційному рівні.

У сучасних популяційних дослідженнях рослин недостатньо уваги приділяється генетичній складовій, зокрема генетичному поліморфізму всередині рослинних угруповань та між ними. Поряд із цим, наявні літературні відомості свідчать, що основою для «стратегії популяцій» (сукупність пристосувань, рис і властивостей, що проявляються в процесі реалізації генотипів організмів у мінливих умовах середовища й забезпечують популяції тривале існування, можливість захоплювати вільні екологічні ніші, переживати стреси та відновлювати свою структуру і функції) є геном. Певна частина видів, геноми яких, очевидно, не є достатньо пластичними, просто зникає, а інші здатні тією чи іншою мірою змінюватися у процесі адаптації (Global Strategy..., 2002).

Адаптація рослинного організму до умов довкілля може відбуватися за рахунок зміни фізіологічних функцій за умови, що стресові чинники не перевищують норми реакції. Це забезпечується біохімічними змінами, які регулюють активність метаболізму. У випадку ж, коли регуляторні системи рослини вже не здатні компенсувати дію зовнішніх стресових факторів, до дії мають вступати механізми генетичної мінливості, які є основою для появи нових ознак. Ці механізми діють на

рівні окремого організму і проявляються на рівні популяції у вигляді зростання її генетичної гетерогенності.

Виходячи з усього вище сказаного, важливою є комплексна оцінка стану популяцій з урахуванням екологічних характеристик і параметрів генетичного різноманіття, що дозволяє прогнозувати перспективи існування і розвитку популяцій за умови дії на них певного поєднання факторів.

Одним із рідкісних таксонів є реліктовий лікарський вид *Gentiana lutea* L, який в Україні росте лише у високогір'ї Карпат (Red data Book..., 2009). В Українських Карпатах рослини *G. lutea* ростуть на схилах південно-східної та південно-західної експозицій у межах висот 1300–1950 м н.р.м., входять до складу субальпійських та альпійських лук. Незважаючи на охорону в Карпатському національному природному парку та Карпатському біосферному заповіднику, майже на усі досліджені популяції здійснюється негативний антропогенний вплив. Пасторальний пресинг, рекреаційна діяльність, нерегламентоване викопування кореневищ *G. lutea* для потреб офіційної та народної медицини призвели до порушення структури популяцій та скорочення місцезростань виду.

Метою роботи була оцінка сучасного стану популяцій *G. lutea* з урахуванням параметрів як генетичного різноманіття, так і екологічних характеристик, а також прогнозування розвитку цих популяцій.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Еколого-популяційні та молекулярно-генетичні дослідження проводили на 5 природних популяціях *G. lutea* (полонина (п.) Лемська – Lem, гора (г.) Гутин Томнатик – НТ, гори (г.) Шешул-Павлик – Sh (хребет (хр.) Черногора); п. Крачунеска – Кр, г. Трояска-Татарука – Тр (хр. Свидовець) та агропопуляції з г. Пожижевська – Pozh (хр. Черногора). Остання штучно створена у 70-х рр. XX ст., матеріал для інтродукції якої взятий з шешульської популяції (*Gentiana lutea* L. in..., 2010).

Серед природних факторів абіотичного середовища враховували висоту над рівнем моря, висотну поясність, рельєф, експозицію і крутизну схилу. З біотичних вивчали вплив фітоценотичного оточення, з антропогенних – випас овець та ВРХ, збір лікарської сировини, витоптування. Висоту над рівнем моря, експозицію, координати місцезнаходження визначали за допомогою GPS-навігатора Garmin Oregon 450.

Щільність (Dt), вікову та просторову структуру популяцій досліджували на двадцяти пробних ділянках розміром 1×1 м, які закладали методом випадкових чисел (Uranov, 1975; The Coenopopulations of Plants..., 1976). Для комплексної оцінки вікового стану популяцій використовували ряд індексів: відновлення (IB), заміщення (IZ), старіння (IC), віковості (Δ) та ефективності (ω) (Uranov, 1975; Coenopopulations of Plants..., 1988; Zhivotovsky, 2001; Kovalenko, 2005). Також визначали ефективну щільність (De) популяцій за формулою, запропонованою Л. А. Животовським (2001). Віталітетний аналіз популяцій проводили за методикою Ю. А. Злобіна (1989). Характер самопідтримання визначали за співвідношенням між кількістю особин генеративного та вегетативного походження (g/v). Визначення типу стратегії популяцій проводили на основі еколого-генетичного підходу, запропонованого Й. Цариком із співавторами (Strategy of plants..., 2001).

Для генетичного аналізу з кожної наведеної вище популяції було відібрано по 15 зразків листової пластинки окремих рослин, окрім популяції на г. Гутин Томнатик, з якої, у зв'язку з малою чисельністю, відібрано 11 зразків.

Виділення ДНК, умови проведення полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР), нуклеотидні послідовності праймерів і гель-електрофорез продуктів ампліфікації наведені у роботах (RAPD- and ISSR-analysis..., 2011; RAPD-analysis ..., 2009). 10 RAPD- та 9 ISSR-праймерів забезпечували синтез чітких відтворюваних ампліконів.

При аналізі електрофореграм спектри ПЛР-продуктів представляли у вигляді бінарних матриць, на основі яких розраховували частку поліморфних ампліконів (P), очікувану гетерозиготність (He), індекс Шеннона (S). Розподіл загальної генетичної мінливості на міжпопуляційну та внутрішньопопуляційну визначали методом аналізу молекулярної дисперсії (AMOVA) з використанням програми GenAlEx 6.5 (Peakall, 2006). Кореляції між показниками генетичного різноманіття (He, S) та індексом віковості визначали за допомогою коефіцієнту кореляції Спірмана (r_s) (Sokal, 1995).

Для комплексного аналізу популяцій *G. lutea*, аналогічно до використаної Н. М. Бельтюковою (2010) 5-бальної системи оцінки стану популяцій, ми розробили шкалу за 12 критеріями. Окрім 11 критеріїв, наведених у таблиці, також враховували ступінь антропогенного впливу (ан. в.), що здійснюється на популяції: незначний (5 балів), слабкий (4 бали), середній (3 бали), помірний (2 бали), сильний (1 бал). Ступінь ан. в. визначали візуально за часткою пошкоджених особин (зірваних генеративних пагонів і об'їдених або потоптаних худобою рослин). Популяції з кількістю балів 46–60 оцінювали як стабільні, 29–45 – відносно стабільні, 12–28 – нестабільні.

Шкала оцінки стану популяцій *G. lutea*

Критерій*	Бали				
	1	2	3	4	5
Dt, ос./м ²	<1,3	1,4–2,6	2,7–4,0	4,1–5,4	>5,5
De, ос./м ²	<0,6	0,7–1,3	1,4–2,0	2,1–2,7	>2,8
ІВ, %	<58	59–116	117–175	176–234	>235
ІЗ, %	<56	57–112	113–169	170–225	>226
ІС, %	>15,5	15,4–11,6	11,5–7,7	7,6–3,9	<3,8
Δ	>0,309	0,308–0,279	0,278–0,248	0,247–0,219	<0,218
ω	>0,541	0,540–0,510	0,509–0,479	0,478–0,449	<0,448
g/v	<0,42	0,43–0,85	0,86–1,28	1,29–1,71	<1,72
P, %	<30,5	30,6–32,0	32,1–33,7	33,8–35,4	>35,5
He	<0,092	0,093–0,099	0,100–0,107	0,108–0,115	>0,116
S	<0,141	0,142–0,152	0,153–0,164	0,165–0,176	<0,177

Примітки: загальна щільність (Dt), ефективна щільність (De), індекси: відновлення (ІВ), заміщення (ІЗ), старіння (ІС), віковості (Δ) та ефективності (ω), співвідношення між кількістю особин генеративного та вегетативного походження (g/v), частка поліморфних ампліконів (P), очікувана гетерозиготність (He), індекс Шеннона (S).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У результаті еколого-популяційних досліджень встановлено, що загальна щільність досліджених популяцій *G. lutea* коливалася в межах 0,2–6,5 ос./м², ефективна щільність – 0,1–3,2 ос./м². За віковою структурою популяції є нормальними повночленними з лівостороннім віковим спектром. Пік чисельності припадав на молоді генеративні (Lem, Sh, Kt, Tr) або віргінільні особини (Lem, NT), за винятком агропопуляції на г. Пожижевська, де максимум у віковому спектрі склали рослини іматурного стану. За індексом відновлення більшість популяцій віднесені до молодих (130–350 %), окрім локалітетів з хр. Свидовець (Kt, Tr), в яких цей показник був нижчим (61 %, 79 % відповідно). Індекс заміщення для природних популяцій коливався в межах 57–147 %, а для Rozh становив 339 %. Індекс старіння для Rozh був найнижчим (3,6 %), тоді як для інших локалітетів коливався в межах 9,5–22,4 %. За класифікацією «дельта-омега» усі популяції *G. lutea* віднесені до молодих. Однак популяція на г. Трояска-Татарука за показниками наближена до перехідної, а на п. Крачунеска – до зрілої. Ці дані підтверджують результати визначення ІВ та ІЗ.

Показники генетичного поліморфізму для різних досліджених популяцій виявилися подібними. Частка поліморфних ампліконів для природних популяцій

варіювала від 29,7 до 37,4 %, очікувана гетерозиготність – від 0,088 до 0,125, індекс Шеннона – від 0,136 до 0,189. Для інтродукованої популяції на г. Пожижевська (хр. Черногора) показники генетичного поліморфізму були не високими ($P = 31,7\%$, $H_e = 0,102 \pm 0,008$, $S = 0,154 \pm 0,012$). Природні популяції з хр. Черногора характеризувалися дещо вищими показниками генетичної різноманітності ($P = 35,5\%$, $H_e = 0,118 \pm 0,006$, $S = 0,178 \pm 0,008$), а з хр. Свидовець – нижчими ($P = 30,7\%$, $H_e = 0,092 \pm 0,006$, $S = 0,141 \pm 0,008$). Аналіз молекулярної варіанси (AMOVA) показав, що на відмінності між популяціями припадало 64 % загальної генетичної мінливості, тоді як внутрішньопопуляційний поліморфізм становив 36 %. Це, очевидно, пов'язано із значною ізоляцією популяцій *G. lutea*, яка спричинена значними географічними відстанями та фізичними бар'єрами (гірськими хребтами).

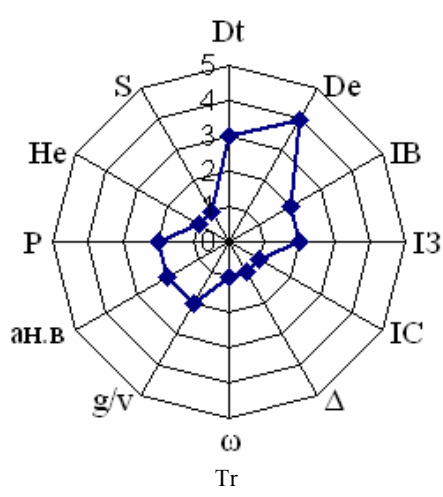
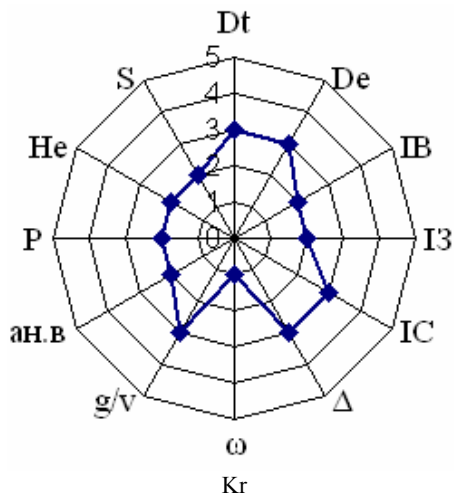
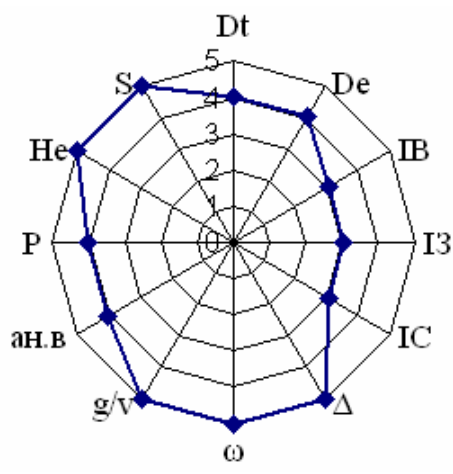
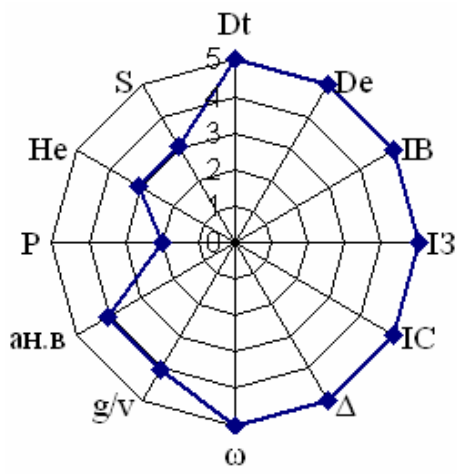
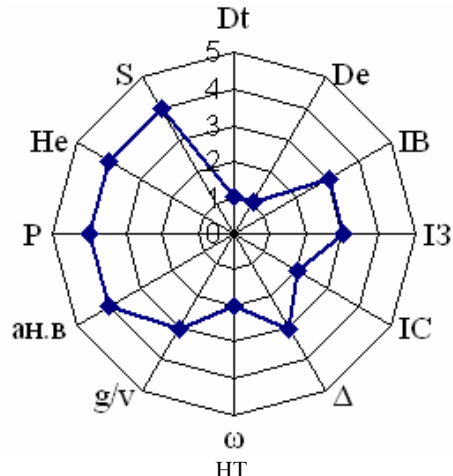
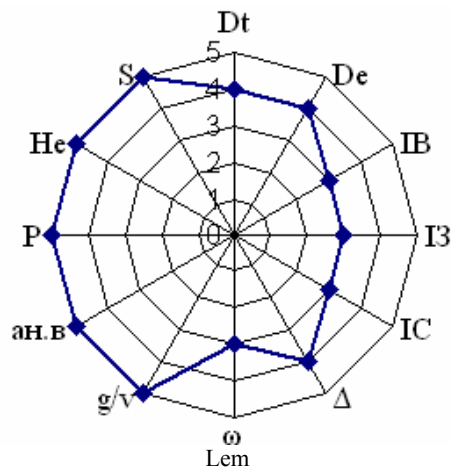
Виявлено достовірну негативну високу кореляцію між індексом віковості популяцій і показниками очікуваної гетерозиготності, а також індексом Шеннона (в обох випадках $r_s = -0,9$, $p = 0,05$). Тобто, із зростанням індексу віковості, який свідчить про старіння популяцій, показники генетичної різноманітності зменшуються, що й підтверджується коефіцієнтом кореляції Спірмена.

Після оцінки стану популяцій *G. lutea* за розробленою шкалою (таблиця) встановлено, що сума набраних балів у популяціях *G. lutea* коливалася в межах від 22 до 51. До стабільних популяцій було віднесено Pozh (51), Sh (50), Lem (49); до відносно стабільних – HT (34); нестабільних – Kt (28), Tr (22) (рисунк).

За результатами комплексної оцінки популяції *G. lutea* з хр. Свидовець були віднесені до нестабільних. Очевидно, це зумовлено, у першу чергу, розташуванням цих локалітетів в умовах інтенсивного антропогенного пресингу та неспроможністю їх особин витримувати конкуренцію з високими чагарниками (*Duschekia viridis* (Chaix) Opiz, *Juniperus sibirica* Burgsd.) у фітоценозі. Наслідком цього є фрагментація локалітетів на окремі локуси. Така зміна просторової структури супроводжується зменшенням інтенсивності обміну генетичною інформацією між окремими локалітетами, що може спричинювати інбредну депресію, яка знижує рівень гетерозиготності, змінює загальну генетичну конструкцію популяції та зменшує її стабільність (Strategy of plants..., 2001; Population structure..., 1998). Поряд із цим, у популяціях на гг. Трояска-Татарука та п. Крачунеска спостерігається порушення вікової структури (за індексом відновлення вони є старіючими); зниження життєздатності особин; переважання вегетативного розмноження над генеративним; для них характерна стрес-толерантна стратегія. Очевидно, інтенсифікація вегетативного розмноження у свидовецьких популяціях спричинює зниження рівня генетичного поліморфізму. Це підтверджується літературними даними, за якими повний або частковий перехід до вегетативного розмноження призводить до збіднення генофонду популяцій (The extent of clonality..., 1999; Kery, 2000).

За розробленою нами класифікацією природні популяції з Чорногірського масиву – Lem і Sh, віднесені до стабільних. Це, на наш погляд, визначається як їхніми екологічними характеристиками, так і розташуванням у зоні заповідання. Для них характерні великі площі; високі показники щільності, індексу відновлення та заміщення; самопідтримання здебільшого за рахунок генеративного розмноження; переважання у віковому спектрі молодих генеративних та прегенеративних особин; процвітаюча віталітетна структура; високі показники генетичного поліморфізму. За типом стратегії популяція з п. Лемська є конкурентною, з гг. Шешул-Павлик – конкурентно-рудеральною. Це свідчить про здатність цих популяцій виживати та адаптуватися до змінних умов середовища існування.

До відносно стабільних віднесено популяцію з г. Гутин Томнатик. Нами виявлено невідповідність результатів вивчення екологічних параметрів цієї популяції з генетичними. Зокрема, згідно проведеного аналізу значення екологічних критеріїв були низькими, тоді як молекулярно-генетичні дослідження свідчать про значне генетичне різноманіття всередині популяції. Гутин-томнатиська популяція



Графіки, побудовані на основі екологічних і генетичних критеріїв за шкалою оцінки стану популяцій *G. lutea*, ілюструють стабільний (Pozh, Sh, Lem), відносно стабільний (HT) та нестабільний (Kr, Tr) стани популяцій

розташована неподалік (близько 2–3 км) від лемської і відмежована від неї лише невисоким відрогом гори, що, очевидно, не перешкоджає вільному обміну генетичною інформацією між цими популяціями (перенесення вітром або тваринами насіння, пилку комахами). Тому, незважаючи на малу чисельність особин, для гутинтомнатиської популяції характерні високі показники генетичного поліморфізму. Таке збереження генетичного різноманіття малочисельними ізольованими популяціями свідчить про те, що вид *G. lutea* поки що має генетичні ресурси, здатні забезпечити відновлення популяції у разі створення сприятливих умов.

Штучно створена популяція на г. Пожижевська за результатами еколого-генетичного аналізу є стабільною. Встановлено здатність цієї популяції протистояти зовнішнім впливам, витримувати конкуренцію з іншими видами в угрупованні та освоювати нову територію. Популяція є процвітаючою, нормальною повночленною з лівостороннім віковим спектром, з високими індексом відновлення та щільністю, переважанням генеративного розмноження над вегетативним та характеризується конкурентно-рудеральною стратегією. Поряд із цим, вона характеризувалася невисокими показниками генетичного поліморфізму (P, He, S), що, очевидно, можна пояснити її невеликим віком (~ 40 років), тривалим онтогенезом особин виду (50–100 років) та довгим прегенеративним періодом (12–15 років). Низький внутрішньопопуляційний поліморфізм рослин з г. Пожижевська, очевидно, обумовлений «ефектом засновника», результатом якого є нижчий рівень генетичної різноманітності в порівнянні з батьківською популяцією. Результати еколого-генетичних досліджень стану агропопуляції на г. Пожижевська свідчать про перспективність використання штучних насаджень у високогір'ї з метою збільшення кількості місцезростань цього виду.

ВИСНОВКИ

Оцінено стан п'яти природних та однієї штучно створеної популяцій *G. lutea* з урахуванням параметрів генетичного різноманіття, а також екологічних характеристик. Встановлено значну генетичну дивергенцію популяцій, що зумовлено їхньою географічною ізоляцією та відмінностями умов зростання. За результатами комплексного аналізу популяції *G. lutea* були віднесені до трьох груп: стабільні (п. Лемська, г. Шешул-Павлик, г. Пожижевська), відносно стабільні (г. Гутин Томнатик), нестабільні (п. Крачунеска, г. Трояска-Татарука). Порушення стабільності популяцій спричинене впливом біотичних (затінення високими чагарниками, щільне задерніння ґрунту злаками) та антропогенних (пасторальне навантаження, неконтрольоване викопування кореневищ для потреб народної медицини) факторів. Результати еколого-генетичного аналізу агропопуляції з г. Пожижевська свідчать, що штучні насадження *G. lutea* у високогір'ї Українських Карпат можуть слугувати одним зі способів збереження генофонду цього виду.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Bedej, M. I., Krys, O. P., Voloshchuk, M. I., Makhnats, I. A., 2010.** *Gentiana lutea* L. in the Ukrainian Carpathians [Тырлич зховты (*Gentiana lutea* L.) v Ukrainskykh Karpatakh]. Uzhgorod (in Ukrainian).
- Beltukova, N. N., 2010.** Assessment of coenopopulations of some plants' rare species from Perm region using molecular genetic techniques: abs. on competition of PhD degree (biol. sciences) : special. 03.00.15 "Genetics" [Otsenka sostoiannya tsenopopuliatsyi nekotorykh redkykh vydiv rastenyi permskoho kraia s yspolzovanyem molekuliarno-henetycheskykh metodov: avtoref. dys. na soyskanye uch. stepeny kand. byol. nauk : spets. 03.00.15 «Henetyka»]. Perm (in Russian).
- Bushakra, J. M., Hodges, S. A., Cooper, J. B., Kaska, D. D., 1999.** The extent of clonality and genetic diversity in the Santa Cruz Island ironwood, *Lyonothamnus floribundus*. *Molecular Ecology*. 8 (3), 471–475.
- Global Strategy for Plant Conservation [Global'naja strategija sohraneniya rastenij], 2002. K'ju (in Russian).
- Kery, M., Matthies, D., Spillmann, H.-H., 2000.** Reduced fecundity and offspring

performance in small populations of the declining grassland plants *Primula veris* and *Gentiana lutea*. J. of Ecology. 88, 17–30.

Konvalyuk, I. I., Mel'nyk, V. M., Drobyk, N. M., Kravets, N. B., Twardovska, M. O., Kunakh, V. A., 2011. RAPD- and ISSR-analysis of genetic variation in *Gentiana pneumonanthe* L. tissue and organ culture [RAPD- i ISSR-analiz henetychnoi minlyvosti u kulturi tkanyu ta orhaniv tyrylychu zvychainoho (*Gentiana pneumonanthe* L.)]. Visn. Ukr. Tov. Genet. Sel. 9 (1), 22–31 (in Ukrainian).

Kovalenko, I. M., 2005. The structure of population, which dominant in the ground layer of woody phytocoenosis at national natural park Desnyansko-Starogutsky. I. Ontogenet structure [Struktura populiatsii dominantiv trav'iano-chaharnykovoho yarusu v lisovykh fitotsenozakh Desniansko-Starohutskoho natsionalnoho pryrodnoho parku. I. Ontohenetychna struktura]. Ukr. Botan. Journ. 62 (5), 707–714 (in Ukrainian).

Peakall, R., Smouse, P. E., 2006. GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. Mol. Ecol. Notes. 6, 288–295.

Population structure of rare species in the Carpathians flora [Struktura populiatsii ridkisnykh vydiv flory Karpat], 1998. Naukova dumka, Kiev (in Ukrainian).

Red data Book of Ukraine. Vegetable kingdom [Chervona knyha Ukrainy. Roslynni svit], 2009. Globalconsulting, Kiev (in Ukrainian).

Sokal, R. R., Rohlf, F. J., 1995. Biometry, 3rd edn. W.H. Freeman and company, New York.

Strategy of plants populations in natural and anthropogenic change ecosystems of the Carpatians [Stratehiia populiatsii roslyn u

pryrodneykh i antropohenozminenykh ekosystemakh Karpat], 2001. Eurosvit, Lviv (in Ukrainian).

The Coenopopulations of Plants. Basic Definitions and Structure [Cenopopuljacji rastenij (osnovnye ponjatija i struktura)], 1976. Nauka, Moscow (in Russian).

Twardovska, M. O., Strashniuk, N. M., Mel'nyk, V. M., Konvalyuk, I. I., Kunakh, V. A., 2009. RAPD-analysis of the genome polymorphism for some *Gentiana* L. species from Ukrainian flora [RAPD-analiz henomnoho polimorfizmu deyakykh vydiv rodu *Gentiana* L. flory Ukrayiny]. Repts. Nat. Acad. Sci. Ukr. 5, 200–204 (in Ukrainian).

Uranov, A. A., 1975. Age spectrum of the phytocoenopopulations as a function of time and energetic wave processes [Vozrastnoj spektr fitocenopopuljacij kak funkciya vremeni i jenergeticheskikh volnovykh processov]. Nauchnye Doklady Vyshey Shkoly. Biological Sciences. 2, 7–33 (in Russian).

Zaugolnova, L. B., Zhukova, L. A., Komarov, A. S., Smirnova, O. B., 1988. The Coenopopulations of Plants. Essays of Population Biology [Cenopopuljacji rastenij (ocherki populjacionnoj biologii)]. Nauka, Moscow (in Russian).

Zhivotovsky, L. A., 2001. Ontogenetic States, Effective Density, and Classification of Plant Populations [Ontogeneticheskie sostojanija, jeffektivnaja plotnost' i klassifikacija populjacij rastenij]. Russ. J. Ecol. 1, 3–7 (in Russian).

Zlobin, A., 1989. Principles and methods for the study of the coenotical plant populations [Principy i metody izuchenija cenoticheskikh populjacij rastenij: uchebno-metodicheskoe posobie]. Published Kazan University, Kazan (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 20.05.2014

Рекомендує до друку: д-р біол. наук, проф. Н. А. Білова