

A kakasmandikó (*Erythronium dens-canis* L.) demográfiai kutatásának módszertani megalapozása

PACSAI Bálint¹, FÜLÖP Bence², BÓDIS Judit³

MATE Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet, Természetvédelmi Biológiai
Tanszék, 8360 Keszthely, Festetics u. 7.; ¹pacsai.balint@uni-mate.hu;
²9112bence@gmail.com; ³bodis.judit.64@gmail.com

Elfogadva: 2022. május 4.

Kulcsszavak: fenológia, Liliaceae, módszertan, ökológia, populáció-dinamika, reprodukív siker.

Összefoglalás: A hazánkban ritka és védett kakasmandikó (*Erythronium dens-canis* L.) életmenetéről, valamint populációinak demográfiai és dinamikai sajátosságairól kevés irodalmi adattal rendelkezünk. A faj előfordulási területének jelentős részén törvényi oltalmat élvez, illetve veszélyeztetett fajként van nyilvántartva, ezért különösen fontos az adathiányos állapot megszüntetése. Kutatásunk célja a faj populációbiológiájának jobb megismerését célzó demográfiai vizsgálatok megalapozása volt az egyedek egy vegetációs perióduson belüli életmenet-állapot változásának nyomon követésével három zalai állományban. Legfőképpen azt a módszertani kérdést kívántuk tisztázni, hogyan lehet az egyedeket állapotkategóriákba sorolni egy olyan évelő, többször termő faj esetében, melynek hajtásai nem egyszerre jelennek meg a vegetációs periódus kezdetén. Összesen 377 kakasmandikó tő került legalább egyszer felvételezésre 2020-ban, ezek közül 255 tövet (67,6%) mindkét vizsgálati időpontban, márciusban és áprilisban is fel tudtunk mérni. Eredményeink alapján jelentős különbségek figyelhetők meg az egyes *Erythronium* állományok szerkezetében, hely és időpont függvényében egyaránt, ezért az életmenet-állapotba való besorolást mindenképpen hozzá kell igazítani a felvételezés idejéhez és helyéhez. Az életmenet-állapot megállapítása a reprodukív tövek esetében egyértelmű, a juvenilis és vegetatív adult tövek esetében azonban a felvételezés idejétől függően mérsékelt bizonytalansággal végezhető el – egyes tövek besorolása a mérettartományok által meghatározott kategóriákba ugyanis változik a felmérés időpontjától függően. A juvenilis és vegetatív adult kategóriák között a mérethatárt a reprodukív tövek levélmérete alapján állapítottuk meg. Mivel az azévből virágzó tövek hajtanak ki először az állományban, ezek hamarabb érik el a kifejlett levélméretüket is. Feltételezhető, hogy a felmérés pontossága az idő előrehaladtával növekszik, mivel a később kihajtó tövek is elérhetik vagy megközelíthetik a maximális levélterület-méretüket. Egy későbbi időpont választásának további előnye, hogy egyúttal a reprodukív tövek termésképzési sikerességét is meg lehet állapítani. A késői felvételezést azonban akadályozza a tövek időközbeni elhervadása, eltűnése vagy károsodása, ami egyre gyakoribbá válik a faj tenyészidejének végéhez közeledve.

Idézés: Pacsai B., Fülöp B., Bódis J. 2022: A kakasmandikó (*Erythronium dens-canis* L.) demográfiai kutatásának módszertani megalapozása. Bot. Közlem. 109(2): 201–217. DOI: 10.17716/BotKozlem.2022.109.2.201

Bevezetés

A hazánkban előforduló veszélyeztetett fajok közül leginkább azok esetében van különösen nagy jelentősége az állományok egészére vagy legalább egy részére kiterjedő demográfiai és populációdinamikai vizsgálatoknak, melyek kevés, de nagyobb egyedszámú előfordulással rendelkeznek (BRADSHAW és DOODY 1978, BIRÓ és BÓDIS 2018). Ilyen fajokkal kapcsolatban a hazánkban végzett hasonló vizsgálatok közül eddig kevés tudományos publikáció jelent meg, a magyarföldi husáng (*Ferula sadleriana* Ledeb.; LENDVAY és KALAPOSI 2009) és a tátorján (*Crambe tataria* Sebeók; BÉRCES et al. 2021) említhető példaként. A hasonlóan szigetszerű előfordulásokkal rendelkező kakasmandikó (*Erythronium dens-canis* L.) esetében tudásunk szerint ilyen kutatást eddig hazánkban nem végeztek.

A kakasmandikó fajok populációbiológiájáról aránylag kevés ismerettel rendelkezünk, hosszú távú megfigyeléseket eddig elsősorban az *E. americanum* Ker Gawl. és *E. japonicum* Decne. fajokon végeztek (HOLLAND 1981, KAWANO et al. 1982). Az *E. dens-canis*-ről egy olaszországi állományban gyűjtöttek részletes demográfiai adatokat (PUPILLO és ASTUTI 2017), ami alapján szükségesnek látunk néhány módszertani kérdést tisztázni saját vizsgálataink megkezdése előtt. Ezek közül az első az éves felmérések optimális időzítésének kérdése volt, mivel PUPILLO és ASTUTI (2017) közlése szerint az egyes tövek nem egyszerre hajtanak ki, hanem ez egy időben elnyúló, az egyedek életmenet-állapota által is jelentős mértékben befolyásolt folyamat. Hasonlóan lényeges kérdésnek tekintettük az egyes állapotok közötti határértékek kijelölését és az olaszországi állományban alkalmazott értékek alkalmazhatóságának tesztelését hazai körülmények között.

Vizsgálataink elsődleges célja tehát egy hosszabb távú monitorozás megvalósítása, a populációdinamikai folyamatok tanulmányozására alkalmas adatok gyűjtéséhez szükséges protokoll felvázolása volt. Ennek érdekében különböző állományokban feltártuk a növények egy vegetációs időszakon belüli megjelenési dinamikáját, és ez alapján vizsgáltuk meg az állományok egyedeinek életmenet-állapot kategóriákba való besorolásának lehetőségeit.

Anyag és módszer

Az európai kakasmandikó (*Erythronium dens-canis* L.) egyszikű, a liliumfélék (Liliaceae) családjába tartozó, hagymagumós, évelő növény. Hajtása lombfakadás előtt, február közepétől jelenik meg, a kora tavaszi geofiton aszpektus látványos tagja (KIRÁLY 2009). A vegetatív tövek egy, a reprodukív tövek két (nagyon ritkán három) levelet hoznak, melyek tőállásúak, alakjuk a tojásdadtól a lándzsásig változhat, kissé húsosak, hamvaszöldek, barna foltokkal tarkítottak, melyek a tenyészidő végére kifakulnak (SOÓ 1973, KIRÁLY 2009, LA ROCCA et

al. 2014). Jellegzetes, rózsaszín (ritkán fehér), hátrahajló leplű, sötétlila porzójú virágai általában magányosan, 8–25 cm-es tőkocsányon fejlődnek. Termése háromrekeszű tok, melyben a magok májusra érnek be. Magvai elaioszómával rendelkeznek, ami a hangyafajok általi terjesztést (myrmecochoria) szolgálja (GUITIÁN et al. 2003). Embriói a mag érésének végén még fejletlenek, a nyár és ősz során érik el a csírázáshoz szükséges állapotukat (MONDONI et al. 2012). Üde vagy mezofil, általában gyengén savanyú talajon, gyertyános-tölgyesekben, bükkösökben, hegyi réteken, ritkábban nedves réteken, elsősorban azonban idősebb, nyíltabb erdőrészekben fordul elő (SOÓ 1973, KIRÁLY 2009, VACEK et al. 2020). Elterjedése Spanyolországtól a Balkánig húzódik, az Alpoktól északra ritka, Csehországban és Szlovákiában egy-egy kisebb régióban fordul csak elő (NAGY et al. 2019). Magyarországon legnagyobb egyedszámú előfordulásai elsősorban a Nyugat-Dunántúlon (Kemeneshát, Őrség, Vendvidék, Dél-Zala, Belső-Somogy, Zselic) található, de az Északi-középhegységben (Tornai-karszt, Bükk) is felbukkannak állományai (VOJTKÓ 2001, VIRÓK et al. 2016). Magyarországon 1982 óta védett faj, 2012 óta pénzben kifejezett természetvédelmi értéke 50 000 Ft (100/2012. (IX. 28.) VM rendelet).

Vizsgálatunk során 2020 kora tavaszán Zala megye délnyugati részén, Becsehely és Lisperzentadorján települések határában három helyszínen, lineák mentén összesen 31 db 1 m²-es állandó kvadrátot jelöltünk ki (1. táblázat) a faj egyedeinek megfigyeléshez. Az egy négyzetméteres kvadrátokat 100 darab, 10 cm × 10 cm méretű mezőre osztottuk. Ezekben belül az egyes tövek helyzetét centiméteres pontossággal feljegyeztük és a későbbi visszakeresés megkönnyítése érdekében helyenként egyedi jelölőkkel láttuk el azokat. Jelölőnek sorszámozott alumíniumtáblával felszerelt acélszögeket használtunk, melyeket a jelölt növény közelében, jegyzett távolságra és irányba helyeztünk el (1. ábra). Minden területen annyi kvadrátot jelöltünk ki, hogy egy-egy mintaterületen legalább 100 egyed kerüljön felvételezésre.

1. táblázat. A kakasmandikó Zala megyében vizsgált mintaterületeinek jellemzői.

Table 1. Characteristics of studied *Erythronium dens-canis* sample sites in Zala county. Number of quadrats (1), habitat type (2), age of forest stand (3), inclination (4), exposure (5).

	Lisperzentadorján A	Lisperzentadorján B	Becsehely
Kvadrátok száma (1)	16	7	8
Élőhelytípus (2)	gyertyános-kocsánytalan tölgyes	gyertyánelegyes bükkös	akácos
Faállomány kora (év) (3)	50	38	nincs adat*
Lejtőszög (%) (4)	14	9	12
Égtáji kitettség (5)	ÉK 55°	ÉNy 290°	DNy 260°

* üzemtervezetlen, felferődött állomány / unplanned, spontaneous reforestation



1. ábra. Egyedi jelölővel ellátott kakasmandikó (*Erythronium dens-canis*) példány a kvadráton belül.

Fig. 1. Individually marked dog's tooth violet (*Erythronium dens-canis*) plant within a quadrat.

Mivel a hagymás és hagymagumos fajok egyes példányainak korát nagyon körülményesen és többnyire destruktív módszerekkel lehetséges pontosan meghatározni (HOLLAND 1980), ezért a demográfiai-populációdinamikai vizsgálatok esetében különböző fizikai paramétereik alapján, jellemzően életmenet-állapotot kategóriákba sorolják be az egyedeket. Vizsgálataink során a geofitonok populációdinamikai vizsgálatához általánosan használt módszereket (TAMM 1956) és a más kakasmandikó fajok (*E. americanum*, *E. japonicum*) esetében már alkalmazott (HOLLAND 1980, KAWANO et al. 1982), levélmorfológiai méréseken alapuló életmenet-állapotba való besorolást használtuk. Az egyes tövek minden levelének feljegyeztük a hosszát (a levélnyelet nem számítottuk ehhez az értékhez) és legnagyobb szélességét, a reprodukív szervek jelenlétét, illetve hiányát, reprodukív tövek esetében a termésképzés sikerességét. Mivel ismeretes, hogy a faj egy populációhoz tartozó egyedei időben elnyújtva bújnak elő (PUPILLO és ASTUTI 2017), illetve a termésképzés sikeressége is csak később, áprilisban állapítható meg, két időpontban (2020. március 9–11., illetve április 16–17.) is felmértük mindhárom mintaterület egyedeit. Több esetben különböző hatások miatt annyira károsodott néhány tő a két felmérés ideje között, hogy a második időpontra mérésre alkalmatlanná vált. Legtöbb alkalommal taposás és rágás következtében sérültek a növények, egyes esetekben az egyed egész talaj feletti része eltűnt. Számos alkalommal megfigyeltük a kakasmandikó-rozsda (*Uromyces erythronii* (DC.) Pass.; JENDRASITS és FISCHL 2008, NAGY et al. 2019) fertőzését, de mérésünket ez többnyire nem befolyásolta, mert a gomba a levél nagymértékű károsodását jellemzően inkább a kakasmandikó tenyészidejének végén okozhatja. Egyetlen esetben találtunk olyan (vegetatív) egyedeket, amely már az első felvételezéskor mérésre alkalmatlan állapotban volt, a növény helyzetét azonban itt is feljegyeztük.

Irodalmi adatok alapján feltételeztük, hogy az egyedül a levélhossz alapján való kategorizálás (PUPILLO és ASTUTI 2017) kevésbé pontos képet ad az egyedek demográfiai állapotáról. A liliumfélék (Liliaceae) családjába tartozó fajok vizsgálata során bizonyították, hogy a levélterület alapján való jellemzés jóval megbízhatóbb módszer (HANZAWA és KALISZ 1993, SCHNITTLER et al. 2009, MA et al. 2020).

A mintaterület és a vizsgált egyedek legkisebb bolygatásával járó, más kakasmandikó fajok esetében már alkalmazott módszer a levél területének meghatározására a levél hosszúságának és szélességének mérése, majd ezeknek az értékeknek egy empirikus arányszámmal vett szorzatának kiszámítása (HOLLAND 1980, 1981, WEIN és PICKETT 1989). A koncepció *E. dens-canis* szempontjából való alkalmazhatóságának tesztelése és a pontosság növelése céljából arányszám helyett egy általunk meghatározott függvényt alkalmaztunk. A mintaterületeken található 53 egyed összesen 70 levelének (Lispezsentadorján A: 10 vegetatív, 4 reprodukív tő; Lispezsentadorján B: 17 vegetatív, 5 reprodukív tő; Becsehely: 9 vege-

tatív, 8 db reprodukzív tő) megmérése (hosszúság és legnagyobb szélesség), fényképezése (Panasonic Lumix DMC-GX8 fényképezőgéppel és Panasonic Lumix G Vario 12-60 mm objektívvel) és képelemző szoftverrel (ImageJ 1.53g verzió) való utólagos feldolgozása révén a 70 levélre külön-külön meghatározható volt a hosszúság és szélesség adatok valamint a levélterület viszonya. A mintavétel során igyekeztünk a lehető legjobban lefedni a területen előforduló különböző levélméreteket és -alakokat. Minden levél esetében meghatároztuk az area-koefficiens értékét (a levélterületnek a levélhossz és levélszélesség szorzatával képzett hányadosa), majd ezt a levélhossz és a levélszélesség hányadosának függvényében ábráztuk, az adatokra görbét illesztettünk. Az így kapott függvény figyelembe veszi az egyes levelek eltérő alakját, a fajra (regionálisan) jellemző, ezért a további felmérések során is ebben a formájában tervezzük alkalmazni. Az egyenletbe behelyettesítéssel számított K-értékekkel számíthatjuk ki az egyes levelek területének becsült méretét ($A = K \times \text{levélhossz} \times \text{levélszélesség}$).

Részben irodalmi adatok alapján (KAWANO et al. 1982, PUPILLO és ASTUTI 2017) négy életmenet-állapot kategóriát különböztettünk meg: magonc (S), juvenilis (J), vegetatív adult (V) és reprodukzív adult (R), és egyedek.

Azon fajok esetében, melyeknél nincs olyan morfológiai jellemző, ami alapján egyértelműen elkülöníthetők volnának a juvenilis és a virágzóképes (adult), de vegetatív tövek, leggyakrabban a populációban előforduló legkisebb virágzó tövek levélméretével megegyező vagy annál nagyobb levelű vegetatív egyedeket szokás vegetatív adult példányoknak tekinteni (DAFNI et al. 1981, HANZAWA és KALISZ 1993, MILLER et al. 2007), az annál kisebbeket pedig juvenilisnek. Mivel ez az érték állományonként és a felmérés időpontjától függően eltérő lehet, vizsgálataink során mindhárom mintaterületet mindkét időpont szerint külön kezeltük, és ezeket a mérethatárokat minden esetben külön meghatároztuk. A statisztikai értékeléshez IBM SPSS Statistics 23.0 szoftvert, az adatok megjelenítéséhez az R szoftvert és annak GGLOT2 csomagját alkalmaztuk. Az egyes csoportok méret szerinti különbségeit kétmintás t-próbákkal vizsgáltuk.

Eredmények

2020-ban összesen 377 *Erythronium* egyedét mértünk meg legalább egy alkalommal, ebből 255 egyed (67,6%) tudtuk megmérni kétszer, azaz márciusban és áprilisban is. Annak ellenére, hogy kifejezett hangsúlyt fektettünk magoncok keresésére, 2020-ban egyetlen kvadrátban sem találtunk ilyen példányokat, csak a kijelölt kvadrátok környezetében elszórtan egyet-egyét.

A három mintaterületen eltérő arányokat figyeltünk meg a két mérés ideje között eltelt 5 hét alatt megjelent, illetve eltűnt tövek tekintetében (2. táblázat). Míg Lisperzentadorján A mintaterületen számos új tő jelent meg a két felmérés

között, Lispeszentadorján B területen kevés új egyed került elő, azonban az első alkalommal felvételezett tövek közel harmada eltűnt a második mérés idejére. A becsehelyi mintaterületen csak kisebb mértékű, kiegyensúlyozottabb fluktuációt tapasztaltunk az egyedszámban.

Feltűnő különbségeket mutat a három mintaterület egyedsűrűségben, illetve a reproduktív és vegetatív tövek arányában (3. táblázat). Lispeszentadorján A mintaterületen tapasztaltuk az *Erythronium* tövek legkisebb egyedsűrűségét, a virágzó tövek aránya azonban itt több mint kétszerese (33%) volt a Lispeszentadorján B mintaterületen tapasztaltak (17%) az első felmérés idején, ez később közel azonossá vált a második mérés idejére egyes tövek eltűnése és megjelenése

2. táblázat. A mérések helye és ideje, a vizsgált tövek száma, a két mérés között eltűnt (vagy mérésre alkalmatlanná vált), illetve megjelent kakasmandikó tövek száma és az összes felvételezett tőhöz viszonyított százalékos aránya az egyes mintaterületeken.

Table 2. Date (1) and location (2) of surveys, number of *Erythronium dens-canis* individuals measured in a population in total (3) and during each survey (4), number of plants missing (or unmeasurable) (5) and emerged (6) between two measurements in each plot. The percentages in relation to the total number of individuals surveyed in each sample site are also given.

Dátum (1)	Hely (2)	Összes felmért egyed (db) (3)	Felvételezett egyedek (4)		Eltűnt tövek (5)		Megjelent tövek (6)	
			db	%	db	%	db	%
2020.03.09.	Lispeszentadorján A	105	81	77,1	–	–	–	–
2020.04.16.			99	94,3	6	5,7	24	22,9
2020.03.11.	Lispeszentadorján B	159	148	93,1	–	–	–	–
2020.04.17.			106	66,7	52	32,7	11	6,9
2020.03.11.	Becsehely	113	102	90,3	–	–	–	–
2020.04.16.			96	85,0	17	15,0	11	9,7

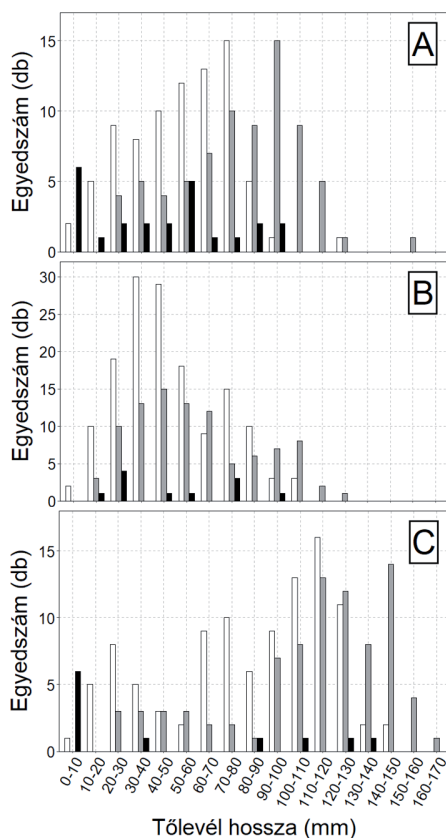
3. táblázat. Kakasmandikó egyedsűrűség, reproduktív tövek százalékos aránya az adult kategóriában az első és a második felmérés idején, illetve termésképzés sikere az egyes mintaterületeken 2020-ban.

Table 3. *Erythronium dens-canis* population density (1), percentage of reproductive plants in the adult class during the first (2) and second (3) survey and success of fruit set (4) in each sample site in 2020.

	Lispeszentadorján A	Lispeszentadorján B	Becsehely
Egyedsűrűség (egyed/m ²) (1)	6,56 (SD = 4,59)	22,71 (SD = 13,56)	14,13 (SD = 4,58)
Reproduktív tövek aránya az 1. felmérés idején (2)	33,33%	16,87%	75,39%
Reproduktív tövek aránya a 2. felmérés idején (3)	33,93%	38,24%	60,00%
Termésképzés sikere (4)	65,0%	64,3%	79,6%

következtében. A termésképzés sikere közel azonos volt a két mintaterületen. Becsehely mintaterületen feltűnően magas volt a reproduktív tövek aránya (60–75%) az állományban, illetve a megporzás sikeressége is jelentősen meghaladta a másik két mintaterületen mért értékeket (3. táblázat).

Az *Erythronium*-populációk levélhossz szerinti eloszlásában is jelentős különbségeket tapasztaltunk, mind a hely, mind az időpont szempontjából (2. ábra). Míg Lisperzentadorján A esetében eleinte a nagyobb tövek dominanciája volt jellemző, ami később valamivel csökkent, addig az A mintaterületen a kisebb tövek

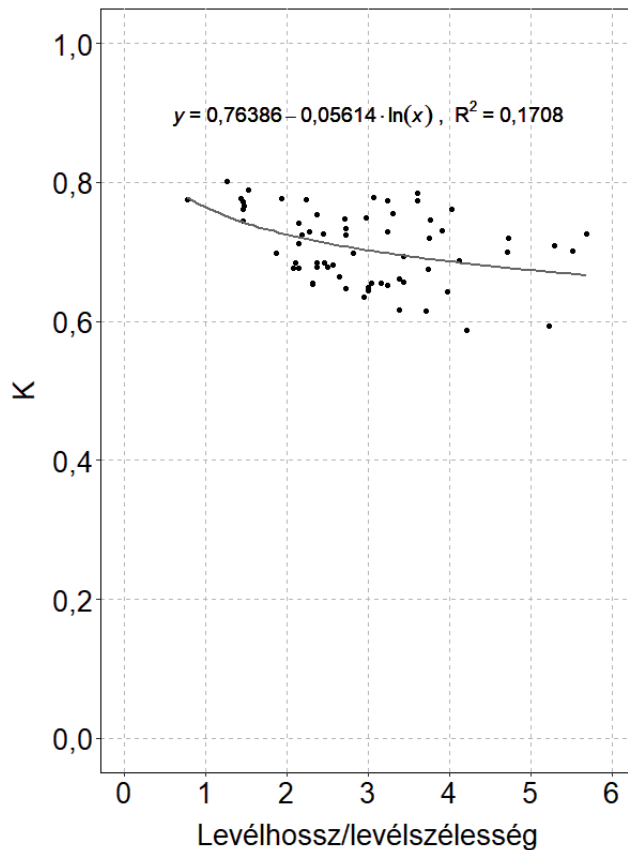


2. ábra. 2020-ban a mintaterületen felvételzett kakasmandikó egyedek eloszlása azok tőlevelének hossza szerint Lisperzentadorján A (A), Lisperzentadorján B (B) és Becsehely (C) mintaterületeken. Fehér: az első mérés eredménye; szürke: az első alkalommal már megmért tövek a második mérés idején; fekete: csak a második alkalommal megmért tövek.

Fig. 2. Distribution of *Erythronium dens-canis* individuals sampled in 2020 by length of leaf lengths in the sample plots Lisperzentadorján A (A), Lisperzentadorján B (B) and Becsehely (C). White: result of the first survey; gray: shoots already measured on the first occasion at the time of the second survey; black: shoots measured only during the second survey.

voltak túlsúlyban mindkét időpontban. Becsehelyen a nagyobb termetű egyedek voltak gyakoribbak, de a levelek hosszuk szerinti eloszlása itt jóval egyenletlenebbnek bizonyult mindkét időpontban, mint a másik két helyen.

A mintaterületeken fényképezett és megmért 53 egyed összesen 70 levelének hossz/szélesség-arányát és az adott levelekre jellemző terület-arányszámot (area-koefficiens) [$K = \text{levélterület} / (\text{hossz} \times \text{szélesség})$] grafikonon ábrázolva a legjobb illeszkedést ($R^2 = 0,1708$) logaritmikus görbével kaptuk (3. ábra). Az arányszám átlagos értéke 0,707 volt ($SD = 0,0525$). Az egyes tövekre vonatkozó area-koefficiens kiszámításához a 3. ábrán feltüntetett egyenletet [$y = 0,76386 - 0,05614 \cdot \ln(x)$] használtuk a továbbiakban, ahol y az area-koefficiens, x pedig az adott levél levélhossz/levél szélesség arányát jelöli. Az egyes egyedekre kapott



3. ábra. Levélhossz/levél szélesség és area-koefficiens (K) viszonya a vizsgált kakasmandikó populációknál.

Fig. 3. Relationship between leaf length/leaf width and area coefficient (K) for the studied *Erythronium dens-canis* populations.

K-értékekkel kiszámítottuk az egyes levelek területének becsült méretét ($A = K \times \text{levélhossz} \times \text{levélszélesség}$). Az adott időpontban, adott mintaterületen felvett reproductív egyedek levélterületének legalsó határát tekintettük a továbbiakban a juvenilis és az adult egyedek közötti mérettartomány határának, ami alapján a továbbiakban az életmenet-állapotokba való besorolást végeztük.

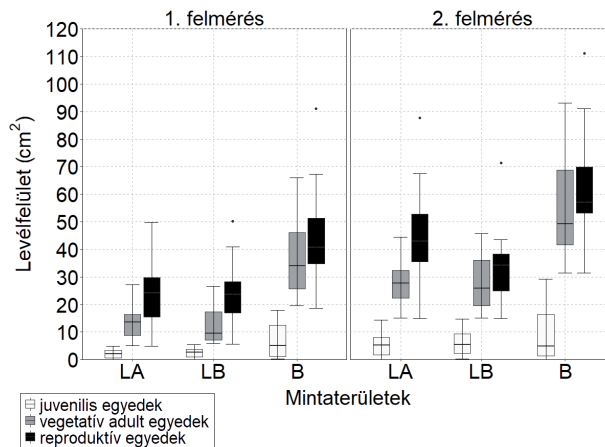
A Lisperzentadorján A és B mintaterület esetében a juvenilis és adult életmenet állapotok közötti mérettartomány-határok az első és a második felmérés alkalmával is hasonlóan közel estek egymáshoz, azonban a becsehelyi mintaterület esetében kapott érték ezeket mindkét időpontban jelentősen meghaladta (4. táblázat).

A mintaterületek között jelentős különbségek mutatkoztak az adott kor-állapotok átlagos levélterületei tekintetében is (4. ábra). Leginkább feltűnő a

4. táblázat. Az adott területen, adott időpontban megállapított juvenilis / adult vegetatív mérettartomány-határoknak megfeleltethető kakasmandikó levélhosszak (cm) és levélterületek (cm²) becsült mérete (a becslés menetének leírása az anyag és módszer fejezetben).

Table 4. Estimated *Erythronium dens-canis* leaf length (in cm) and leaf area (in cm²) corresponding to the juvenile/adult vegetative size range boundaries estimated based on the results of the first (1) and second survey (2) (see the Material and Methods section for a description of the estimation procedure).

	Lisperzentadorján A hossz / terület	Lisperzentadorján B hossz / terület	Becsehely hossz / terület
Első felmérés (1)	4,04 cm / 4,94 cm ²	4,19 cm / 5,67 cm ²	7,27 cm / 18,58 cm ²
Második felmérés (2)	6,64 cm / 14,87 cm ²	6,76 cm / 14,93 cm ²	9,85 cm / 31,40 cm ²



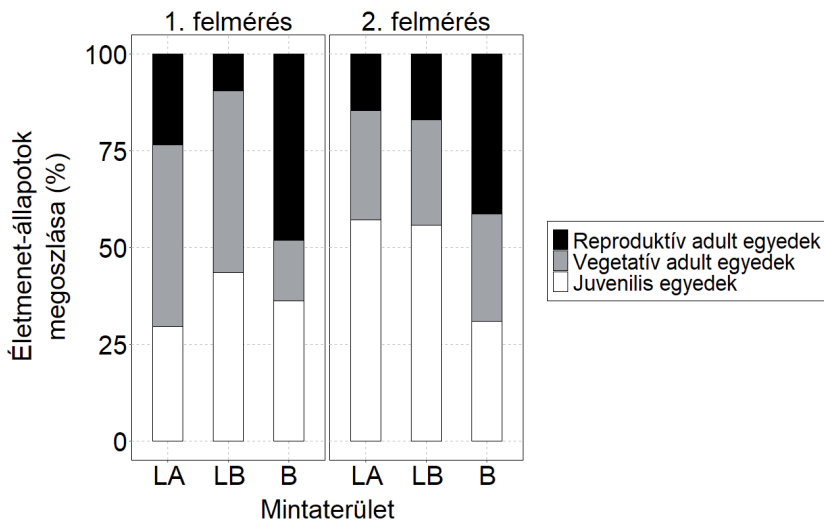
4. ábra. Az egyes életmenet-állapotokba tartozó kakasmandikó egyedek levélterület szerinti eloszlása a három mintaterületen a két felmérési időpontban, 2020-ban.

Fig. 4. Distribution of *Erythronium dens-canis* individuals in each age-state by leaf area in the three sample plots at the time of the two surveys in 2020.

Rövidítések/Abbreviations: LA = Lisperzentadorján A; LB = Lisperzentadorján B; B = Becsehely.

becsehelyi állomány töveinek minden kategóriában közel kétszeres átlagos levél-mérete a másik két mintaterülethez viszonyítva. Az egyes életmenet-állapot kategóriák levélterület szerinti eloszlása alapján megfigyelhető, hogy a reproduktív egyedek csoportja mindhárom területen és mindkét időpontban a legnagyobb mediánnal rendelkezett a három életmenet-állapot kategória közül (4. ábra). Az első felmérés idején a két lispesztadorjáni területen a reproduktív tövek mérete szignifikánsan nagyobb volt a vegetatív adult egyedek méreténél (kétmintás t-próbák, $p < 0,05$), illetve Becsehely esetében is közel szignifikáns különbséget (kétmintás t-próba, $p = 0,070$) tapasztaltunk. A második felmérés idejére azonban Lispesztadorján B és Becsehely mintaterületeken az említett két kategória közötti méretkülönbség már nem volt szignifikáns (kétmintás t-próbák, $p = 0,197$ és $p = 0,157$). Lispesztadorján A mintaterületen a vegetatív adult tövek mérete ezzel szemben a második felmérés alkalmával is jelentősen kisebb volt (kétmintás t-próba, $p < 0,01$) a reproduktív tövek csoportjánál.

A Lispesztadorján melletti két populációban az egyedek életmenet állapotok szerinti eloszlása az első felmérés idején jelentősen eltérő volt, a második felmérés idejére azonban nagyon hasonlóvá vált (5. ábra). A becsehelyi mintaterületen a reproduktív tövek arányának csökkenését elsősorban az időközben elűnt vagy nem mérhető állapotba került 9 reproduktív tő okozta. Az, hogy adott területen a két eltérő felvételezési időpontban más mérettartomány-határ került



5. ábra. Az egyes életmenet-állapotokba tartozó kakasmandikó egyedek százalékos megoszlása a három mintaterületen, a két felmérés idején 2020-ban. Rövidítések: lásd 4. ábra.

Fig. 5. Percentage distribution of *Erythronium dens-canis* individuals in each age-state in the three sample areas at the time of the two surveys in 2020. Abbreviations: see Fig. 4.

megállapításra a juvenilis és adult vegetatív állapotok között, az életmenet-állapotok egyedszám szerinti megoszlását több esetben számottevő mértékben befolyásolta. Lisperzentadorján A esetében a mindkét felmérés alkalmával megmért juvenilis és adult vegetatív egyedek 10,7%-át, Lisperzentadorján B esetében 23,5%-át, Becsehelyen pedig 23,4%-át soroltuk a második méréskor eltérő életmenet-állapot kategóriába, az első mérés idejéhez képest.

Megvitatás

A három mintaterületen, két időpontban végzett felméréseink alapján számottevő különbségek mutatkoznak az egyes *Erythronium* állományok szerkezetében, hely és időpont függvényében egyaránt.

Irodalmi adatok (PUPILLO és ASTUTI 2017) alapján egy adott *Erythronium dens-canis* populációban meghatározott dinamika szerint jelennek meg és tűnnek el a különböző életmenet-állapotba tartozó egyedek. Vizsgálataink ugyan nem voltak alkalmasak ennek a jelenségnek részletes megfigyelésére, azonban a mintaterületeken olyan tendenciákat észleltünk, melyek többségükben megerősítették ezt a tapasztalatot. A három mintaterületen a reproduktív egyedeknek közel 99%-a már az első felmérés idején is megtalálható volt, alátámasztva azt a megfigyelést (PUPILLO és ASTUTI 2017), hogy a reproduktív egyedek az elsők, melyek tavasszal kihajtanak. Hasonlóképpen megerősítésre került Lisperzentadorján A és Becsehely mintaterületek esetében az a tapasztalat is, miszerint a legkisebb egyedek aránylag későn jelennek meg (SAWADA et al. 1999, PUPILLO és ASTUTI 2017). A két említett mintaterületen a második felmérés idején első alkalommal felvételezett („új”) egyedek többsége a legkisebb, 1 cm-nél rövidebb levéllemezű egyedek közé tartozott.

2020-ban célzott keresés ellenére sem találtunk egyik mintaterületen sem *Erythronium* magoncot a lefektetett kvadrátokban, aminek számos oka lehetséges. A magoncok hiánya hosszú távon az állományok fennmaradását veszélyeztetné, azonban ezt a felmért nagyszámú juvenilis egyed is cáfolni látszik. Valószínűbb magyarázat lehet az előző év (vagy akár évek) gyengébb magtermése, illetve a túl enyhe 2019/2020-as tél miatt a csíranövények sziklevele fejlődésének elindításához szükséges kellő mértékű vernalizáció elmaradása (MONDONI et al. 2012). Mivel a reprodukció sikerességét a környezeti hatások erősen befolyásolják (GUITIÁN et al. 1999), feltételezhető, hogy jelentős évjáráthatással lehet számolni ebben a tekintetben. Ezt alátámasztja, hogy mindhárom mintaterületen jelentős mennyiségű juvenilis egyedet jegyeztünk fel.

A három mintaterületen gyűjtött levélméret- és levélalak adatok alapján számolt átlagos levélterület-koefficiens (0,707; SD = 0,0525) jól közelíti az

E. americanum esetében használt arányszámot (0,64; HOLLAND 1980, 1981). A juvenilis és vegetatív adult életmenet-állapot kategóriák elválasztására PUPILLO és ASTUTI (2017) által használt 5 centiméteres levélhosszhoz tartozó, a levélhossznak és levélszélességnek a levélterülettel való összefüggését leíró egyenlettel becsült levélterület-értékei vizsgálatunkban területenként és időpontonként különböztek (5. táblázat), azonban az említett értékhez több esetben közel estek.

5. táblázat. Adott kakasmandikó vegetatív tövek életmenet-állapot besorolásuk szerint az egyes mintaterületen az első és második felmérés idején. Juv: juvenilis egyed, VA: vegetatív adult egyed, n/a: az egyed nem volt megtalálható, vagy nem volt mérésre alkalmas állapotban.

Table 5. Classification by age-state categories of given *Erythronium dens-canis* vegetative plants in each sample site at the time of the first (1) and second survey (2). Juv: juvenile individual, VA: vegetative adult individual, n/a: individual was not found or was not in a condition suitable for measurement.

		Lispezsentadorján A			Lispezsentadorján B			Becsehely		
		Első felmérés (1)			Első felmérés (1)			Első felmérés (2)		
		Juv	VA	n/a	Juv	VA	n/a	Juv	VA	n/a
Második felmérés (2)	Juv	18	5	20	46	20	9	22	0	9
	VA	1	32	4	0	19	2	11	14	1
	n/a	5	1		18	30		4	2	

Ugyan PUPILLO és ASTUTI (2017) nem indokolja meg, miért az 5 cm-t választották mérethatárnak, a Lispezsentadorján A és B mintaterületek esetében kapott értékek az első alkalommal kisebbek (40,4 mm és 41,9 mm), a második felmérés idején pedig nagyobbak voltak (66,4 mm és 67,6 mm), azonban mindkét alkalommal meglehetősen közel estek ehhez az értékhez. Mindenképpen szükséges azonban figyelembe venni a felmérés idejétől és mintaterülettől való függését ennek a határnak. Különösen feltűnő az eltérés a becsehelyi mintaterület esetében, ahol a második felmérés idején a PUPILLO és ASTUTI (2017) által használt értéknek közel dupláját (98,5 mm) állapítottuk meg a juvenilis és vegetatív adult állapotok közötti mérethatárnak.

Minden életmenet-állapot kategória esetében, mindkét felmérés alkalmával szignifikánsan nagyobbak voltak a becsehelyi állomány adott kategóriába tartozó egyedei, mint a másik két mintaterületen. Ekkora különbséget a mintaterületek elhelyezkedése, égtáji kitettsége vagy geológiai adottságai aligha indokolnának, ezért feltételezzük, hogy a mintaterületeken található erdőállomány összetételében lévő különbségek állhatnak a jelenség hátterében. Míg a lispezsentadorjáni mintaterületek funkcionálisan egymáshoz hasonló gyertyános-tölgyes, illetve bükkös állomány alatt helyezkednek el, a becsehelyi területen akácos található. Ismeretes,

hogy az akác gyökérgümőiben található *Rhizobium*-baktériumok a talaj felvehető nitrogéntartalmát jelentősen növelhetik, ami miatt a gypszintben előforduló fajok fajlagos levélfelülete gyakran jelentősen megnövekszik (GUO et al. 2021).

Eredményeink alapján a vizsgálat folytatása során a méréseket a faj virágzási idejének végén, azaz március végén – április elején tervezzük elvégezni, mivel ekkorra a tövek jelentős része már megközelítheti végleges méretét, továbbá a tokok kötésének sikeressége már megállapítható, de az egyedek károsodása vagy eltűnése még nem olyan mértékű, mint a termésérés idején. A juvenilis és vegetatív adult életmenet-állapotba tartozó egyedek közötti mérethatárt minden évben és mintaterületenként külön tervezzük megállapítani, ennek szükségességét az egyes állományok különböző sajátosságai okozzák. Az adott mintaterületen élő állomány legkisebb virágzó egyedének méretét véve a juvenilis és vegetatív adult kategória közti határnak, még egy kifejezetten korai felvételezés alkalmával is az egyedek 75–90%-át ugyanabba a kategóriába soroltuk be, mint egy később elvégzett, ebből adódóan már pontosabb felmérés idején. Reményeink szerint a hosszabb távú vizsgálat során a jelzett módszerek alkalmazásával az egyes példányok fejlődéséről, illetve egy-egy állomány lehetséges jövőjéről pontosabb képet kaphatunk, s ezek az eredmények egyaránt hozzájárulhatnak a faj alaposabb ismeretéhez és védelmének sikerességéhez.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük a terepi felmérések során nyújtott segítségét Hajdu Fruzsínának, Szabó Friderikának és Tarr Ádámnak. A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- 100/2012. (IX. 28.) VM rendelet „A védett és a fokozottan védett növény- és állatfajokról, a fokozottan védett barlangok köréről, valamint az Európai Közösségben természetvédelmi szempontból jelentős növény- és állatfajok közzétételéről szóló 13/2001. (V. 9.) KöM rendelet és a növényvédelmi tevékenységről szóló 43/2010. (IV. 23.) FVM rendelet módosításáról”. Magyar Közlöny 128: 20903–21020.
- BÉRCES S., PINTÉR B., BEZECZKY G., CSÁKY P., BARANYAI ZS. 2021: Tátorján vizsgálata a Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság területén. XIII. Aktuális flóra- és vegetációkutató Kárpát-medencében nemzetközi konferencia. Program és összefoglalók, p. 80.
- BIRÓ É., BÓDIS J. 2018: Adatok a hazai adriai sallangvirág állományok természetvédelmi kezeléséhez. Természetvédelmi Közlemények 24: 25–33.
<https://doi.org/10.20332/tvk-jnatconserv.2018.24.25>
- BRADSHAW M. E., DOODY J.P. 1978: Plant population studies and their relevance to nature conservation. *Biological Conservation* 14(3): 223–242.
[https://doi.org/10.1016/0006-3207\(78\)90012-5](https://doi.org/10.1016/0006-3207(78)90012-5)

- DAFNI A., COHEN D., NOY-MIER I. 1981: Life-cycle variation in geophytes. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 68(4): 652–660. <https://doi.org/10.2307/2398893>
- GUITIÁN J., GUITIÁN P., MEDRANO M., SANCHEZ J. M. 1999: Variation in floral morphology and individual fecundity in *Erythronium dens-canis* (Liliaceae). *Ecography* 22: 708–714. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1999.tb00520.x>
- GUITIÁN P., MEDRANO M., GUITIÁN J. 2003: Seed dispersal in *Erythronium dens-canis* L. (Liliaceae): variation among habitats in a myrmecochorous plant. *Plant Ecology* 169: 171–177. <https://doi.org/10.1023/A:1026043411357>
- GUO Q., WEN Z., ZHENG C., LI W., FAN Y., ZHU D. 2021: Effects of *Robinia pseudoacacia* on the undergrowth of herbaceous plants and soil properties in the Loess Plateau of China. *Journal of Plant Ecology* 14(5): 896–910. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtab041>
- HANZAWA F. M., KALISZ S. 1993: The relationship between age, size, and reproduction in *Trillium grandiflorum* (Liliaceae). *American Journal of Botany* 80(4): 405–410. <https://doi.org/10.2307/2445387>
- HOLLAND P. G. 1980: Trout lily in Nova Scotia: an assessment of the status of its geographic range. *Journal of Biogeography* 7(4): 363–381. <https://doi.org/10.2307/2844656>
- HOLLAND P. G. 1981: The demography of trout lily (*Erythronium americanum* Ker.) in Nova Scotia. *Vegetatio* 45: 97–106. <https://doi.org/10.1007/BF00119219>
- JENDRASITS L., FISCHL G. 2008: Védett növényfajok rozsdagombái az Őrségben. *Növényvédelem* 44(7): 360–364.
- KAWANO S., HIRATSUKA A., HAYASHI K. 1982: Life history characteristics and survivorship of *Erythronium japonicum*. The productive and reproductive biology of flowering plants V. *Oikos* 38(2): 129–149. <https://doi.org/10.2307/3544013>
- KIRÁLY G. (szerk.) 2009: Új magyar fűvészkönyv. Magyarország hajtásos növényei. Határozókulcsok. ANP Igazgatóság, Jósvafő, 616 pp.
- LA ROCCA N., PUPILLO P., PUPPI G., RASCIO N. 2014: *Erythronium dens-canis* L.: an unusual case of leaf mottling. *Plant Physiology and Biochemistry* 74: 108–117. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.11.005>
- LENDVAY B., KALAPO S. T. 2009: A magyarföldi husáng (*Ferula sadleriana*) populációinak állapotfelmérése 2008-ban. *Természetvédelmi Közlemények* 15: 486–492.
- MA R., XU S., CHEN Y., GUO F., WU R. 2020: Allometric relationships between leaf and bulb traits of *Fritillaria przewalskii* Maxim. grown at different altitudes. *PLoS ONE* 15(10): e0239427. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239427>
- MILLER M. T., ANTOS J. A., ALLEN G. A. 2007: Demographic differences between two sympatric lilies (*Calochortus*) with contrasting distributions, as revealed by matrix analysis. *Plant Ecology* 191: 265–278. <https://doi.org/10.1007/s11258-006-9241-1>
- MONDONI A., ROSSI G., PROBERT R. 2012: Temperature controls seed germination and dormancy in the European woodland herbaceous perennial *Erythronium dens-canis* (Liliaceae). *Plant Biology* 14: 475–480. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2011.00517.x>
- NAGY T., PFLIEGLER W. P., TAKÁCS A., TÖKÖLYI J., MOLNÁR V. A. 2019: Distribution, infection rates and DNA-barcoding of *Uromyces erythronii* (Pucciniaceae), a parasite of *Erythronium* (Liliaceae) in Europe. *Willdenowia* 49(1): 13–20. <https://doi.org/10.3372/wi.49.49103>
- PUPILLO P., ASTUTI G. 2017: Population structure of *Erythronium dens-canis* L. (Liliaceae) in the northern Apennines (Italy). *Italian Botanist* 4: 1–14. <https://doi.org/10.3897/italianbotanist.4.12439>
- SAWADA S., HARADA A., ASARI Y., ASANO S., KUNINAKA M., KAWAMURA H., KASAI M. 1999: Effects of micro-environmental factors on photosynthetic CO₂ uptake and carbon fixation metabolism in a spring ephemeral, *Erythronium japonicum*, growing in native and open habitats. *Ecological Research* 14: 119–130. <http://doi.org/10.1046/j.1440-1703.1999.00288.x>

- SCHNITTLER M., PFEIFFER T., HARTER D., HAMANN A. 2009: Bulbils contra seeds: reproductive investment in two species of *Gagea* (Liliaceae). *Plant Systematics and Evolution* 279(1): 29–40. <http://doi.org/10.1007/s00606-008-0143-7>
- SOÓ R. 1973: A magyar flóra és vegetáció rendszertani-növényföldrajzi kézikönyve V. Akadémiai Kiadó, Budapest, 723 pp.
- TAMM C. O. 1956: Further observations on the survival and flowering of some perennial herbs. I. *Oikos* 7: 273–292. <https://doi.org/10.2307/3564927>
- VACEK S., LINDA R., KRÁLÍČEK I., VANČURA K., PROKŮPKOVÁ A., PRAUSOVÁ R. 2020: Effect of structure and dynamics of forests on the occurrence of *Erythronium dens-canis*. *Journal of Forest Science* 66(9): 349–360. <https://doi.org/10.17221/96/2020-JFS>
- VIRÓK V., FARKAS R., FARKAS T., ŠUVADA R., VOJTKÓ A. 2016: A Gömör–Tornai-karszt flórája, Enumeráció. Flóra Gemersko-turnianskeho krasu, Enumerácia. (Vascular flora of the Gömör–Torna Carst, Enumeration). Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvalfő, 200 + 910 pp.
- VOJTKÓ A. (szerk.) 2001: A Bükk hegység flórája. Sorbus Kiadó, Eger, 340 pp.
- WEIN G. R., PICKETT S. T. A. 1989: Dispersal, establishment, and survivorship of a cohort of *Erythronium americanum*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 116(3): 240–246. <https://doi.org/10.2307/2996813>

Methodological foundation for the demographic research of dog's tooth violet (*Erythronium dens-canis* L.)

B. PACSAI¹, B. FÜLÖP², J. BÓDIS³

Department of Conservation Biology, Institute for Wildlife Management and Nature Conservation, Georgikon Campus, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, H-8360 Keszthely, Festetics u. 7, Hungary; ¹pacsai.balint@uni-mate.hu; ²9112bence@gmail.com; ³bodis.judit.64@gmail.com

Accepted: 4 May 2022

Key words: ecology, Liliaceae, methodology, phenology, population dynamics, reproductive success.

Little is known about the life history, demography, and population dynamics of *Erythronium dens-canis* L., although it is listed as an endangered species in a large part of its distribution range. The aim of our research was to establish methods to study the population biology of *E. dens-canis*. We wanted to clarify the question of how to classify individuals into age-state categories for a perennial species whose shoots do not appear simultaneously at the beginning of its growing season. Our studies were carried out in three sites in Zala county (Hungary). A total of 377 individuals of *E. dens-canis* were measured at least once in 2020, of which 255 plants (67.6%) were measured twice, in March and April.

Significant differences were observed in the demographic structure of the three *Erythronium* populations, both in terms of location and time. In the three sample sites, nearly 99% of the reproductive individuals were already present aboveground at the time of the first survey, whereas a significant number of juveniles emerged only afterwards. Our results suggest a significant seasonal effect on the reproductive rate of *E. dens-canis*. While in 2020 no seedlings were found in the quadrats of the sample plots, juvenile plants were present in significant numbers in all three sites.

The classification into age-states is unambiguous for reproductive individuals but shows moderate uncertainty for juvenile and vegetative adult plants depending on the time of the survey. To increase the accuracy of the classification, leaf size estimates were made by analysing the species-specific leaf shapes. Characteristics of each population were also considered by determining the size of the smallest flowering individuals in each group and the boundaries between adult and juvenile categories were set using these values. In all three sample sites, more than three quarters of the juvenile and adult vegetative plants were categorised into the same age-state category during both surveys. Since the boundary line between these two categories is based on the size of reproductive individuals, which are the first to sprout in the populations, it can be assumed that the accuracy of the classification increases over time, as plants that sprout later may reach or approach their maximum leaf area in the meantime. An additional advantage of choosing a later time for surveying is that in April the success of reproductive individuals in fruit-set can be determined at the same time. However, late surveys could be hampered by the withering, disappearance, or damage of the plants, which becomes more frequent as the plants approach the end of their growing season.

Citation: Pacsai B., Fülöp B., Bódis J. 2022: Methodological foundation for the demographic research of dog's tooth violet (*Erythronium dens-canis* L.). Bot. Közlem. 109(2): 201–217. DOI: 10.17716/BotKozlem.2022.109.2.201 (in Hungarian with English summary)