

## SPECIES RELATIONSHIP AND POPULATION DIFFERENTIATION IN *ERODIUM* (GERANIACEAE) SPECIES USING SCoT MOLECULAR MARKERS

S. MEHRI, I. KOLBADI, H. SHIRAFKAN-AJIRLOU

Department of Agronomy and Plant Breeding, ParsAbad Moghan Branch, Islamic Azad University, ParsAbad Moghan, Iran

E-mail: sh.mehri2000@gmail.com; hassan.shirafkan90@gmail.com, koodaras91@gmail.com; iman\_kolbadi@yahoo.com

*Species identification is fundamentally important within the fields of biology, biogeography, ecology and conservation. Erodium Aiton (Geraniaceae) with 75 species is distributed in all continents except Antarctic. Its main diversification center is Mediterranean region with 62 species. There are 15 annual and perennial Erodium species in Iran. In spite vast distribution of many Erodium species that grow in Iran, there are no available reports on their genetic diversity, mode of divergence and patterns of dispersal. Therefore, we performed molecular (SCoT markers) and morphological studies of 154 accessions from 10 species of Erodium that were collected from different habitats in Iran. AMOVA test provide important genetic variation among the examined populations and showed that, 65% of the overall genetic difference was due to within population diversity, while 35 % is because genetic population variability. The aims of present study are: 1) can SCoT markers identify Erodium species, 2) what is the genetic structure of these taxa in Iran, and 3) to investigate the species inter-relationship? The present study revealed that combination of morphological and SCoT markers can identify the species.*

**Key words:** Iran, morphology, species identification, structure.

### ВІДНОСИНИ МІЖ ВИДАМИ ТА ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ПОПУЛЯЦІЇ ВИДІВ *ERODIUM* (GERANIACEAE) ЗА ДОПОМОГОЮ МОЛЕКУЛЯРНИХ МАРКЕРІВ ЦІЛЬОВИХ СТАРТОВИХ КОДОНІВ (SCoT)

Ідентифікація видів є надзвичайно важливою для таких сфер, як біологія, біогеографія, екологія і захист навколишнього середовища. 75 видів *Erodium Aiton* (Geraniaceae) розповсюджені на всіх континентах, окрім Антарктики. Основним центром диверсифікації рослин є Середземноморський регіон, у якому виявлено 62 види. В Ірані було виявлено 15 однорічних і багаторічних видів *Erodium*. Незважаючи на широке розповсюдження багатьох видів

*Erodium* в Ірані, наразі немає повідомлень про їхнє генетичне різноманіття, режим дивергенції і схеми розсіювання. Отже, нами було проведено молекулярні (маркери SCoT) і морфологічні дослідження 154 зразків, отриманих від 10 видів *Erodium*, зібраних з різних регіонів Ірану. Тест AMOVA визначив важливу генетичну мінливість серед досліджених популяцій і продемонстрував, що 65 % загальної генетичної відмінності було спричинено внутрішньопопуляційним різноманіттям, а 35 % – генетичною мінливістю популяції. Наше дослідження намагалось дати відповіді на наступні питання: 1) чи можна ідентифікувати види *Erodium* за допомогою маркерів SCoT, 2) яка генетична структура цих таксонів в Ірані, та 3) як можна дослідити взаємовідносини між видами? Результати дослідження показали можливість ідентифікації видів рослин за допомогою поєднання морфологічних маркерів і маркерів SCoT.

**Ключові слова:** Іран, морфологія, ідентифікація видів, структура.

### REFERENCES

- Alarcyn M, Vargas P, Sáez L, Molero J, Aldasoro JJ. (2012) Genetic diversity of mountain plants: Two migration episodes of Mediterranean *Erodium* (Geraniaceae) *Mol Phylogen Evol* 63(1):866–876. <https://doi.org/10.3372/wi.45.45301>
- Aldasoro JJ, Aedo C, Navarro C. (2000) Insect attracting structures on *Erodium* petals (Geraniaceae). *Plant Biology* 2(2):471–481. <https://doi.org/10.3372/wi.45.5301>
- Baker HG. (1955) Self-compatibility and establishment after «long-distance» dispersal. *Evolution* 9(2):347–349
- Esfandani-Bozchaloyi S, Sheidai M, Keshavarzi M, Noormohammadi Z. (2017) Analysis of genetic diversity in *Geranium robertianum* by ISSR markers. *Phytologia Balcanica* 23(2):157–166
- Esfandani-Bozchaloyi S, Keshavarzi M, Noormohammadi M. (2018) Species Relationship and Population Structure Analysis in *Geranium* Subg. *Robertium* (Picard) Rouy with The Use of ISSR Molecular Markers. *Act Bot Hung* 60(1–2):47–65
- Esfandani-Bozchaloyi S, Sheidai M. (2018) Molecular diversity and genetic relationships among *Geranium pusillum* and *G. pyrenaicum* with inter simple sequence repeat (ISSR) regions, *Caryologia* 71(1):1–14. <https://doi.org/10.1080/00087114.2018.1503500>
- Hammer O, Harper DA, Ryan PD. (2012) PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Electron* 34(3):9
- Jost L. (2008) GST and its relatives do not measure differentiation. *Molecular Ecology* 17:4015–4026

- Fiz O, Vargas P, Alarcon ML, Aldasoro JJ. (2006) Phylogenetic Relationships and Evolution in *Erodium* (*Geraniaceae*) based on trnL-trnF Sequences. *Syst Botany* 31:739–763. doi: 10.1086/675977
- Frichot E, Schoville SD, Bouchard G, Francois O. (2013) Testing for associations between loci and environmental gradients using latent factor mixed models. *Molecular Biology and Evolution* 30:1687–1699
- Peakall R, Smouse PE. (2006) GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. *Molecular Ecology Notes* 6:288–295
- Meirmans PG. (2012) AMOVA-based clustering of population genetic data. *J Heredity* 103:744–750. doi: 10.1086/675977
- Schunbeck-Temesy E. (1970) Geraniaceae. In Rechinger, K.H. ed., *Flora Iranica* 69:30–58, Akademische Druck, Graz, Austria. doi: 10.1086/675977
- Richardson JE, Weitz FM, Fay F, Cronk QCB, Linder HP, Reeves G, Chase MW. (2000) Rapid and recent origin of species richness in the Cape flora of South Africa. *Nature* 412:181–183. doi: 10.1086/675977
- Podani J. (2000) Introduction to the Exploration of Multivariate Data English translation. Backhuyes publisher, Leide 2:23–34. doi: 10.1086/675977
- Pritchard JK, Stephens M, Donnelly P. (2000) Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155:945–959. doi: 10.1086/675977
- Stebbins GL. (1957) Self-fertilization and population variability in the higher plants. *American Naturalist*, 91:337–354. doi: 10.1080/10635150701748506
- Zohary M. (1972) *Flora Palaestina*. Platanaceae to Umbelliferae. The Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem, Israel 4:1–656. doi: 10.1080/10635150701748506
- Bakker FT, Culham A, Pankhurst CE, Gibby M. (2000) Mitochondrial and chloroplast DNA-based phylogeny of *Pelargonium* (*Geraniaceae*). *Amer J Bot* 87: 727–734
- Evanno G, Regnaut S, Goudet J. (2005) Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. *Mol Ecol* 14: 2611–2620. <https://doi.org/10.3372/wi.45.45301>
- Esfandani-Bozchaloyi S, Sheidai M, Keshavarzi M, Noormohammadi Z. (2017) Genetic Diversity and Morphological Variability in *Geranium Purpureum* Vill. (*Geraniaceae*) of Iran. *Genetika* 49:543–557. <https://doi.org/10.2298/GENSR1702543B>
- Esfandani-Bozchaloyi S, Sheidai M, Keshavarzi M, Noormohammadi Z. (2017) Species Delimitation in *Geranium* Sect. *Batrachioidea*: Morphological and Molecular. *Acta Botanica Hungarica* 59(3–4):319–334. doi: 10.1556/034.59.2017.3-4.3
- Esfandani-Bozchaloyi S, Sheidai M, Keshavarzi M, Noormohammadi Z. (2017) Genetic and morphological diversity in *Geranium dissectum* (Sec. Dissecta, *Geraniaceae*) populations. *Biologia* 72(10):1121–1130. doi: 10.1515/biolog-2017-0124
- Esfandani-Bozchaloyi S, Keshavarzi M, Noormohammadi M. (2018) Species Identification and Population Structure Analysis in *Geranium* Subg. *Geranium* (*Geraniaceae*). *Hacquetia* 17(2):235–246. doi: 10.1515/hacq-2018-0007
- Esfandani-Bozchaloyi S, Keshavarzi M, Noormohammadi M. (2018) Morphometric and ISSR-analysis of local populations of *Geranium molle* L. from the southern coast of the Caspian Sea. *Cytol Genet* 52: 309–321.
- Hedrick PW. (2005) A standardized genetic differentiation measure. *Evolution* 59:1633–1638
- Knowles LL, Carstens B. (2007) Delimiting species without monophyletic gene trees. *Systematic Biology* 56:887–895. doi: 10.1080/10635150701701091
- Knuth R. (1912) *Geraniaceae*. pp. 1–640 in *Das Pflanzenreich* IV. 129 (Heft 53), ed. A. Engler. Leipzig: Verlag.
- Lis-Balchina MT, Hartb SL. (1994) A pharmacological appraisal of the folk medicinal usage of *Pelargonium grossularioides* and *Erodium cicutarium*. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants* 2(3):41–48. <https://doi.org/10.3372/wi.45.45301>
- Medrano M, lo' Pez-Perea E, Herrera CM. (2014) Population genetics methods applied to a species delimitation problem: Endemic trumpet daffodils (*Narcissus* section *Pseudonarcissi*) from the Southern Iberian Peninsula. *International J Plant Sci* 175:501–517. doi: 10.1086/675977
- Mayr E. (1982) *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1–992. <https://doi.org/10.2298/GENSR1702543B>
- Meirmans PG, Van Tienderen PH. (2004) GENOTYPE and GENODIVE: two programs for the analysis of genetic diversity of asexual organisms. *Molecular Ecology Notes* 4:792–794

Received February 07, 2020  
 Received June 01, 2020  
 Accepted July 18, 2021