

SZAKDOLGOZAT

Szabados Dániel

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Kaposvári Campus
Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet
Természetvédelmi mérnöki alapképzési szak

**A mocsári kardvirág (*Gladiolus palustris* GAUD.)
élőhelyválasztásának mikroklimatikus jellemzői a nyirádi
Sár-állón**

Belső konzulens:

Csete Sándor

egyetemi tanársegéd

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:**

Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet
Természetvédelmi Biológiai Tanszék

Készítette:

Szabados Dániel

Kaposvári Campus

2024

Tartalomjegyzék

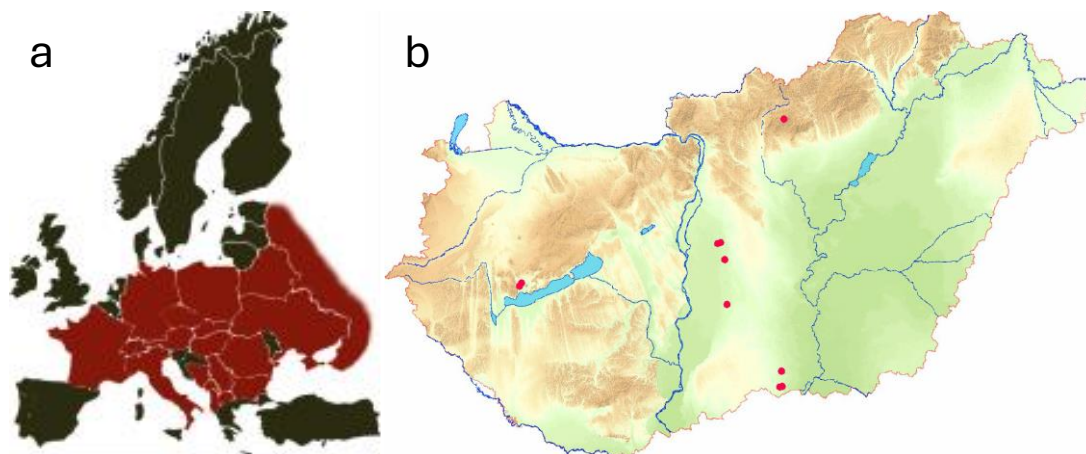
1. Bevezetés és célkitűzések	3
1.1 Bevezetés	3
1.2. Célkitűzések	3
2. Szakirodalmi áttekintés.....	4
2.1.Védettsége.....	4
2.2.Alaktan	5
2.3.Összetéveszthetőség.....	6
2.4.Ökológiai igény – Élőhelyi preferencia	6
2.5.Hazai előfordulás	7
2.6.Veszélyeztető tényezők	7
2.7.Élőhelykezelés a védelem szempontjából	8
3. Anyag és módszer.....	8
3.1. Terepi mintavételezés helyszíne	8
3.2. Terepi mintavételezés időpontja	10
3.3.1. Preferenciális kvadrátok	11
3.3.2. Transzszekt	11
3.4. Adatgyűjtés menete.....	11
3.4.1. Biotikus adatok.....	12
3.4.2. Abiotikus adatok	13
3.5. Statisztikai módszerek	16
4. Eredmények és értékelésük	16
4.1. Abiotikus jellemzők	16
4.1.1 Léghőmérséklet és relatív páratartalom.....	16
4.1.2 Fény (PAR).....	22
4.1.3 Talajnedvesség (VWC%)	24
4.1.4 Talajhőmérséklet	25
4.2 Biotikus változók	26
4.2.1.Egyedsűrűség	26
4.2.2 Hajtásmagasság	27
4.2.3 Levélhossz	28
4.2.4 Levélszélesség.....	29
4.2.5 Levélszám	30
4.2.6 Virágszám	31
4.2.7 Termésszám	32

4.2.8 Virágkötési arány	33
4.2. Értékelés	34
5. Következtetések és javaslatok.....	37
6. Összefoglalás	38
8. Irodalomjegyzék.....	39
9. Ábrák és táblázatok jegyzéke.....	41

1. Bevezetés és célkitűzések

1.1 Bevezetés

A mocsári kardvirág (*Gladiolus palustris* GAUD.) hazánk fokozottan védett, Natura 2000-es növényfaja. Európai elterjedése közép-európai fókuszú, noha több országban is előfordul, de csak néhány száz töves állományokban (1a. ábra). A világállomány megközelítőleg 70%-a hazánkban található, hazai állománya közel félmillió töre becsülhető. (CSETE 2022) A faj összesen 15 hazai populációja zömében a Kiskunságban, kisebb részt a Balaton-felvidéken és a Bakonyalján található (1.b ábra) Élőhelyi igényei kevésbé ismertek. Neve is jól mutatja a problémát, hiszen *palustris*-nak vagyis *mocsári* kardvirágnak írta le a fajt GAUDIN 1828-ban, miután zömével mocsári élőhelyekre jellemző növények között találta. Miközben a faj jelenlegi aktuális állományának 90%-a xerofil, xero-mezofil élőhelyeken fordul elő, jellemzően sztyeppréteken és nyílt száraz erdőkben, legfeljebb időszakosan nedves területeken. Alacsony állományszáma miatt élőhelyi preferenciái nehezen vizsgálhatók. Az ismert állományok közül négy populáció található erdős tájban, mely élőhelyek a legheterogénebbek mikroélőhelyi sokféleségüket tekintve. Ezek közül a legnagyobb, legtermészetesebb erdős kardvirág-állomány a nyirádi Sár-állón található. Szakdolgozatomban ennek a populációnak a mikroélőhelyi preferenciáit kívánom feltárni, alkalmas alapot teremtve a faj nagyobb léptékű élőhely-választásának jobb megismerésére.



1. ábra Európai előfordulás (a), és a hazai előfordulás (b) (Ábrák forrása: CSETE ÉS MTSAI 2014)

1.2. Célkitűzések

Szakdolgozati munkám keretében a mocsári kardvirág nyirádi Sár-állón élő populációjának mikroélőhely-választását kívánom vizsgálni. Ennek keretében jellemzem a kardvirág által

elfoglalt élőhely-foltokat azok abiotikus körülményeit tekintve, ahol a lég- és talajhőmérséklet, lég- és talajnedvesség, valamint a fényviszonyok kerülnek részletes felmérésre.

Ezen túlmenően felmérem a mikroklíma-vizsgálattal érintett tövek kondicionális és reprodukzív állapotát (egyedsűrűség, hajtásmagasság, levélhossz, levélszélesség és levélszám, virág- és termésszám, illetve virágkötési arány).

Végezetül a biotikus jellemzők eltérését vizsgálom az eltérő abiotikus mikroélőhelyek csoportjai között. Így a kardvirágok kondicionális és reprodukzív jellemzői alapján egy átfogó képet kívánok rajzolni a mocsári kardvirág nyirádi élőhely-választásáról.

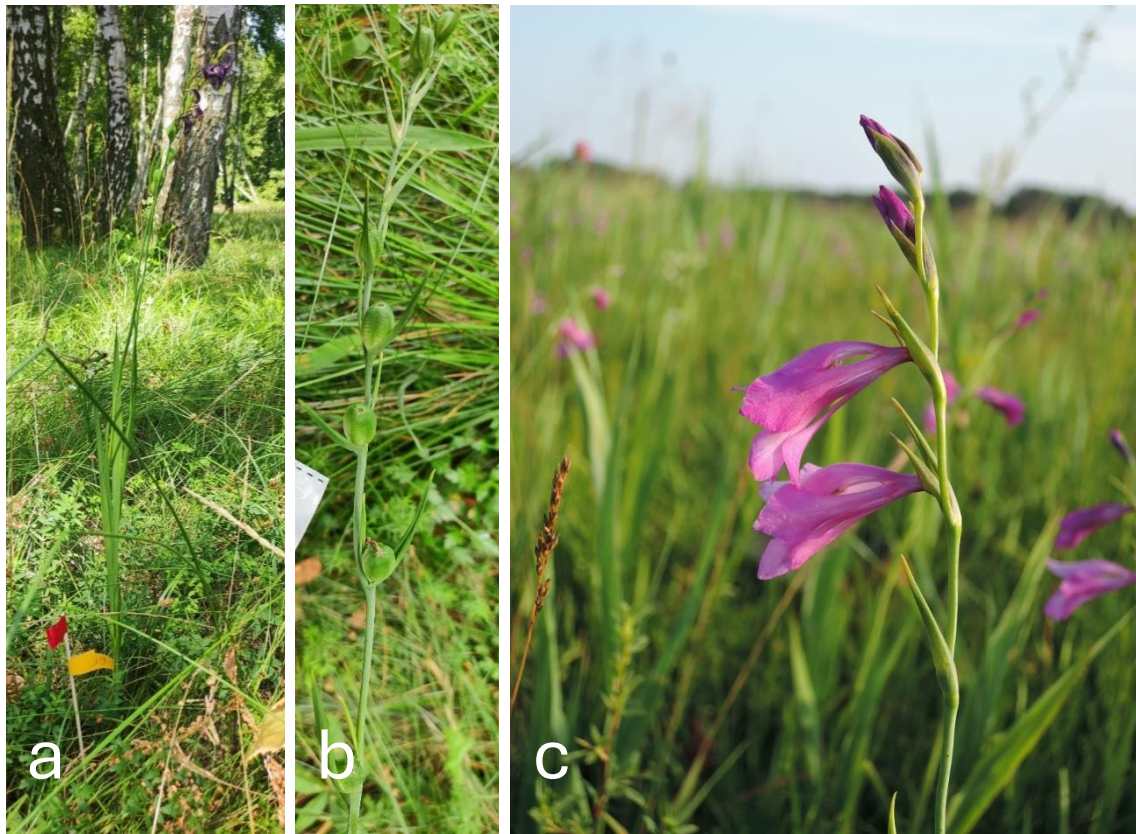
2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Védettsége

A mocsári kardvirág (*Gladiolus palustris* GAUDIN 1828) Európa szerte védett, veszélyeztetett, Európai Unió által közösségi jelentőségűként számontartott növényfaj. 1977 óta szerepel az IUCN vörös listáján. IUCN besorolása: Data Deficient - DD, vagyis adathiányos. Natura 2000-es faj, fajkódja 4096. Magyarországon 1982 óta fokozottan védett faj (ARADI 2006). Több szakember szerint, köztük (NÉMETH 1989) szerint veszélyeztetett, hazánkban él a faj világállományának jelentős hányada, becslései szerint kb. 30%-a. (BORHIDI 1993) megállapítása alapján ritka specialista növényfaj.

Eszmei értéke hazánkban 250 000 Ft. (23/2005. (VIII.31.) KvVM rendelet 1. számú melléklete) Európai Unión belül 122 Natura 2000 védett terület található, melyben jelölik, hogy a mocsári kardvirág számára jelölték ki, részben vagy egészében (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY).

2.2. Alaktan



2. ábra A mocsári kardvirág leszáradó virággal és tokterméssel (a), toktermés (b), virágzó mocsári kardvirág (c), (c) fotó: Csete S. Ásotthalmi láprét TT

Jellemzően 30–50 cm, de akár 90 cm körüli hajtásmagasságot is elérő, hagymagumós, egyszikű évelő növény. Jellemző levélszáma 4-5, levélszélessége 0,8-1,5 cm. Levelei szálasak, hosszan hegyesedő csúcsban végződnek. A 3-4 cm-es bíborpiros színű, tölcséres alakú virágai (2c. ábra) a szár végén 2-10 virágszámú laza egyoldalra néző füzért alkotnak. A virág mellett álló hosszabbik buroklevél hosszabb a lepel felénél. Az alsó állású lepellevelei hosszanti fehér sávval díszítettek (3. ábra). Termése tompa, lekerekített végű, tojásdad alakú toktermés (2b. ábra), melynek méretéről elmondható, hogy hossza körülbelül a szélességének a duplája (CSETE 2014). A mocsári kardvirág évente új gumót képez a vegetációs időszaka végére. Régi gumója sokáig megmarad, nagyon ellenálló a kiszáradásnak, ami lehetővé teszi számára, hogy viszonylag hosszú ideig túléljenek erősen vízhiányos időszakokat is (KÄSERMANN 1999).



3. ábra Mocsári kardvirág virágja, fotó: Molnár V. A

Virágzási időszaka június közepétől-július közepéig tart, majd termésérlelése július-augusztusban történik.

A hazai populációkban a virágzó példányok száma évről évre szélsőségesen változik. A teljes hazai állomány 500 000 töre becsülhető (CSETE 2022).

2.3.Összetéveszthetőség

Hazánkban összesen két kardvirágfaj őshonos. A két faj közti különbségek a következők: A hazánkban szintén védett réti kardvirág (*Gladiolus imbricatus*) kicsit nagyobb termetű, 50–120 cm hajtásmagasságú, levélszélessége jellemzően 1–2 cm. Virágszámban is több, 5-15 virágú. A két növény termésében is elkülöníthető, a réti kardvirág termései rövidebbek, a szélességüknél kb. másfélszer hosszabbak, ellenben a mocsári kardvirág (2b. ábra) szélességhez képest kétszeres hosszával. A toktermés alakjában is fellelhető különbség, miszerint a réti kardvirágé csúcsánál behorpadt, tövétől indulva gyorsan keskenyedő, míg a mocsári kardvirágé nem behorpadt csúcsú, fordított tojásdad forma, tövétől fokozatosan keskenyedő (MOLNÁR ÉS MTSAI 1995).

2.4.Ökológiai igény – Élőhelyi preferencia

A mocsári kardvirág igen változatos élőhelyeken, (CSETE 2014) szerint jellemzően társulások átmeneti zónájában jelenik meg. Változó talajnedvességű, tápanyagszegény talajokat részesíti előnyben. A talaj mésztartalmát, illetve kémhatását tekintve rendkívül tág tűrésű növény, Tapolcai-medence pH 7,8–8-as értékétől egészen a mátrai állomány pH 5,2-es értékéig elviseli (CSETE 2014). Európai állományaiban változó nedvességű, tápanyagszegény, bázisokban és mészben is gazdag humuszos agyagtalajokon, mint például mocsaras erdei tisztások, időszakosan víz borította réteken, cserjésekben fordul elő. De megjelenik váltakozó szárazságú sovány réteken is (NOWOTNY – TRÖSTER 2002). Európai előfordulásokban közös tényező rendszerint, hogy változó nedvességű talajokhoz kötődik. Ha ez az állapot eltolódik, túlzott nedvesség, vízborítottság vagy hosszabb ideig tartó kiszáradás felé, a konkurencia miatt eltűnik előbb utóbb (KÄSERMANN 1999). Hazánkban (SOÓ 1930) szerint inkább mészkedvelő, változó vízellátottságú tápanyagszegény humuszos vályog-, homok- és tözegtalajokon jelenik meg. (MÁTHÉ 1934) megfigyelési alapján előfordulási körülményei igen változatosak. Nedves mocsár- és lápréttől egészen a homokpusztai élőhely-típusokig sokfelé megjelenik. (SIMON 1992) szerint üde sztyeppréti faj. Magyarországon a faj állományainak döntő többsége alacsony (95-196 m) tengerszint feletti magasságban található, a mátrai állomány, ami eltér ettől 930 m

tengerszint feletti magasságon fordul elő. Itthoni eddigi ismert populációi alapján kijelenthető, hogy sík- és hegyvidéki növényfaj (CSETE 2014).

A mocsári kardvirág specialista, az ökológiai viszonyokhoz széles tartományban alkalmazkodó faj. Élőhelye változó vízgazdálkodású, tápanyagszegény, talaj mésztartalmára közömbös, kémhatás szempontjából is igen tágtűrő. Ezeket a legkülönbözőbb élőhelyi feltételeit általában gyepes társulások átmeneti zónájában, nyílt erdőkben, erdei tisztásokon, erdőszegélyekben, kiszáradó lápréteken találja meg.

Mint tapasztalható, aktuális hazai állományai Duna-Tisza közén, Tapolcai-medencében, Bakonyalján kiszáradó láprétek és sztyeprétek átmeneteiben, változó vízellátottságú talajokon fordulnak elő. Mátrai állományára is a sztyepréti és a nedves réti átmenetek jellemzők (CSETE 2014). KIRÁLY szerint (2009) láprétekben, homoki sztyepréteken, hegyi réteken, keményfás ligeterdőkben, száraz tölgyesekben találkozunk e fajjal.

Az ÁNÉR 2011 élőhelyei közül az alábbiakban jelenhet meg a mocsári kardvirág: D2 – Kékperjés rétek, L2b – Cseres-kocsányos tölgyesek, E34 – Hegy-dombvidéki sovány gyepék és szőrfűgyepék, H5b – Homoki sztyeprétek, E5 – Csarabosok (BÖLÖNI ÉS MTSAI 2011).

2.5.Hazai előfordulás

A mocsári kardvirág közép- és kelet-európai faj (*1a. ábra*). Magyarországon aktuálisan 15 állománya ismert (*1b. ábra*). A Mátrában Galya-tetőn, Balaton-felvidéken Raposkán és a nyirádi Sár-állón, a többi 12 populáció a Kiskunság területén: Kunpeszér, Kunbaracs, Izsák, Ásotthalom, Mórahalom és Zákányszék határában. Mindezekből négy erdős állománya van a mocsári kardvirágnak.

2.6.Veszélyeztető tényezők

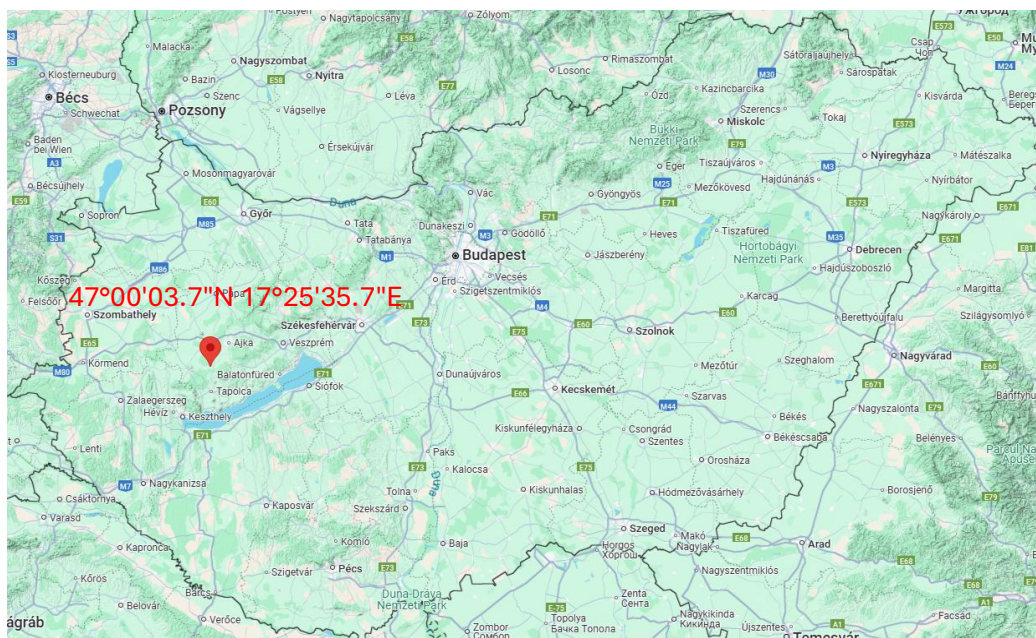
Általánosságban elmondható, hogy legtöbb hazai élőhelyén a cserjésedés, beerdősülés okoz problémákat. A vizenyős foltok lecsapolása, élőhelyek kiszárítása is veszélyeztetheti az állományokat (VIDÉKI 2006). A kisebb állományoknál maga a kis egyedszám, élőhelyfoltok izolációja jelent veszélyt a fennmaradásukra. Veszélyeztető tényező lehet továbbá a legeltetés is, birka- és juhlegeltetés, de a nagyobb testűek, mint szarvasmarha is gondot okozhat taposásával. Szintén veszélyes lehet a turizmus okozta taposás is, legyen az közvetlenül emberi láb általi vagy a közlekedésre használt gépjárművek által okozott.

2.7. Élőhelykezelés a védelem szempontjából

Természetvédelmi kezelés során a becserjésedést meg kell akadályozni (CSETE 2014). Legeltetéssel csak a gyomos vagy cserjésedő gyepeket szabad kezelni, egyéb esetben inkább mellőzni kell. Özönfajokat, mint például magas aranyvesszős foltokat évi egyszeri, lehetőleg az adott gyomfaj virágzása előtti kaszálással vagy szárazúzással kezelni kell. Mocsári kardvirág közvetlen élőhelyén, ha a gyomosodás vagy cserjésedés indokolja csak tisztító kaszálás javasolt, lehetőség szerint kézzel végezve, magérést követően augusztus végétől. (17/2005. (VII.14.) KvVM rendelet)

3. Anyag és módszer

3.1. Terepi mintavételezés helyszíne



4. ábra Nyírad Sár-álló terepi mintavételezésünk helyszíne.

Szakdolgozati munkámhoz a terepi adatgyűjtést a Nyírad melletti Sár-állón végeztem (4. ábra). A terület a Balaton-felvidéki Nemzeti Park Igazgatóság (BfNPI) kezelésébe tartozik. Kiterjedése 360 hektár. 2005-től Nyírádi Sár-álló Természetvédelmi Terület néven védett. 2004 óta a Natura 2000 hálózat része, Felső-Nyírádi-erdő és Meggyes-erdő elnevezéssel, HUBF20011 azonosítóval (FUTÓ – MESTERHÁZY 2013).

Domborzat, geológiai jellemzők

A nyirádi Sár-álló a Devecseri-Bakonyalja kistáj része. Hegylábfelszínhez tartozik, ugyanakkor a felszínen nagyon apró térszínkülönbségek lelhetőek csak fel. Síksági vízválasztó, gyenge lefolyású terület, így a vízfolyások se tudtak jelentősen bevágódni rajta. A terület alapkőzete a mélyben triász végi karsztosodott dolomit, melyet a középső-eocénben egyéb üledékek fedtek le. Az általunk vizsgált területet homoktalajok fedik (DÖVÉNYI 2010).

Éghajlat

Mérsékelt hűvös és mérsékelt nedves éghajlatú terület. Évi napfénytartam 1970 óra körüli érték. Az évi középhőmérséklet 9,5 °C, az évi csapadékösszeg 670-710 mm között alakul. A vegetációs időszakban ebből 400-430 mm hullik, 15,0-15,5 °C közötti középhőmérséklet mellett (DÖVÉNYI 2010).

Vízrajz

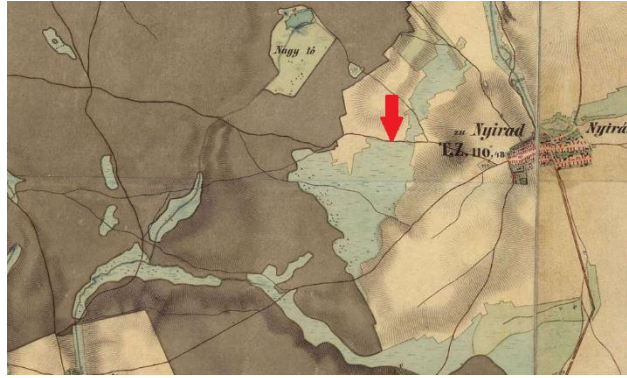
Erről a területről eredt a Meleg-víz és a Kígyós-patak egy-egy mellékága. Évtizedekkel ezelőtt mezőgazdasági érdekből elkezdtek lecsapolni a területet, majd a közeli bauxitbányászat miatt a Meleg-víz patakot kimélyítették és kiszélesítették. Majdnem két évtizeden át szivattyúzták ki a bauxitbányák karszt rétegvizét ebbe a patakmederbe, 1985-ben a 700 m³/percet is megközelítő mértékben (DÖVÉNYI 2010). A bányászat felhagyása után a Meleg-víz patakmedre továbbra is csapolta a Sár-álló területét, mivel a túlzottan kimélyített meder átvágta a felső vízzáró réteget. Ezt a problémát a BfNPI 2004-ben történt élőhely-rekonstrukció során nagyrészt mérsékelte azzal, hogy a csatorna mentén 700 m hosszan speciális vízzáró fóliát süllyesztettek be az agyag vízzáró rétegig (FUTÓ – MESTERHÁZY 2013).

Növényzet

Eredetileg cseres-tölgyesek borította kistáj. Zalai flórajárás (Saladiense) része. A méréseink helyszínén és környezetében cseres tölgyesek, kékperjés rétek, nyírligetek, szőrfügyepek, csarabosok fordulnak elő (MOLNÁR ÉS MTSAI 1995). A mocsári kardvirág négy hazai erdős állományából a legheterogénebb és legnagyobb a nyirádi Sár-állón élő populáció, ahol a növényfaj egyszerre jelen van nyílt erdőben, zárt erdőben és réten is (CSETE ÉS MTSAI 2014)

Vegetációtörténet

A Sár-álló területe a Habsburg Birodalom által készített un. Első Katonai Felmérés (1782-1785) térképén már szerepel (ARCANUM TÉRKÉPEK), hasonlóan a későbbi katonai felméréseken is (1806-1869, 1887), illetve a kataszteri térképeken is (1858) megjelenítésre került (5. ábra). Vizsgálataink területén a maihoz hasonló kiterjedéssel az 1700-as évek vége óta



5. ábra Nyírad a Habsburg Birodalom által készített Első Katonai Felmérés térképén (1782-1785). A mocsári kardvirág mai élőhelyét piros nyíl mutatja.

kaszáló, legelő, vizenyős terület volt (5. ábra). Az erdő és a rét határa az elmúlt 200 év során többé kevésbé változatlan. Egyes feljegyzésekből, illetve a vegetáció mai összetételéből, ahol a zárt sztyepréti fajok közt a réten megtalálhatóak jellemzően erdei fajok is, következtethetünk arra, hogy több évszázad óta a terület vegetációja hasonló lehetett, vagyis rét és az erdő határa dinamikusán változhatott. Az erdő feltételezhetően kicsit nagyobb kiterjedésű lehetett, de a réti vegetáció is jelen volt.

3.2. Terepi mintavételezés időpontja

A mocsári kardvirág élőhelyválasztásával kapcsolatos adatgyűjtést 2024. július 8-10. között végeztük.

3.3. A mintavételi kvadrátok elrendezése, a terepi mintavételezés logikája

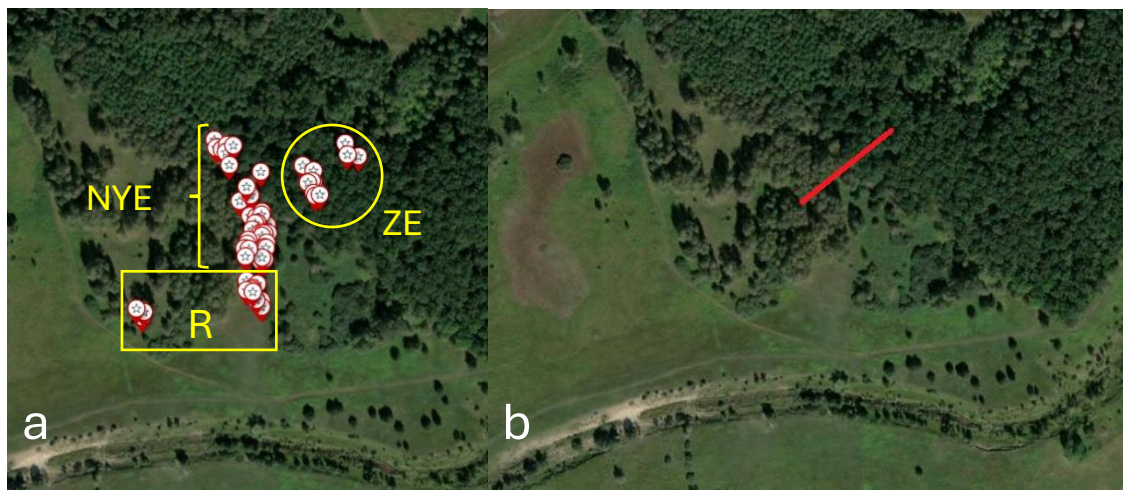
Az elvégzett terepi mintavételezés során alapvetően kétféle mintavételi módszert használtunk. A Sár-állón lévő mocsári kardvirág-állomány területére eső nyílt és zárt erdőfoltokat, valamint a köztük lévő erdőszegélyt egy egyenletes, vonal menti mintavételezéssel kívántuk jellemezni (transzszekt-vizsgálat), míg a kardvirágok által ténylegesen elfoglalt mikroélőhelyek jellemzésére a kardvirágok előfordulására illesztett, un. preferenciális kvadrátokat (70 darab) használtunk. Ez utóbbiak középpontjában álló kardvirág-töveket rétegzett random módon választottuk ki a többi közül.

3.3.1. Preferenciális kvadrátok

A mintavételi kvadrátok a mocsári kardvirág-példányok előfordulási helyein, azok közvetlen környezetében lettek kijelölve. Rétegzett random elrendezést követtünk, vagyis a kardvirág-populáció három élőhely-típusában, nyílt erdő (NYE), zárt erdő (ZE), rét (R) típusokban a kvadrátok véletlenszerűen lettek lehelyezve. (6a. ábra) 70 db, 1 m × 1 m-es kvadrát lett kijelölve összesen a három élőhely-típusból. Kvadrátok kimérése során annak középpontjában egy előző lépésben beazonosított, jelölő zászlóval jelölt növénytő állt (2a. ábra). A réten és a zárt erdőben teljes mintavételt végeztünk, 12 és 13 kvadráttal, míg a fennmaradó kvadrátokat a nyílt erdő heterogén élőhely-foltjába osztottuk ki.

3.3.2. Transzszekt

Délnyugat-északkelet irányú 1 m × 90 m-es transzszektet jelöltünk ki a nyílt és a zárt erdő határán a mikroklima erdei variabilitásának vizsgálatára. A transzszekt a kardvirágok előfordulási területén keresztül húzódik, de a benne előforduló kardvirágtövek száma csekély (három tő). A transzszekt merőlegesen fut a nyílt és a zárt erdőállomány határán keresztül. (6b. ábra) A transzszekt kijelölésénél követtük BAUER leírását a nyirádi mocsári kardvirág-populáció elhelyezkedéséről (BAUER 2004), és a transzszektet az általa felmért kardvirág-állomány középpontjában helyeztük el.



6. ábra A 70 darab 1×1 m-es kvadrát rétegzett random elrendezése (a), és a 90 m-es transzszekt elhelyezkedése a nyirádi Sár-állón (b). (ZE=zárt erdő, NYE=nyílt erdő, R=rét.)

3.4. Adatgyűjtés menete

Valamennyi kvadrátnak rögzítettük a térbeli lokalitását GPS koordinátáikat felvéve, melyhez egy Magellan Explorist Pro 10 GPS készüléket használtunk, melyen DigiTerra v7

térinformatikai szoftver futott. Az adatgyűjtés során biotikus jellemzőket a kvadrátokban, abiotikus jellemzőket a kvadrátokban és a transzszekt mentén rögzítettünk.

3.4.1. Biotikus adatok

Biotikus adatokat 70 kvadrátban vettünk fel, ahol minden fellelhető tövet felmértünk. Összesen 256 kardvirágtő került felmérésre. Valamennyi kardvirágtövön rögzítettünk azok kondicionális állapotára utaló, valamint reprodukív képességeikre jellemző változókat.

Kondicionális jellemzők:

- kvadráton belüli mocsári kardvirágok egyedszáma,
- hajtásmagassága (cm),
- levélszáma,
- alulról a második levél hossza (cm),
- alulról a második levél szélessége (mm).

Reprodukív jellemzők:

- virágszám,
- termésszám,
- virágzó és nem virágzó tövek aránya,
- majd a termésszám és a virágszám hányadosaként meghatároztuk a virágkötési arányt.

Egyedszám, levélszám, virág- és termésszám esetén darabszámot vettünk fel. Hajtásmagasságot és második levél hosszát cm-ben, egy tizedesjegy pontossággal rögzítettünk, míg második levél szélességét legszélesebb pontjában mm-ben mértük, 0,5 mm-es pontossággal. Levélhossz és szélesség esetében alulról második levél került mérésre, mivel a legalsó levél gyakran rágott, sérült, leghamarabb sárgul és hal el. A második levél jellemzően a leghosszabb, legszélesebb, ezáltal a legjobban tükrözi a növény általános kondícióját.

3.4.2. Abiotikus adatok

Léghőmérséklet (°C) és relatív páratartalom (RH%)

A léghőmérséklet és a relatív páratartalom mérésére a Gemini cég automatikus adatrögzítésre képes műszerét használtuk (7. ábra). Kihelyezésre került 15 darab Tinytag Plus 2 (TGP-4500) mikroklímamérő, a három élőhelyen a következő feloszlásban: réten három, nyílt erdőben hét, zárt erdőben öt eszközzel. A mikroklímamérőket gyepszintben 20–25 cm-es magasságban, 13 órai kezdettel, 24 óráig üzemeltettük egy helyen, ahol 5 perces adatgyűjtési intervallumra beállítva mértek. A mérőműszereket nem árnyékoltuk. Próbamérés alapján ismert, miszerint az árnyékolat műszer nem melegszik fel annyira, mint a nem árnyékolat, ugyanakkor lassabban hűl ki. Nekünk a mérés során fontos volt, hogy gyorsan reagáljon a változó hőmérsékleti viszonyokra, ezért árnyékolás nélkül helyezettük ki a műszereket.



7. ábra Tinytag Plus 2 (TGP-4500) mikroklímamérő egy mocsári kardvirág példány mellett.

24 óra leteltével a mikroklímamérőket áthelyeztük a vonaltranszszekt mentén az alábbi eloszlásban: 0-45 m között 5 méterenként, majd 45 m-től 10 méterenként került ki egy-egy műszer. 85 m helyett a transzszekt végére 90 m-re helyeztük a mérőt. (10. ábra) Összesen 14 Tinytag-et helyeztünk ki a transzszektre, egyet a réten hagytunk erre a mérési ciklus idejére referenciaként. A vonaltranszszekt nyomvonalán szintén 20–25 cm magasságban rögzítve, 24 órára, 5 perces adatgyűjtési intervallummal történt az adatgyűjtés. A műszerek távolságát azért így osztottuk szét, hogy a nyílt erdő és az erdőszegély térbelileg változatosabb környezeti viszonyairól jobban képet kapjunk. A viszonylag homogénnek tűnő zárt erdőben már ritkábban, tíz méteres távolságokon helyeztük ki a műszereket.

Elemzéshez használt változók:

- 24 órás, valamint nappali és éjszakai átlaghőmérséklet,
- 24 órás, valamint nappali és éjszakai relatív páratartalom,
- párányomás-hiány (kPa) (Vapour pressure deficite, VPD).

A VPD a relatív páratartalomból (RH) és a léghőmérsékletből (T) számított érték.

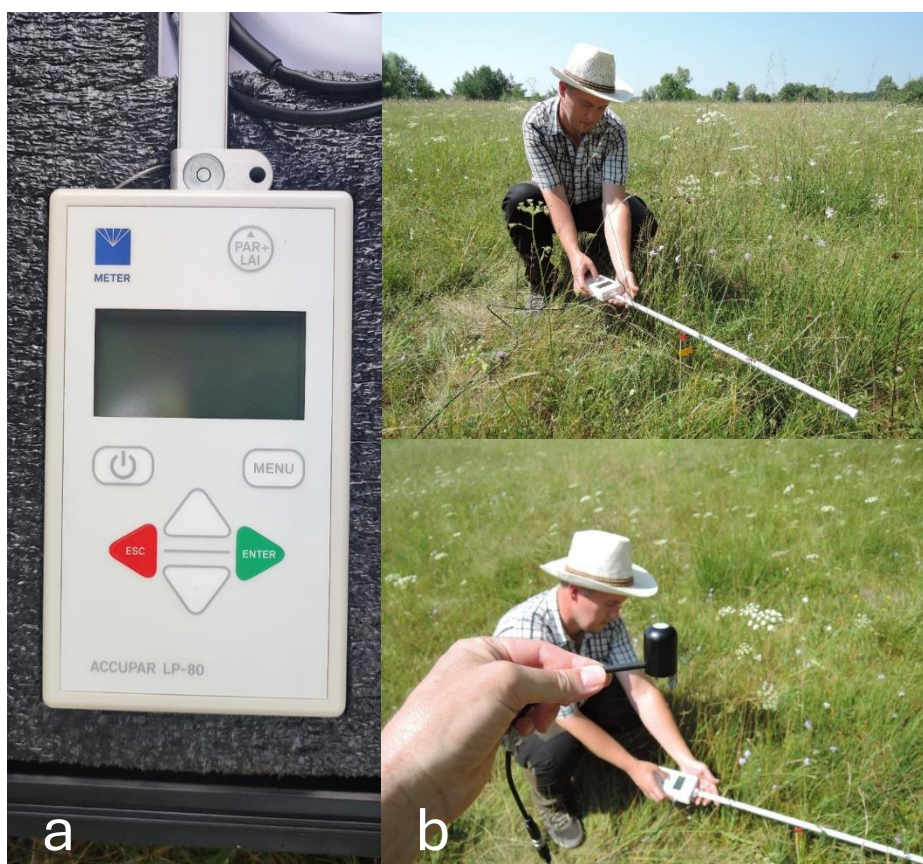
$$VPD = (100 - RH) \times 6.112 \times e^{(17.67 \times T / (T + 234.5))}.$$

Szoros kapcsolatban áll a párolgással. Egy olyan mutató, ami figyelembe veszi a hőmérsékletnek a levegő víztartó képességére gyakorolt hatását, ami a levélfelület

transpirációját hatja. A transpiráció akkor következik be, mikor a levelekben a párányomás nagyobb, mint a levegő gőznyomása. A VPD egy igen fontos limitáló faktor a növény növekedése, reprodukciója szempontjából (MCDOWELL ÉS MTSAL. 2008; YUAN ÉS MTSAL. 2019; SÜLE ÉS MTSAL. 2020). Kutatási eredmények támasztják alá, hogy ott, ahol a VPD értéke az 1,2 kPa-t meghaladja, stresszhatás lép fel a növények számára, illetve 3 kPa feletti VPD-érték már erősen gátolja a növények növekedését és fejlődését a fotoszintézis akadályozása által (KHANH ÉS MTSAL. 2024)

Fény (PAR)

Fénymérést a Meter Group gyártotta AccuPAR LP 80-as mérőeszközzel végeztük. (8a. ábra)



8. ábra A fénymérésre használt AccuPAR LP 80-as mérőműszer (a), és a műszer a mérés során (b)

(Fotó: Csete S.)

A teljes napfényből mi a fotoszintetikusan aktív radiációt (PAR) vagyis a 400-700 nm hullámhosszúságú fény mennyiségét mértük fotonáramban ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$). A műszer egy 80 cm-es szondával rendelkezik, melyen 8 szegmens, szegmensenként 10 érzékelő (összesen 80) adatát átlagolva adja meg a fényintenzitást. Az eszköz továbbá rendelkezik egy külső érzékelővel is, mellyel a referencia-fényadatok mérhetőek. Mi ezt a kiegészítő műszert

használtuk arra, hogy a vizsgált gyepszintek feletti, 1,3 m magasságban uralkodó fényviszonyokat, mint referenciaértékeket rögzítsük (Above PAR). A mérések során 70 db kvadrát uralkodó fényviszonyait a talaj felszínétől 20-25 cm-re a gyepszintben mértük, kvadrátonként 4-4 mérésből átlagolva (Below PAR) (8b. ábra). Vizsgálataink során az abszolút fénymennyiséggel (Below PAR) dolgoztunk.

A fényméréseket valamennyi kvadrátban 1–1,5 óra alatt, tiszta napsütéses égbolt idején, 11 és 12:30 óra között végeztük.

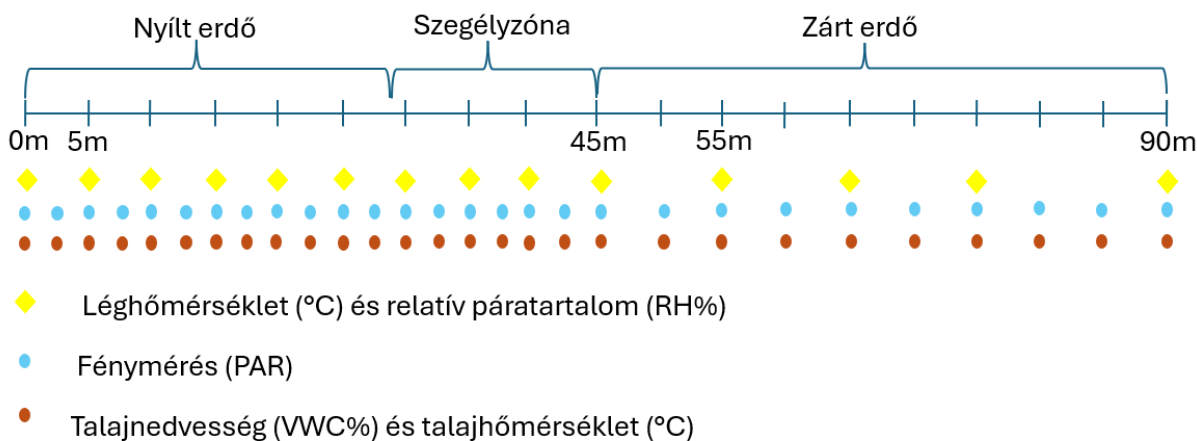
A vonaltranszszekt mentén 0–45 m között 2,5 méterenként, majd 45–90 m között 5 méterenként mértünk fényt. Minden egyes mérésre kijelölt kvadrátban a már fentebb ismertetett módon jártunk el a fény mérése során. (10. ábra)

Térfogati talajnedvesség (%) és talajhőmérséklet (°C)

A térfogati talajnedvesség, VWC (%) és a talajhőmérséklet (°C) mérését egyaránt a FieldScout TDR-350 (Spectrum Technologies) mérőműszerrel végeztük (9. ábra). 12 cm-es szondát használva, kvadrátonként 3 mintavételi ponttal, standart talajtípus-beállítással. A transzszekt mentén 0–45 m között 2,5 méterenként, majd 45–90 m között 5 méterenként mértünk térfogati talajnedvességet (%) és talajhőmérsékletet (°C) (10. ábra) Az elemzéshez használt változók: átlagos térfogati nedvességtartalom (VWC%) és átlagos hőmérséklet (°C).



9. ábra A talajvizsgálatra használt FieldScout TDR-350 a mérés során.



10. ábra A 90m-es transzszekt mentén végzett mérések, és azok mintavételezési távolságai.

A transzszekt a mocsári kardvirág elterjedési területén megy keresztül (BAUER 2004), nem kifejezetten a tövekhez igazítottuk. A nyílt és zárt erdei foltokat kívántuk lefedni vele. A nyílt erdei szakaszon egy, míg a zárt erdei részen két kardvirágtőt is találtunk méréseink során, ami a vonalvizsgálat területére esett.

3.5. Statisztikai módszerek

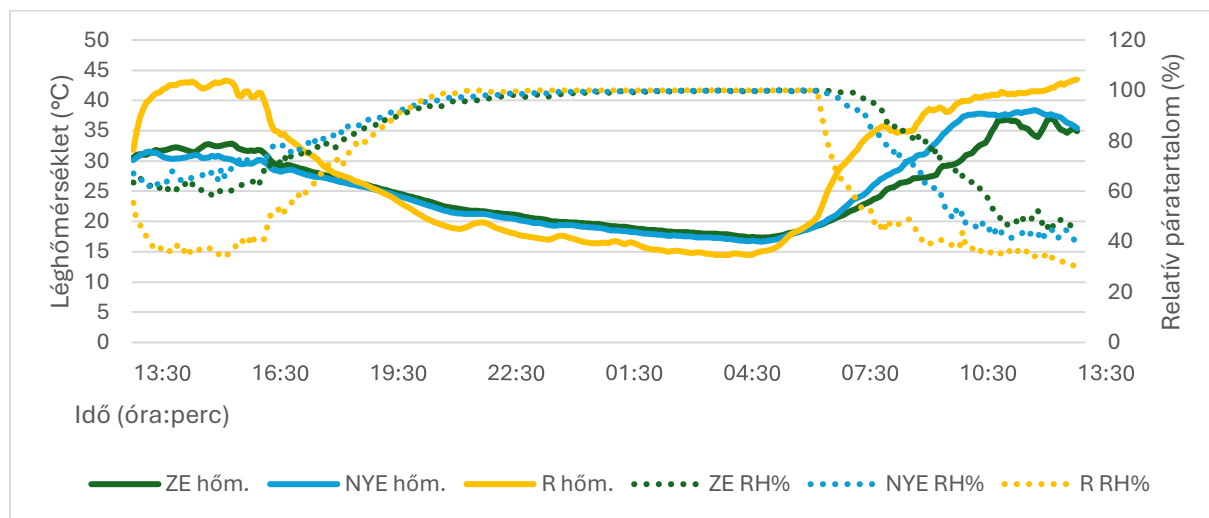
Statisztikai vizsgálatokhoz a Past 4.13 programot és Microsoft 365 Excel-t használtam. Adatok rögzítése és az ábrák készítése Microsoft 365 Excel-ben és Past 4.13 programmal történt. Az átlagok és a medián egyezését paraméteres és nem paraméteres varianciaanalízissel (ANOVA, Kruskal-Wallis-teszt) vizsgáltam, post hoc tesztként: Tukey- és Dunn tesztet, (szekvenciális Bonferroni korrekcióval) végeztem (ABDI 2010). Az eloszlásokat Khi-négyzet tesztel hasonlítottam össze. Sokváltozós tesztként főkomponens-analízist (PCA) végeztem a 70 preferenciális kvadrátra. Az összes statisztikai tesztnél a szignifikancia határát a $p < 0,05$ szinten vettem.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. Abiotikus jellemzők

4.1.1 Léghőmérséklet és relatív páratartalom

A nyirádi Sár-állón a mocsári kardvirágok elterjedési területén, három élőhelyen, a zárt erdőben öt, nyílt erdőben hét, réten három elhelyezett mikroklímamérő átlagadatainak 24 órás léghőmérséklet (°C) és relatív páratartalom (%) értékeit láthatjuk a 11. ábrán.



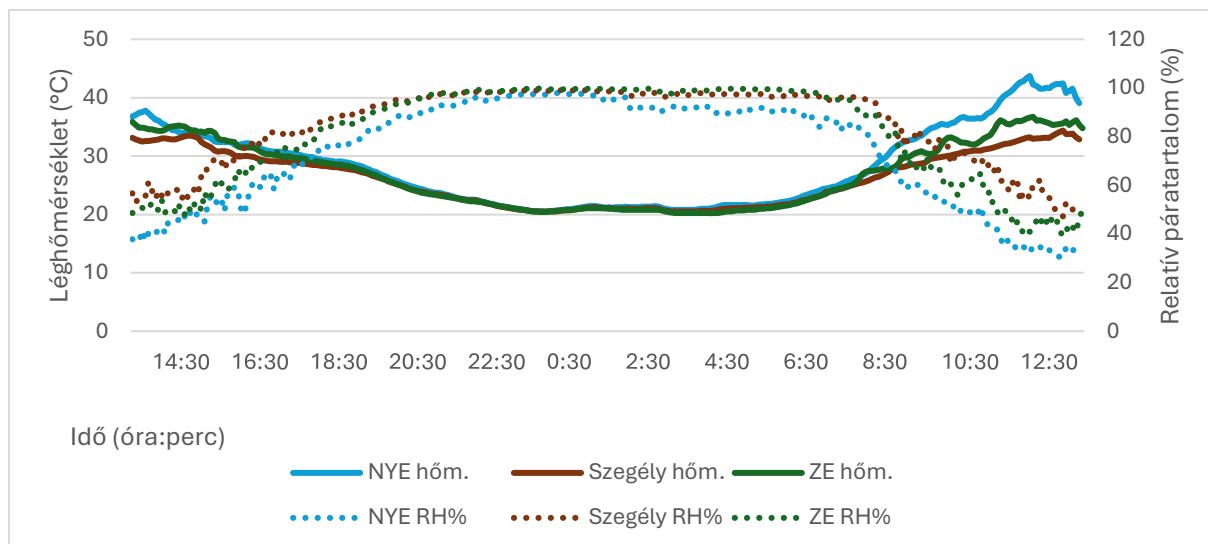
11. ábra A „zárt erdő”(ZE) „nyílt erdő” (NYE), és a „rét” (R) élőhely-foltokban a léghőmérséklet (°C) és a relatív páratartalom (%) alakulása egy 24 órás mérés során, a Tinytag mikroklímamérők élőhelytípus szerinti átlagadataival.

2024.07.08. 13:30 óra és 2024.07.09. 13:30 óra között mért adatokból jól kirajzolódnak az élőhelyek közti különbségek. 24 órán belüli legnagyobb hőingás és páratartalom változás a réten zajlott le. Napfelkeltét követően a réten emelkedett leggyorsabban a léghőmérséklet, 13 órakor 43,5 °C hőmérsékleti maximumot itt mértük. Napnyugta után ugyanitt a leghamarabb kezdett csökkenni a levegő hőmérséklete, kora hajnalban 4 órakor érte el 14,4 °C-kal a minimumát. A relatív páratartalom szintén a réten változott a legnagyobb keretek között. Napkelte után leggyorsabban a legalacsonyabb, 30,3%-os szintig csökkent, hogy aztán 16:30 után napnyugtához közeledve gyorsan emelkedni kezdjen, és hamar elérje a 100%-os relatív páratartalmat.

Reggeli órákban azt mértük, hogy a zárt erdő melegszik fel leglassabban, nála a nyílt erdő gyorsabban melegszik, viszont nem olyan mértékben, mint a rét. Nyílt erdő délben mért 38,4 °C maximumát követően kora délutántól már hűsebb a zárt erdőnél, amely délután 15 órakor 37,1°C-on tetőzik. A hőmérsékleti minimumértékeket az erdei élőhelyek hajnali 5 órára érik el, ami a nyílt erdőben 16,7 °C-kal, a zárt erdő pedig 17,3 °C-kal jelentkezik.

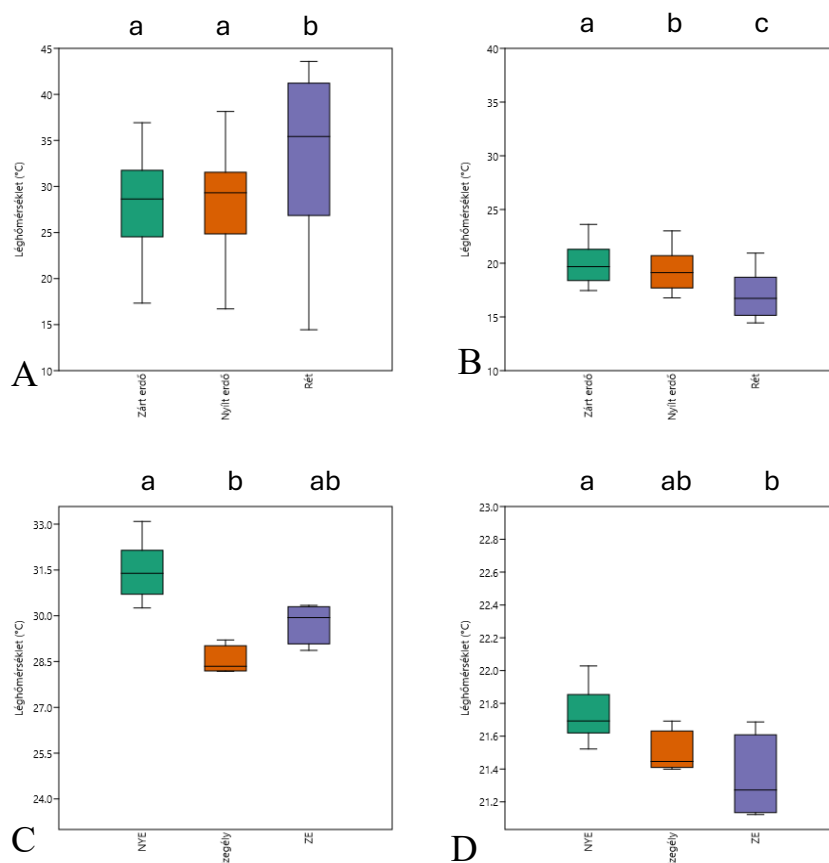
A relatív páratartalom napkeltét követően a zárt erdőben marad legtovább magasabb értékeken, ellenben kora délutántól a nyílt erdőben mértünk a három élőhely közül a legmagasabb értékeket. A zárt erdő relatív páratartalom minimuma 43,6% volt, míg ez az érték a nyílt erdőben 40,8%-nak bizonyult.

A transzszekt-vizsgálat további részleteket tárt fel a két erdei élőhely mikroklímájának alakulásáról (12. ábra). A kombinált vonaldiagram jól szemlélteti, hogy hasonlóan a már fent leírtakhoz képest, napkelte után a nyílt erdő gyorsan melegedve eléri a legmagasabb maximum értéket déli órákban 43,7 °C-ot, míg relatív páratartalom ezzel fordított arányban leghamarább csökken 30,3% minimum értékéig. Zárt erdő a nyílt erdőhöz képest hűvösebb és párásabb marad. A két élőhelytípus között fekvő erdőszegély bizonyult a leghűvösebbnek és a legpárásabbnak a 24 órás mérés során. Zárt erdő maximum léghőmérséklete 37,7 °C, minimuma 20,2 °C, míg relatív páratartalom 99,8% és 34,3% mért értékek között mozgott. Az erdőszegély 34,8 °C és 20,5 °C szélsőértékek mellett, 99,1% maximum és 41,7% minimum relatív páratartalom értékeket ért el.



12. ábra A transzszekt mentén mért léghőmérséklet (°C) és relatív páratartalom (%) alakulása 24 óra folyamán a nyílt erdő, szegély és zárt erdei élőhelyfoltban, élőhely-típusonként átlagolt adatokkal. (NYE=nyílt erdő, ZE=zárt erdő, Szegély=erdőszegély)

A léghőmérséklet adatait box-plot diagramokon is szemléltettem (13. ábra). A léghőmérsékletet nappali és éjjeli felosztásban ábrázoltam, a 13.A ábra a nappali léghőmérsékletet, 13.B ábra az éjjeli léghőmérsékletet mutatja adott élőhely-típusokban a kardvirágos mikroélőhely-foltokban. A 13.C és D ábra ugyanezen változókat jeleníti meg a kardvirágok előfordulásától relatíve független transzszektből származó adatok alapján, 24 órás adatokból számolt átlagadatokkal, nyílt erdő, szegély, zárt erdő élőhelyeken.



13. ábra Léghőmérséklet a kardvirág által elfoglalt mikroélőhelyek adatai alapján a három élőhely-kategóriában, nappali léghőmérséklet (A), éjszakai léghőmérséklet (B). C és D: léghőmérséklet a transzszekt élőhely-kategóriáiban: (C) nappali és (D) éjszakai. (NVE=nyílt erdő, Szegély=erdőszegély, ZE=zárt erdő)

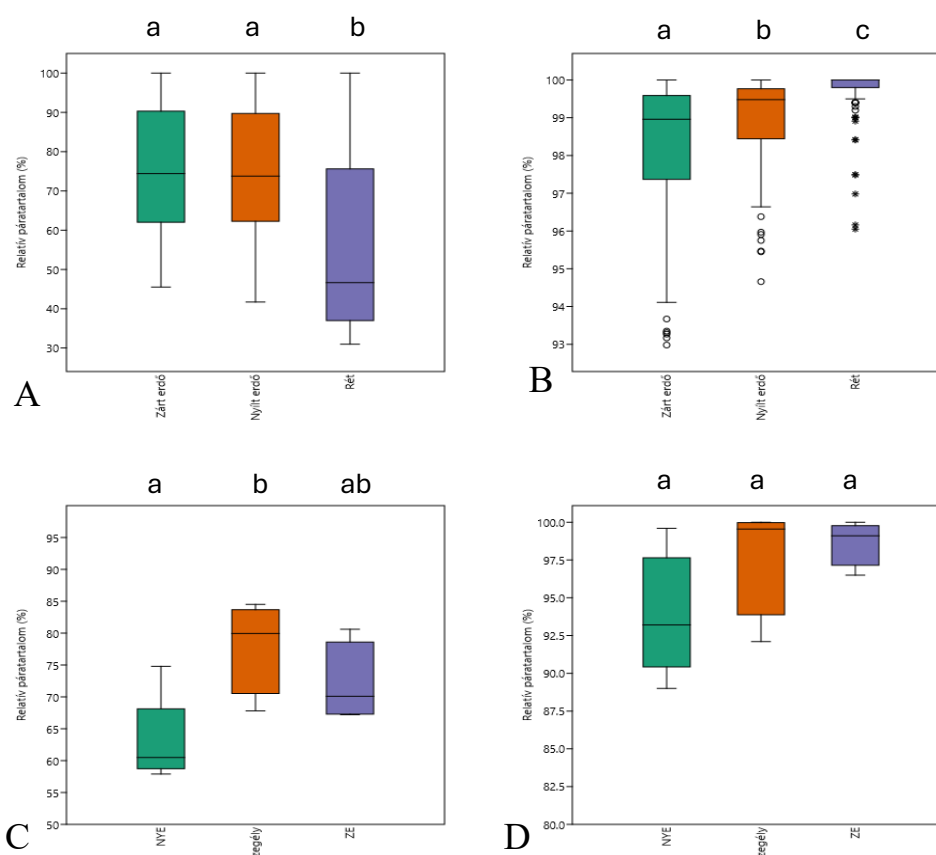
A 13.A ábra alapján megállapítható, hogy meglepő módon a kardvirág által preferált mikroélőhelyek nappali léghőmérsékletének mediánjai nem különböznek egymástól a zárt és a nyílt erdőfoltban: zárt erdőben a medián érték 28,6°C, nyílt erdőben 29,3°C. Ezzel szemben a kardvirágoktól relatíve független transzszekt-adatok alapján megrajzolt hőmérsékleti grafikonok (13. C és D) a várt hőmérsékleti eltérést mutatják a nyílt és zárt erdőfoltokban (K-W H: 10,42; $p = 0,0054$): a nap folyamán a nyílt erdő 31,4°C középértékkel jobban felmelegszik, elkülönülve a szegély hűsebb 28,3°C-os mediánjától, míg a zárt erdő a kettő között helyezkedik el, mediánértéke 30°C körülnek adódott. Mindhárom erdei élőhely ugyanakkor messze elmarad a réti referenciapontban mért értékektől.

A réti, kardvirágos élőhelyfoltok lényegesen erőteljesebb nappali felmelegedést, 35,4°C-os medián értéket mutatva szignifikánsan különböznek mind a nyílt, mind a zárt erdei mikroélőhely-foltok uralkodó léghőmérsékletétől nappal (K-W H: 65,09; $p < 0,001$), éjszaka pedig az erőteljesebb kisugárzás miatt alacsonyabb átlaghőmérsékleteket érnek el. A réten

egészen 16,7°C középértékig csökken, szemben a zárt erdő 19,7°C-os és a nyílt erdő 19,1°C-os értékeivel (K-W H: 99,16; $p < 0,001$).

Mindez rávilágít a kardvirág mikroélőhely-választásának jellegére, vagyis arra, hogy következetesen kerüli a rét, a nyílt erdők legmelegebb élőhely-foltjait ugyanúgy, ahogy a zárt erdők leghűvösebb foltjait is, preferálva az erdős táj nyújtotta mérsékelt felmelegedésű élőhely-foltokat.

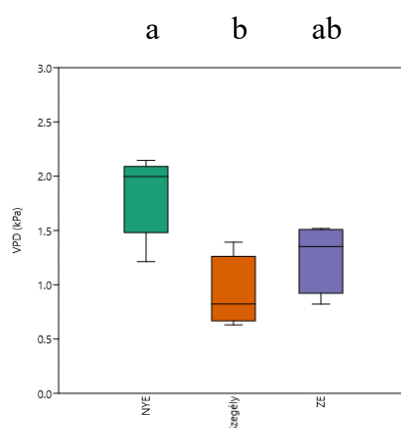
A következő diagramok (14. ábra) a relatív páratartalmat (%) mutatják be nappali és éjszakai felbontásban. A 14.A ábra a nappali relatív páratartalmat, 14.B ábra az éjjeli relatív páratartalmat ábrázolja élőhely-kategóriák alapján a mocsári kardvirág által preferált élőhely-foltokban. A 14.C és D ábra szintén nappali és éjjeli relatív páratartalmat mutatja be a transzszekt vonalán mért 24 órás adatokból számolt átlagadatokkal, nyílt erdő, szegély, zárt erdő élőhely-kategóriákban.



14. ábra Relatív páratartalom a kardvirág által elfoglalt mikroélőhelyek adatai alapján a három élőhely-kategóriában, nappali relatív páratartalom (A), éjjeli relatív páratartalom (B). C és D: relatív páratartalom a transzszekt élőhely-kategóriáiban: (C) nappali és (D) éjjeli. (NYE=nyílt erdő, Szegély=erdőszegély, ZE=zárt erdő)

A 14.A ábráról az olvasható le, hogy a nappali relatív páratartalom a kardvirág mikroélőhelyein hasonlóan viselkedik, mint a nappali léghőmérséklet. A zárt erdő és a nyílt erdő relatív páratartalmának medián értékei azonosnak tekinthetők, zárt erdő 74,4% és nyílt erdő 73,8%. A rét viszont ennél jóval alacsonyabb értékeivel, hozza a várt eltérést, a 46,7%-os középértékével és a 30,9%-os alsóértékével szignifikánsan különbözik a zárt és a nyílt erdőtől (K-W H: 81,38; $p < 0,001$). Éjjel (14.B ábra) mindhárom élőhelyen magas relatív páratartalom értékeket mértünk. A zárt erdő 92,9% és 100% szélsőértékek közt mozogva 98,9%-os középértéket, nyílt erdő kicsit magasabb értékekkel, 94,7% és 100%-os relatív páratartalom közötti értékekkel, 99,5%-os mediánnal, míg a rét 96% és 100 % közötti szélsőértékekkel, valamint medián értékben is elérve a harmatpontot, mindegyik élőhelytípus elkülöníthető egymástól. Ezt Kruskal-Wallis teszt is alátámasztja (K-W H: 107,9; $p < 0,001$).

A kardvirágoktól relatíve független transzszekt mentén kapott adatokból (14.C és D ábra) leolvasható, hogy nappali relatív páratartalom tekintetében a nyílt erdő kevésbé páradús, 60,5% medián értékkel és 74,8%-os csúcserőttel, ugyan a zárt erdőtől nem különbözik, mely 70,1%-os medián értékével még átfedést mutat, de a szegélytől már markánsan elválk, ami 80%-os középérték mellett 84,5%-os páratartalmat is képes volt elérni. A kapott medián értékek között volt szignifikáns különbség nyílt erdő és az erdőszegély közt (K-W H: 7,695; $p = 0,02115$), de a nyílt és zárt erdő között, hasonlóan a karvirágos élőhely-foltokban mért eredményekhez, itt sem mutatkozott különbség. Mely egyedül a zárt erdő sűrű szegélyében mutat szignifikáns eltérést. Kijelenthető, hogy a réthez képest, mely 33,7%-os medián páratartalommal bírt, napközben a transzszekt jobban megőrzi a párárt. A vonalmenti mérések alapján az éjjeli relatív páratartalomban (14.D ábra) különbség nem volt kimutatható a három élőhely között.



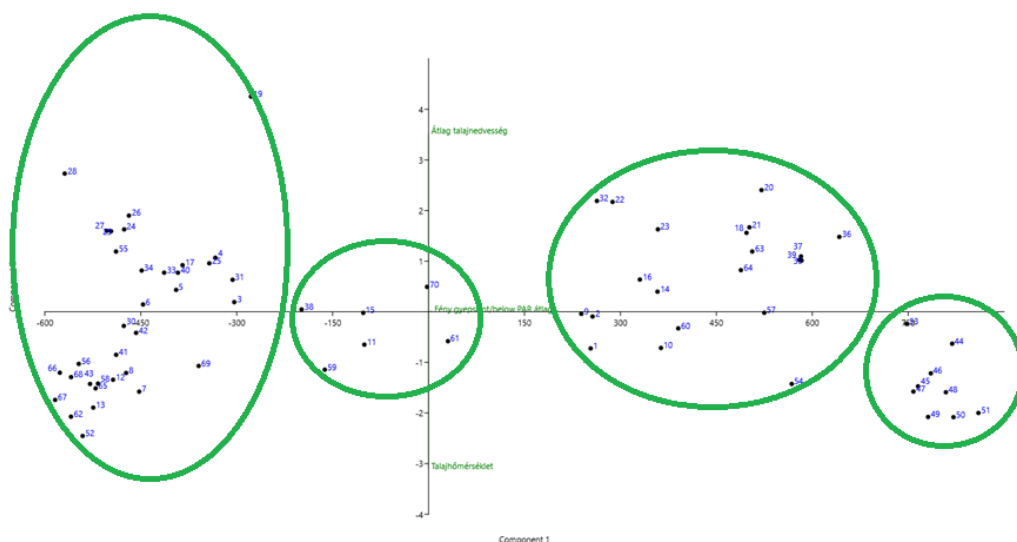
15. ábra Párányomás-hiány, VPD (kPa) a transzszekt élőhely-kategóriáiban. (NYE=nyílt erdő, Szegély=erdőszegély, ZE=zárt erdő)

A kardvirágoktól részben független transzszekt mentén kapott eddigi adatokból a léghőmérsékleti és a relatív páratartalomból meghatározható a párányomás-hiány, VPD (15. ábra). Ez a mutató egy igen fontos limitáló faktor lehet a növény növekedése, reprodukciója szempontjából. A 15. ábráról is leolvasható eredmény alapján a szegélyben nincs stresszhatás, a zárt erdőben alacsony szinten van, míg a nyílt erdei mikroélőhelyi-foltokban erős stressz éri a kardvirágokat, de a 3 kPa értéket nem közelítette meg, ahol már erős gátló hatások is megjelenének. A nyílt erdei 1,9 kPa medián értéket elérő VPD szignifikánsan eltér a szegély 0,8 kPa-os értékétől, miközben a zárt erdő e két másik élőhelyfolt között egyiktől sem különbözik szignifikánsan (K-W H: 7,695; $p=0,021$).

4.1.2 Fény (PAR)

Vizsgálatunk során elvégeztük a mocsári kardvirág által preferált mikroélőhely-foltok abiotikus adatainak főkomponens-analízisét, melyekbe minden olyan változó belekerült, melyeket kvadrátonként gyűjtöttünk: térfogati talajnedvesség (%), talajhőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$) és a fény vagyis PAR ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$). (16. ábra). A vizsgálat alapján megállapítható volt, hogy a bevont paraméterek közt a fény játssza a legmeghatározóbb szerepet (1. komponens) az egyes élőhely-foltok elkülönülésében, 99%-os mértékben felelve a kvadrátok varianciájáért. Két nagyságrenddel kisebb mértékben, de nagyjából egyenlő súllyal határozták meg a mintaelemek eloszlását a PCA-térben a talajnedvesség és a talajhőmérséklet.

Mindebből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a fény a legfontosabb tényező a mocsári kardvirág választotta mikroélőhelyek sokféleségének meghatározásában. A PCA-diagram alapján a 70 kvadrátot először 4 fénykörnyezeti kategóriába osztottuk: napfényes, félnapfényes, félárnyékos, árnyékos, majd a 4 csoportot további vizsgálatok során végül 3 fénykörnyezeti kategóriába sűrítettük, figyelembe véve az elemszámokat: napfényes, félárnyékos, árnyékos. A biotikus összehasonlítások során a három fő fiziognómiai élőhelytípus, vagyis a rét, nyílt és a zárt erdei csoportok mellett e három fénykörnyezeti kategóriában is vizsgáltuk a kardvirágtövek biotikus teljesítményét.



16. ábra A PCA vagyis főkomponens-analízis eredménye alapján négy, illetve három fénykörnyezeti kategóriát különböztünk meg.

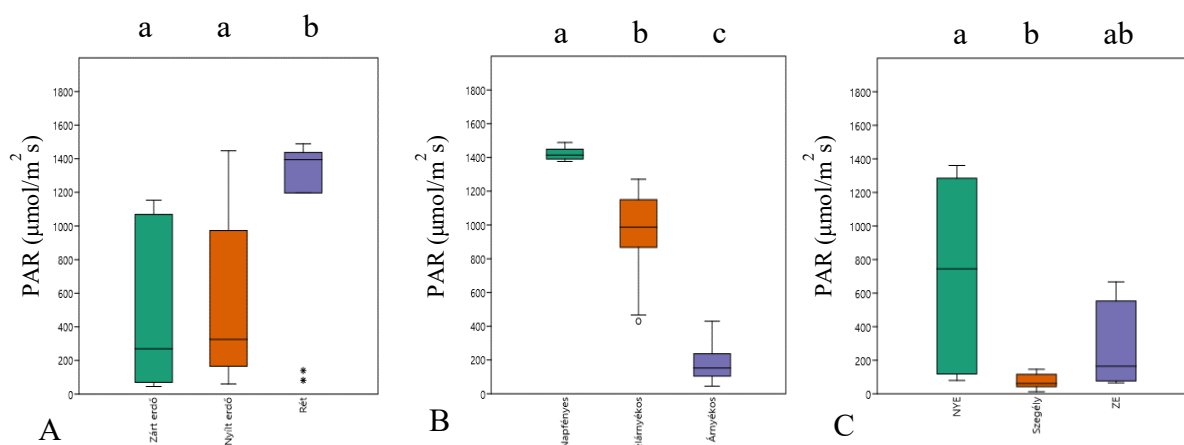
18. ábra alapján elsőként a három fiziognómiai (18.A ábra) majd a három fénykörnyezeti kategória (18.B ábra) jellemző fénymennyiségét mutatjuk be. Végül a transzszekt mentén mért, a kardvirágoktól viszonylag független fénykörnyezeti jellemzését adjuk meg a nyílt és zárt erdőknek és köztük lévő szegélynek (18.C ábra).

A fiziognómiai csoportok között nem várt hasonlóság mutatkozott a zárt és a nyílt erdei, kardvirágok által preferált mikroélőhely-foltokra jutó jellemző fénymennyiségben (18.A ábra). A zárt erdőben $269,4 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$, míg a nyílt erdőben $325,1 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ középértékű fotonáramot mértünk. Köztük statisztikai értelemben vett különbség nem volt (K-W H: 12,88; $p=0,001595$). A réti minta hozta a várt értékeket, fénygazdagabb volt mindkét erdei élőhelynél, ott a medián $1394,2 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ értéket ért el. A transzszektből származó eredmények (18.C ábra) az eddigi alapján tapasztaltakat megerősítették: a nyílt erdőben és a zárt erdőben is van elegendő fény, (NYE: $744,7 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ és ZE: $164,7 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ középértékkel), noha itt már nagyobb a mért különbség, viszont nem különböztek egymástól szignifikánsan a viszonylag alacsony mintaelemszám és a nagy, adott típuson belüli szórásértékek miatt. A kettő közötti erdőszegély bizonyult a legsötétebbnek, csak $61,2 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ mediánértékkel bírt. 17. ábrán jól látható a transzszekt feletti lombkorona záródása, mely egyben jól szemlélteti az eddig leírtakat. A nyílt erdő fénnel jól ellátott, majd egyre jobban záródik a lombzat, az erdőszegély sűrűn cserjés átmenete fényszegény, majd a zárt erdőben elvéve kisebb lécek is meg tudnak jelenni, ezáltal biztosítva az elég fény bejutását a gyepszintre. A szegélyben nem is nőtt kardvirág, míg a vonalvizsgálat területén mind a nyílt és a zárt erdei részben akadt egy-két kardvirágtő.



17. ábra A transzszekt vonal menti mintavételezési pontjai feletti lombkorona-borítás.

Noha a fény minden valószínűség szerint fontos tényező, mely a kardvirágtövek eloszlásáért felelhet, ugyanakkor a kardvirágos kvadrátokra jutó fény mennyisége meglehetősen nagy variabilitást mutat, amint az a 18.B ábrán is látszik: napfényes kategória fénygazdag 1414,2 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ -al, félárnyékos csoportnál kevesebb a fény, 987,5 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$, árnyékos pedig a legsötétebb, 153 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ középértékeket mértünk (K-W H: 57,56; $p < 0,001$).



18. ábra A fény PAR ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$) értékei zárt erdő, nyílt erdő, rét, élőhelyi kategóriák szerint (A), fénykörnyezeti kategóriák szerint (B) és vonaltranszszekt mentén nyílt erdő, szegély, zárt erdő kategóriákban (C). (NYE=nyílt erdő, Szegély=erdőszegély, ZE=zárt erdő)

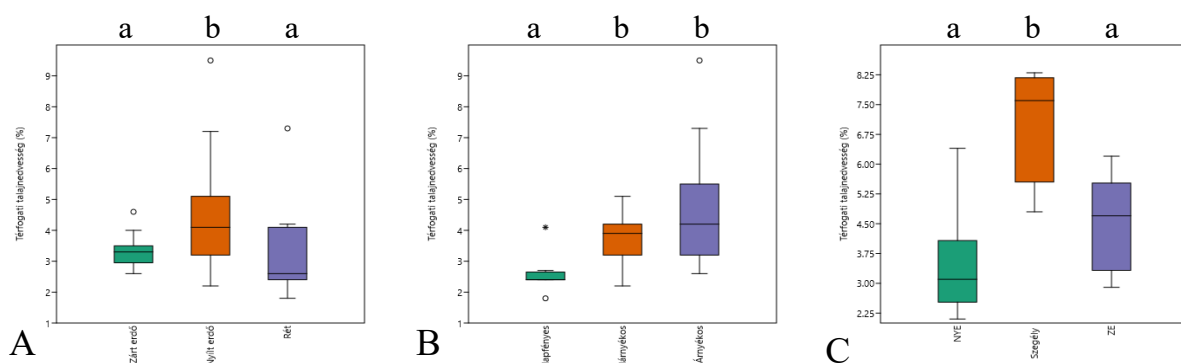
4.1.3 Talajnedvesség (VWC%)

A térfogati talajnedvesség (19. ábra) box-plot diagramokon jól megállapítható, hogy a kardvirág által preferált élőhelyek közül (19.A ábra) a nyílt erdőn mértük a legmagasabb talajnedvességi értékeket, maximum 9,5% és 4,1% medián értékeket, amivel statisztikailag kimutathatóan különbözik a zárt erdőtől és a réttől (K-W H: 12,11; $p = 0,0023$). Miközben a zárt erdő és a rét térfogati talajnedvessége mediánja között – meglepő módon – nem volt különbség. Megállapítható volt ugyanakkor, hogy a viszonylag homogén réti környezet nagyobb szórást mutatott talajnedvesség tekintetében, mint a zárt erdő.

A fénykörnyezeti kategóriák hozták a várt nedvességi mintázatot (19.B ábra): a napfényes csoport volt a legszárazabb, 2,4%-os középértékkel, a félárnyékos 3,9%-os értékkel az előzőnél kissé nedvesebb, míg az árnyékos kategóriába eső kvadrátok bírtak a legmagasabb

talajnedvességi értékekkel, 4,2% középértékkel. Az elvégzett statisztikai számítás igazolta, hogy a napfényes csoport eltér a félárnyékos és az árnyékos kategóriától (K-W H: 17,64; $p=0,00014$), míg a két utóbbi csoport között nem volt szignifikáns különbség.

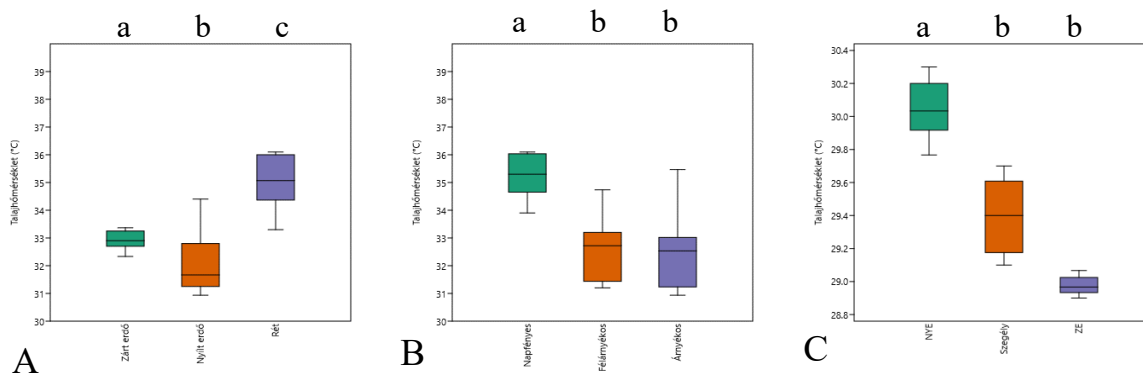
A vonalvizsgálat során megkülönböztetett (19.C ábra) nyílt erdő, szegély, zárt erdő kategóriák közül, a PAR mért értékekhez hasonlóan azt tapasztaltuk, hogy nyílt és a zárt erdő hasonló talajnedvességi adatokkal bírt, míg a szegély ennél nedvesebb talaja szignifikánsan különbözött (K-W H: 14,83; $p=0,0006$).



19. ábra A térfogati talajnedvesség (%) zárt erdő, nyílt erdő, rét élőhelyeken (A), fénykörnyezeti kategóriák szerint (B) és transzszekt vonalán nyílt erdő, szegély, zárt erdő kategóriákban (C). (NYE=nyílt erdő, Szegély=erdőszegély, ZE=zárt erdő)

4.1.4 Talajhőmérséklet

A talajhőmérsékletet ($^{\circ}\text{C}$), hasonlóan a többi abiotikus méréshez, a kardvirágok által preferált mikroélőhely-foltokban (20.A ábra), a fénykörnyezeti kategóriákban (20.B ábra) és a transzszekt élőhely-kategóriáiban (20.C ábra) ábrázoltam.



20. ábra A talajhőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$) zárt erdő, nyílt erdő, rét élőhelyeken (A), fénykörnyezeti kategóriák szerint (B) és transzszekt élőhely-kategóriáiban (C). (NYE=nyílt erdő, Szegély=erdőszegély, ZE=zárt erdő)

A 20.A ábra azt mutatja, hogy a növényünk által preferált élőhely-típusokban mind eltér egymástól a talajhőmérséklet értéke (K-W H: 32,75; $p < 0,001$), bár köztük lényegi különbség egyedül a rét magasabb, 35°C-ot meghaladó mediánértékében nyilvánul meg. A zárt erdei környezetben 32,9°C-os mediánt, a nyílt erdei környezetben ennél valamennyivel alacsonyabb értékeket és 31,6°C-os mediánt mértünk.

A fénykörnyezeti kategóriák megerősítették szintén azt a megállapítást, hogy a napfényes csoport, már a nevéből is következtethetően, a legmelegebb talajhőmérséklet szempontjából, 35,3°C medián értékkel (20.B ábra) szignifikánsan különbözött a másik két, árnyékosabb fénykörnyezeti csoport talajhőmérsékletétől (K-W H: 23,15; $p < 0,001$). Ezzel szemben a félárnyékos és árnyékos fénykörnyezetben már nem volt ennyire nyilvánvaló a különbség. A mért adatok azt mutatták, hogy a két csoport nem tér el egymástól. Félárnyékban 32,7°C, az árnyékban 32,5°C medián értékek statisztikailag azonosnak bizonyultak.

A transzszekt mentén folytatott mérések adatai alapján (20.C ábra) a nyílt erdőtől a zárt erdő irányába csökkenő talajhőmérsékleti értékeket mértünk. Medián értékek tükrözték ezt, NYE: 30°C, szegély: 29,4°C, ZE: 28,9°C. Viszont ezek olyan kis eltéréseknek bizonyultak, hogy statisztikai próba alapján, csak a nyílt erdő különbözött szignifikánsan a szegélytől és a zárt erdei résztől. Míg ezen kettő belsőbb erdei terület nem különbözött kimutathatóan egymástól (K-W H: 23,65; $p < 0,001$).

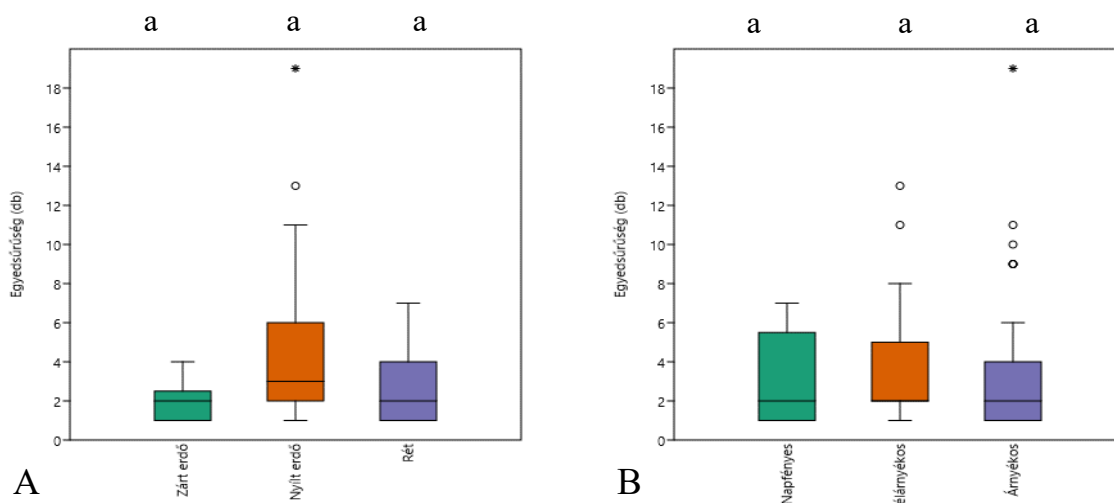
4.2 Biotikus változók

A következő ábrák a mocsári kardvirágokról mért biotikus adatokat fogják bemutatni a kardvirágok előfordulására illesztett 70 db preferenciális kvadrát, összesen 256 tő adatai alapján három fiziognómiai élőhely-kategóriában: zárt erdő, nyílt erdő, rét. Továbbá a főkomponens-analízis eredménye alapján megrajzolt három fénykörnyezeti kategóriában csoportosítva a kapott eredményeket (napfényes, félárnyékos, árnyékos), ezzel is még átfogóbb képet rajzolva a kardvirág élőhelyi preferenciáiról.

4.2.1. Egyedsűrűség

Egyedsűrűség szempontjából jól látható (21.A ábra), hogy a kvadrátokon belüli egyedsűrűségre nincs hatással azok eltérő élőhely-foltbeli elhelyezkedése. Mind a zárt erdőben, mind nyílt erdőben, mind a réten azonos sűrűségben találhatóak a kardvirágok. Statisztikailag nem mutatható ki szignifikáns különbség az élőhely-kategóriák között (K-W H: 4,956; $p = 0,07471$). Míg zárt erdőben és a réten átlagosan kettő, addig a nyílt erdei kvadrátokban átlagosan három tő fordul elő. Ez utóbbi viszonylag nagy szórással. Így fordulhat elő, hogy míg a zárt erdei és a

réti környezetben az egyedsűrűség maximumai 4 illetve 7 tő/kvadrát értékeket mutatnak, addig a heterogén nyílt erdei foltokban 10-11 töves kvadrát több is volt, de előfordult olyan kvadrát is, melyben 19 tövet találtunk.



21. ábra Egyedsűrűség (db) a mocsári kardvirág által elfoglalt mikroélőhelyek 70 db preferenciális kvadrátjának adatai alapján a három élőhely-kategóriában (A) és a három fénykörnyezeti kategóriában (B).

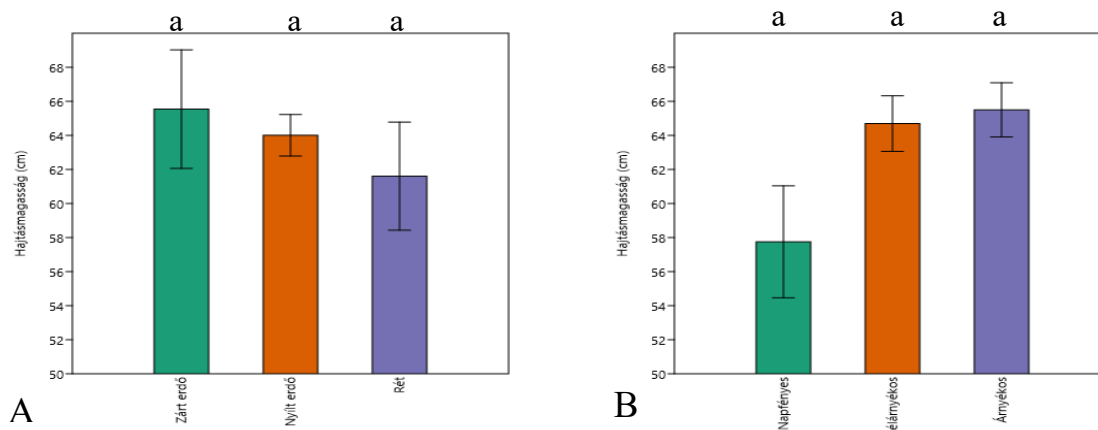
Fény szempontjából az állapítható meg (21.B ábra), hogy az egyedsűrűséget nem befolyásolja a beérkező fény mennyisége, legyen az akár napfényes, félárnyékos vagy árnyékos fénykörnyezetben. A medián értékek minden fénykörnyezeti csoportban azonosak, kettő tő kvadrátonként. Szignifikáns különbség nem mutatható ki a fénykörnyezeti kategóriák között (K-W H: 0,06489; $p = 0,9666$). Ugyanakkor a félárnyékos élőhely-foltokban felvett kvadrátok maximum tőszám-értékei itt is magasabbak a napfényes és az árnyékos fénykörnyezeti értékekhez képest.

Vegetatív jellemzők

4.2.2 Hajtásmagasság

A mocsári kardvirágok hajtásmagassága esetében (22. ábra) azt állapíthatjuk meg, hogy független az elhelyezkedésétől, mindegyik élőhely-kategóriában átlagosan hasonló magasságot érnek el a tövek. (K-W H: 0,9598; $p = 0,6188$). Az átlagértékek nagyon jól szemléltetik ezt, miszerint zárt erdőben 67,7 cm, nyílt erdőben 67,2 cm míg réti környezetben 66,2 cm magasságot érnek el a tövek. Továbbá a hajtásmagasság még a fény szempontjából sem mutat a kategóriák között szignifikáns különbséget (K-W H: 4,718; $p = 0,09449$). Viszont fénykörnyezet szerint kicsit nagyobbak az eltérések, napfényes csoportban 62 cm, félárnyékban 67,5 cm, árnyékban 69 cm-es középértékeket kaptunk. A legmagasabb mért hajtásmagasságok

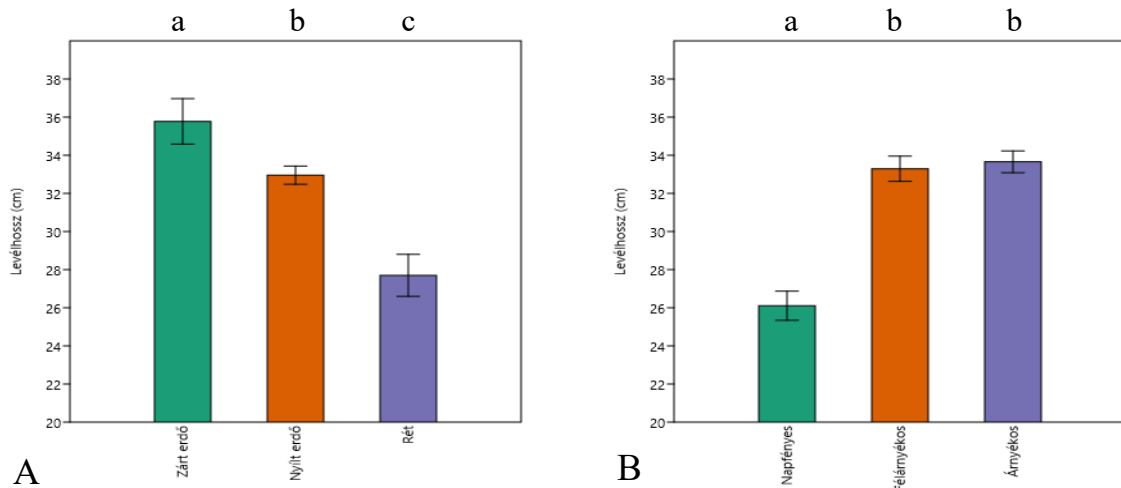
is azt sugallhatják, hogy a félárnyékban 88,3 cm és az árnyékos környezetben 106,1 cm, magasabbra nőnek a kardvirágok, mint a napfényes kategóriában, ahol 77,1 cm-es volt a legmagasabb mért példány.



22. ábra Hajtásmagasság (cm) a mocsári kardvirág által elfoglalt mikroélőhelyek 70 db preferenciális kvadrátjának adatai alapján a három élőhely-kategóriában (A) és a három fénykörnyezeti kategóriában (B). (Átlag és Standard error (SE) értékek).

4.2.3 Levélhossz

A 23. ábrán levélhossz szempontjából jól láthatóan elkülönülnek egymástól a különböző csoportok. A kapott eredmények alapján elmondható, hogy a kardvirág az általa elfoglalt mikroélőhelyek közül a zárt erdőben fejleszti a leghosszabb leveleket. Azok hossza meghaladhatja az átlagos 35 centimétert is. Nyílt erdei élőhely-foltokban is hosszabb leveleket fejlesztenek a rétekhez képest, viszont nem érik el a zárt erdei példányok levélhosszát. Itt az átlag 32,3 cm-nek adódott, míg a réten 27,8 cm-nek bizonyult. Statisztikailag is szignifikáns különbség lelhető fel az élőhelyi csoportok között (K-W H: 24,26; $p < 0,001$).



23. ábra Levélhossz (cm) a mocsári kardvirág által elfoglalt mikroélőhelyek 70 db preferenciális kvadrátjának adatai alapján a három élőhely-kategóriában (A) és a három fénykörnyezeti kategóriában (B). (Átlag és SE.)

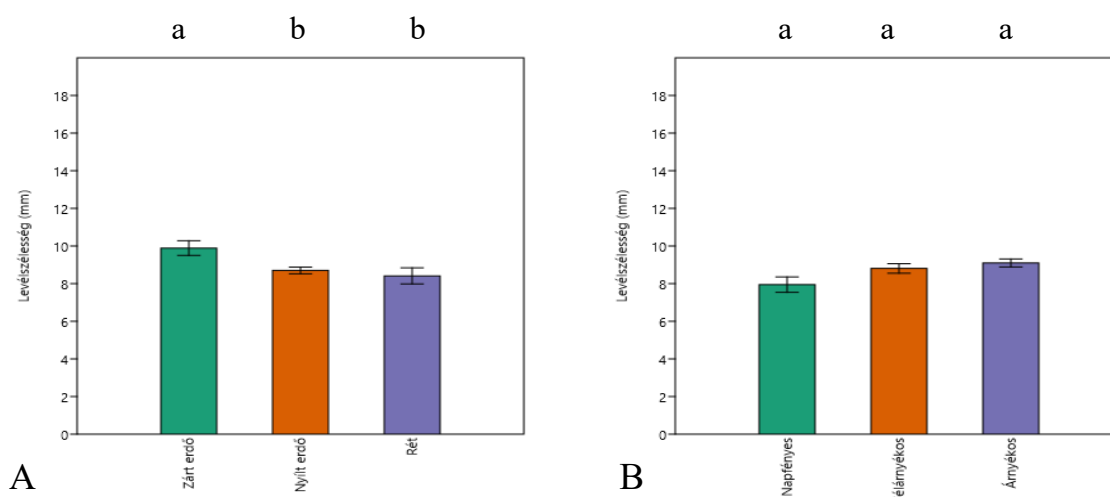
A kardvirágok a fénymennyiség csökkenésére erőteljesebb levélnövekedéssel reagálnak. Ezt mutatja az egyes fénykörnyezeti csoportokban mutatott teljesítményük is. A napfényes fénykörnyezetben 27,35 cm átlagértéket, és 34,6 cm-es leghosszabb mért levélhosszt értek el. Ez jóval elmarad a félárnyékos és az árnyékos csoport hosszértékeitől. Ez utóbbi két fénykategória már nem válik el egymástól határozottan. Hasonló értékeket vesznek fel: félárnyékban 32,8 cm középérték és 50,4 cm maximum, árnyékos környezetben pedig 33,3 cm átlagértéket és 56,7 cm-es leghosszabb levélhosszt találtunk. Félárnyékos és árnyékos csoport között nincs különbség, míg a napfényes csoport szignifikánsan különbözik a másik két csoporttól (K-W H: 33,6; $p < 0,001$).

4.2.4 Levélszélesség

Levélszélességi adatok tükrözik a szakirodalmi értékeket (24. ábra), bár meglehetősen kis variabilitást mutatnak a vizsgált környezeti csoportok között. A 24.A ábráról leolvasható, hogy a zárt erdei példányok szélesebb levelet fejlesztenek, míg a nyílt erdei és réti élőhelytípus tagjai között levélszélesség szempontjából nincs kimutatható különbség (K-W H: 7,481; $p = 0,022$). Nyílt erdőben és réten 9 mm-es átlagértéket, míg zárt erdőben 10 mm-es középértéket érnek el a kardvirágtövek a levélszélességből.

Majdnem ugyanez a helyzet a fénykörnyezeti kategóriák közötti összehasonlításban, ahol nem mutatható ki statisztikailag szignifikáns különbség a három csoport között (K-W H: 4,107; $p =$

0,1241). Hasonlóan a hajtásmagassághoz, a levélszélesség alakulása sem követi a változó fényviszonyokat. Azzal leginkább a levélhossz mutat szorosabb korrelációt.

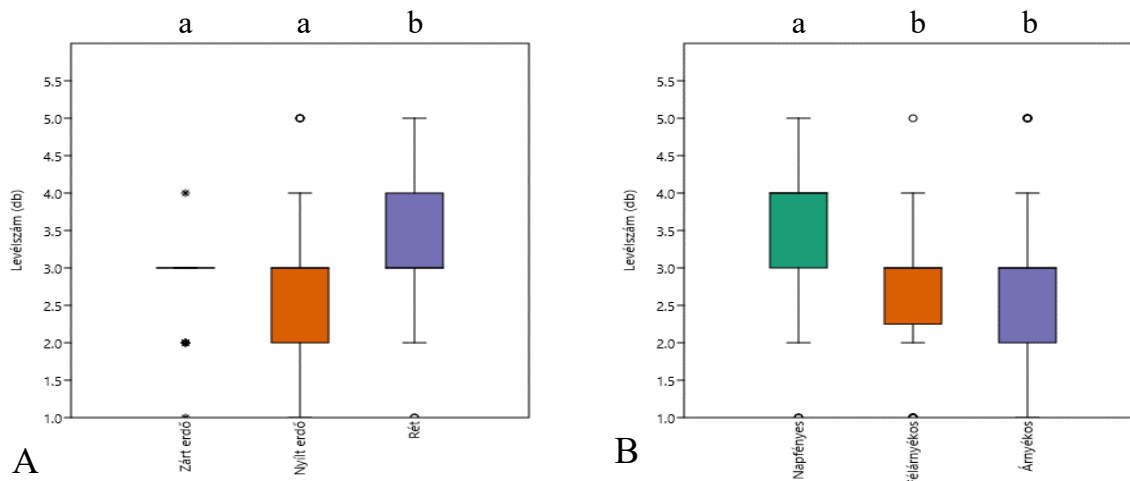


24. ábra Levélszélesség (mm) a mocsári kardvirág által elfoglalt mikroélőhelyek 70 db preferenciális kvadrátjának adatai alapján a három élőhely-kategóriában (A) és a három fénykörnyezeti kategóriában (B). (Átlag és SE.)

4.2.5 Levélszám

Levélszámról az állapítható meg a kardvirág preferálta mikroélőhelyeken, hogy a réten több levelet növeszt (K-W H: 9,874; $p = 0,0023$), míg zárt és nyílt erdei foltokban nem mutat statisztikailag kimutatható különbséget (25. ábra). Medián értékben nem különböznek, mindhárom élőhely-típusban három levelet képeznek átlagosan, de a réten az állomány fele ennél több levelű, míg a két erdei élőhelyen az állomány fele ennél kevesebbet.

Ugyanezt az eredményt tükrözik a fénykategóriák szerinti megkülönböztetés is. A növény a fényesebb környezetre nagyobb levélszámmal reagál. Napfényes környezetben négy leveles középértékkel bír, ellenben a félárnyékban és árnyékban található tövek három levéllel rendelkeznek átlagosan. Szignifikáns különbség csak a napfényes kategóriánál mutatható ki a többi kategóriával szemben, míg az árnyékos és a félárnyékos nem különbözik (K-W H: 9,839; $p = 0,0025$).

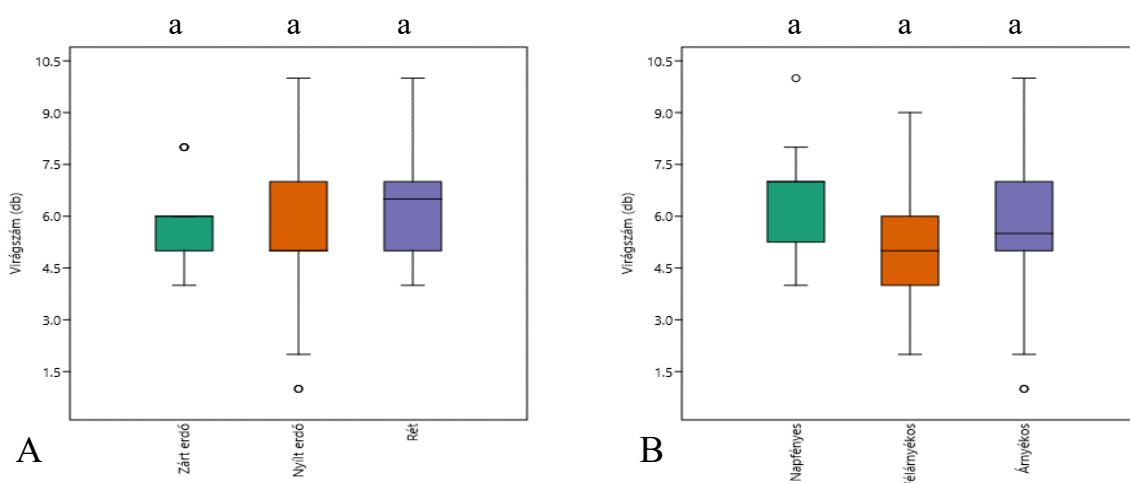


25. ábra Levélszám (db) a mocsári kardvirág által elfoglalt mikroélőhelyek 70 db preferenciális kvadrátjának adatai alapján a három élőhely-kategóriában (A) és a három fénykörünyezeti kategóriában (B).

Reproduktív jellemzők

4.2.6 Virágszám

A kardvirág tövenkénti virágszám alakulása (26. ábra) nem függ sem az élőhelyi elhelyezkedésétől, sem a fény mennyiségétől. Élőhely-kategóriák között nincs statisztikailag kimutatható különbség (K-W H: 3,034; $p = 0,206$). Jellemzően öt és tíz virágot fejlesztenek a mocsári kardvirágok. Medián értékeik hasonlóak: zárt erdőben 6, nyílt erdőben 5, míg réten 6,5-nek adódott ez az érték.

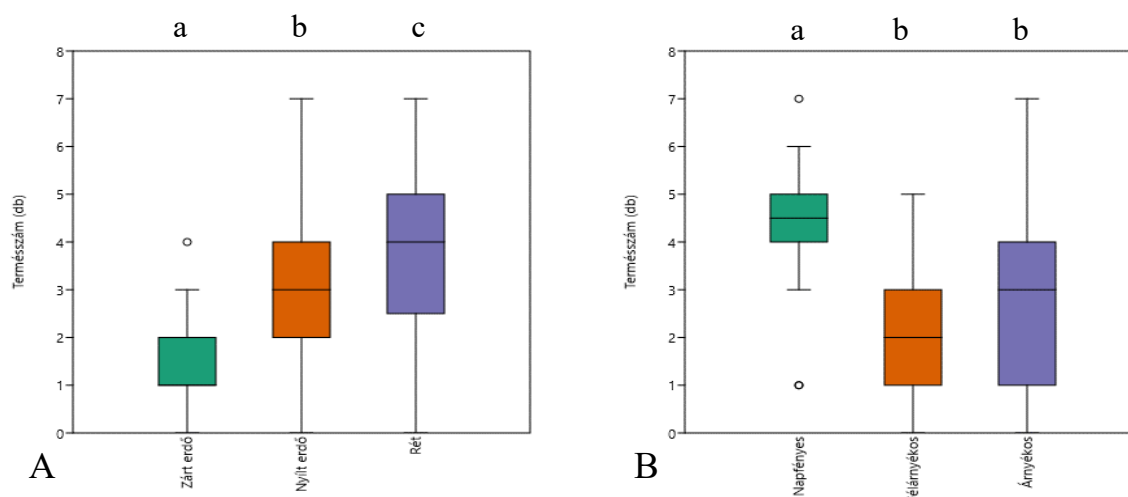


26. ábra Tövenkénti virágszám(db) a mocsári kardvirág által elfoglalt mikroélőhelyek 70 db preferenciális kvadrátjának adatai alapján a három élőhely-kategóriában (A) és a három fénykörünyezeti kategóriában (B).

A fénykörnyezeti kategóriák között hasonló volt a virágszámok alakulása: napfényes fénykörnyezetben 7, félárnyékban 5, míg árnyékos kvadrátokban 5,5 volt a medián értéke. Statisztikai különbség nem volt a kategóriák között (K-W H: 5,627; $p=0,054$).

4.2.7 Termésszám

A termésszám a generatív szaporodású növény számára az egyik legfontosabb reprodukzív jellemző.



27. ábra Tövenkénti termésszám (db) a mocsári kardvirág által elfoglalt mikroélőhelyek 70 db preferenciális kvadrátjának adatai alapján a három élőhely-kategóriában (A) és a három fénykörnyezeti kategóriában (B).

27.A ábrán jól látható, hogy zárt erdei élőhelyfoltokban a növény alacsony termésszámmal van jelen, medián értéke csak egy darab tövenként. Viszont nyílt erdei és réti csoport példányai már több termést érlelnek, középértékük nyílt erdőben három, réten négy termés tövenként. Kimutatható, hogy a réten találtuk a legtöbb termést növényenként. Az elvégzett statisztikai vizsgálat szerint mindegyik élőhely-kategória között szignifikáns különbség fedezhető fel (K-W H: 20,64; $p<0,001$).

A fénykörnyezeti kategóriák szerinti adatelemzés (27.B ábra) hasonló eredményre vezetett. Itt négy és fél termésszámot mutattunk ki átlagosan tövenként a napfényes élőhely-foltokban, míg a félárnyékos csoportban kettőt, az árnyékosban pedig három termésszám volt a jellemző tövenként. Statisztikailag kimutathatóan a napfényes fénykörnyezeti kategória szignifikánsan különbözött az árnyékos és a félárnyékos kategóriától, ellenben ez utóbbi kettő nem mutat különbséget (K-W H: 19,38; $p<0,001$).

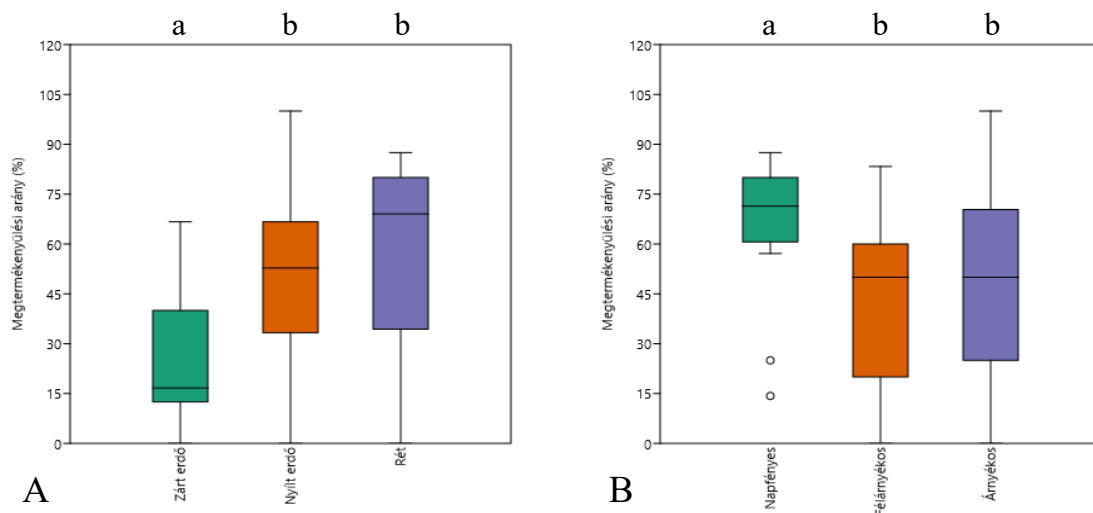
A mért adatok alapján megállapítható, hogy a zárt erdei foltokban érlel a kardvirág legkevesebb termést, míg a nyílt erdei környezetben valamennyivel többet, míg a teljesen nyitott réten a legmagasabb termésszámok voltak a jellemzők.

4.2.8 Virágkötési arány

A virágkötési arányt a virág- és termésszámok összevetésével számoltam. Mivel a virágszámok sem az élőhely, sem a fénykategóriák alapján nem mutattak eltérést az egyes szubpopulációk között, így a termésszámok eltérésének hátterében nem az eltérő virágszámok állnak.

28.A ábrán látható, hogy a virágkötés százalékos aránya zárt erdei élőhely-kategóriában alacsonyabb, mint a nyílt erdei és a réti csoport esetén. Zárt erdei kvadrátok esetén nagyon alacsony, 16,6%-os medián értékű csak a virágkötés aránya. Ez azt jelenti, hogy megközelítőleg minden hat virágból csak egyből fejlődik ki érett termés. A nyílt erdei és réti élőhely-típusba tartozó példányok ehhez képest szignifikánsan nagyobb arányban érlelnék termést: nyílt erdőben 52,7%-os, réten 69%-os sikerrel lesz a virágból termés (K-W H: 20,14; $p < 0,001$).

A fénykörnyezet szempontjából (28.B ábra) napfényes foltok sikeresebb megtermékenyülést mutatnak, és szignifikánsan elkülönülnek a fényszegényebb élőhelyfoltoktól (K-W H: 15,54; $p = 0,0004$). Megtermékenyülési arány alapján a napfényes kategóriába eső tövek 71%-os medián értéket, míg a félárnyékos és árnyékos kategória azonos, 50%-os középértéket mutat. Mindebből kiolvasható, hogy alapvetően nem a fény mennyisége határozza meg a termésérés számának alakulását, hanem az sokkal jobban követi a fiziognómiai élőhely-csoportok között fennálló lombkorona-záródási sort. Ez pedig felveti a lombkorona záródása és a megporzó rovarok aktivitása közötti összefüggés lehetőségét, mely meghatározhatja az idegen megporzású mocsári kardvirág megporzási sikertelenségét zártabb erdei környezetben.



28. ábra Virágkötési arány (%) a mocsári kardvirág által elfoglalt mikroélőhelyek 70 db preferenciális kvadrátjának adatai alapján a három élőhely-kategóriában (A) és a három fénykörnyezeti kategóriában (B).

4.2. Értékelés

Kutatásaimban összehasonlításra kerültek a mocsári kardvirág legnagyobb hazai, erdős környezetben élő populációjának élőhelyén belül található, markánsan eltérő mikroklímájú élőhely-foltjai abiotikus jellemzőiket tekintve, és a növényfaj adott élőhelyfoltban mutatott biotikus teljesítménye alapján.

A három fiziognómiai alapon szétválasztott élőhelytípus a változó vízgazdálkodású cseres-tölgyes képviselte *zárt erdő*, a szomszédos, közönséges nyír által uralta *nyílt erdő* és a közvetlen szomszédságukban elhelyezkedő, savanyú alapkőzetten kialakult, fajösszetétel alapján változó vízgazdálkodású kékperjés *rét* voltak.

Kutatásaimban vizsgáltuk az egyes növényállományok léghőmérsékletét és relatív páratartalmát illetve a kettő adatainak felhasználásával számolt párányomás-hiányt. Vizsgáltuk továbbá a talajhőmérsékletet és a térfogati talajnedvességet a talajréteg felső 12 cm-ben, valamint az egyes élőhelyfoltra jutó átlagos fénymennyiséget (PAR). Valamennyi vizsgált változó közül a legnagyobb változékonyságban a fényt mértük az egyes élőhelyek között. Mivel mind a zárt erdő, mind a nyílt erdő meglehetősen nagy variabilitást mutatott a gyepszintre érkező fény mennyiségét tekintve, ezért a felvett adatokat újracsoportosítottuk tényleges fényellátottságuk alapján: napfényes, félárnyékos és árnyékos típusba rendezve a mintavételi kvadrátokat. Valamennyi biotikus összehasonlítás így két felosztásban, egyrészt az élőhelyek

fiziognómiai besorolása alapján (rét, nyílt erdő, zárt erdő), másrészt fénykörnyezeti típus szerint (napfényes, félárnyékos, árnyékos) került elvégzésre.

Megállapítottuk, hogy a nyílt és a zárt erdei mikroélőhelyek hasonlóan viselkednek, nappal hűvösebb, éjjel melegebb, páratartalmuk pedig magasabb, kiegyensúlyozottabb mint a rét. A kardvirág által elfoglalt mikroélőhelyek közül a zárt erdő és nyílt erdő mikroklímája között ugyanakkor léghőmérséklet és relatív páratartalom alapján nincs különbség. A rét nagyobb hőingást, szélsőségesebb páratartalom-változásokat mutatott, erőteljes nappali felmelegedéssel és éjszakai lehüléssel. Mindezek utalnak a kardvirág mikroélőhely-választásának jellegére, arra, hogy következetesen kerüli a rendelkezésére álló terület legmelegebb élőhely-foltjait, valamint a zárt erdők leghűvösebb részeit is, előnyben részesítve az erdős táj mérsékelt felmelegedésű mikroélőhelyeit.

Nagyságrendi különbségeket mértünk a három, fiziognómiai alapon szétválasztott élőhely-csoport (rét, nyílt erdő, zárt erdő) gyepszintjére jutó fény (PAR) mennyiségét tekintve, mely különbségek az élőhelyek lombkorona-szerkezetéből, annak zártságából illetve hiányából következő triviális összefüggések voltak. Mindezek után meglepő volt, hogy a növény által preferált mikroélőhelyek fényklímájában a zárt erdő és a nyílt erdő területéről származó mintákban az átlagos fénymennyiség azonosnak bizonyult, köztük nem találtunk különbséget. Úgy tűnik, hogy a kardvirág mind a zárt, mind a nyílt erdei környezetben csak azokon a mikroélőhely-foltokon marad meg, melyek közepes fénymennyiséggel bírnak (fotonáram $300 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ körüli), elkerülvén a zárt erdő legsötétebb (fotonáram kevesebb mint $200 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$) és a nyílt erdő jellemző fényességű, $800 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ vagy e feletti fotonáramú mikroélőhely-foltjait. Különösen kedvezőtlennek tűnt a mért adatok alapján a nyílt és a zárt erdő között jelentkező, kifejezetten fényszegény bokros-cserjés erdőszegély, ahol a fény jellemző mennyisége rendre $100 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ alattinak bizonyult. Mindebből arra következtettünk, hogy a fény az egyik legfontosabb limitáló tényező, mely adott területen megszabja a kardvirágok túlélését, irányt szabva terjeszkedésnek.

A térfogati talajnedvesség szempontjából a kardvirág által preferált élőhelyek közül a nyílt erdő mutatta a legmagasabb talajnedvességet, míg a zárt erdő és rét közt meglepő módon nem volt különbség, mindkettő rendkívül száraznak bizonyult. A talajhőmérséklet tekintetében nem volt kiemelkedően nagy a növényünk által preferált élőhely-típusok átlaghőmérséklet-különbsége, közülük a nyílt erdő bizonyult a leghűvösebbnek, feltehetően éppen a relatíve magas talajnedvesség temperáló hatásának köszönhetően.

A biotikus adatok összehasonlító értékelése során sok esetben nem találtunk különbséget az egyes fiziognómiai élőhelytípusok között. Így nem volt eltérés a réti, a nyílt erdei és a zárt erdei szubpopulációk egyedsűrűségében, a vegetatív jellemzők közül a hajtásmagasságában, és alig volt különbség a levélszélességében, reprodukzív jellemzők közül pedig a virágszámban. Kisebb eltéréseket találtunk a levélszámban, ahol jellemzően a réti szubpopuláció bírt nagyobb értékkel, de alig érte el ez a különbség a szignifikancia határát. A fényklíma szerint újracsoportosított adatok alapján ugyanakkor egyértelműen kiviláglott, hogy a fényben leggazdagabb mikroélőhely-foltok kardvirágtöveit hordozzák a több, jellemzően négy vagy e fölötti számú levelet az árnyékos és félárnyékos mikroélőhely-foltok két-három leveles állapotához képest.

A vegetatív jellemzők közül a legnagyobb különbséget mind a fiziognómiai, mind a fényklimatikus csoportok között a második levél hosszában mértük. A levélhossz mutat leginkább plaszticitást az egyre kevesebb fényhez történő alkalmazkodás terén, fokozatosan megnyúlva biztosíthatja a növényegyed szükséges fotoszintetikus felületét az egyre csökkenő fényintenzitás mellett. Így a réten és a napfényes fényklímában voltak az átlagosan legrövidebb levelű növények, közepesen hosszúak voltak a nyílt erdei és leghosszabb levelűek a zárt erdei tövek. A fényintenzitás alapján újracsoportosított kvadrátok adatai szerint a félárnyékos és árnyékos mikroélőhelyek között már nem találtunk különbséget a kardvirágok levélhosszá tekintve, ami azt mutatja, hogy e szempontból a két utóbbi kategória fénymennyisége már hasonló fenotipikus alkalmazkodást kíván a leveleket hasonló mértékű megnyúlásra készítve.

A három fiziognómiai élőhely-típus kardvirágtöveit között a legjelentősebb biotikus különbség a tövenkénti termésszámban volt: a réten átlagosan négy, a nyílt erdei környezetben három, míg a zárt erdőfoltban átlagosan csak egy termést érleltek a kardvirágtövek. Mindez különösen akkor meglepő, ha tudjuk, hogy ugyanezen élőhelyfoltok átlagos virágszámában nem volt különbség a tövek között. Az egyik lehetséges válasz erre akkor merül fel, ha megvizsgáljuk a tövek átlagos virágkötési arányát. Ez az érték nagyban variál a három fiziognómiai élőhely-típus között: a réten közel 70%-os, a nyílt erdei környezetben 50% körüli, míg a zárt erdőfoltban alig éri el átlagosan a 20%-ot. Ezek a fokozatos értékek a fénykörnyezeti csoportosításnál már nem jelentkezik, ott a félárnyékos és árnyékos mikroélőhelyek töveit egyformán magasabb, 45% körüli virágkötési aránnyal bírnak. Mindez rávilágít a megporzást végző rovarok szerepére, melyek kevésbé függenek az adott mikroélőhelyre jutó fénymennyiségtől, sokkal inkább a vegetáció fokozatos záródása van rájuk hatással.

Összességében tehát elmondható, hogy a zárt erdei környezetben a kardvirágtövek jobb kondicionális állapotban vannak, viszont ezzel párhuzamosan csökkent reprodukivitást mutatnak. Ezzel ellentétben a réti példányok rosszabb kondicionális jellemzők mellett erőteljesebb reprodukivitási tulajdonságokkal bírnak. Mivel a nyílt erdei szubpopuláció a két véglet között helyezkedik el, így itt az egyes tövek jobb vegetatív (kondicionális) állapota és a (még) nem (túl) rossz reprodukív sikerük együttesen éri el, hogy a nyirádi Sár-álló kardvirág-populációjának legnagyobb része ehhez a fiziognómiai élőhely-típushoz kötődik.

5. Következtetések és javaslatok

A mocsári kardvirág a vizsgált nyirádi Sár-álló élőhelyen markáns mikroélőhely-választást mutat: elkerüli a rét és a nyílt erdő legmelegebb foltjait, valamint a zárt erdők leghűvösebb részeit, egyértelműen a nyílt, ligetes erdei helyzetet preferálva, előnyben részesítve az erdős táj mérsékelt felmelegedésű élőhely-foltjait. Ez egybevág (CSETE és mtsai. 2014) megállapításaival miszerint a faj a társulások átmenti zónájában fordul elő.

Talaj szempontjából a kardvirág a nyílt erdei élőhelyfoltokat preferálta, melyek mérsékeltebb talajhőmérséklettel, és magasabb talajnedvességgel rendelkeztek. Mindez KÄSERMANN kijelentését igazolja (1999), miszerint változó nedvességű talajhoz kötődik. Vagyis kerüli az állandóan száraz vagy az állandóan nedves talajokat.

MÁTHÉ megfigyelései is kimondják (1934), hogy a faj előfordulási körülményei igen változatosak. Sár-állón is több élőhelytípusban a réttől kezdve nyílt erdőn át, zárt erdei foltokban is megjelent, ugyanakkor a vegetatív és reprodukív kényszerek a nyílt erdei körülmények között kedveznek leginkább a mocsári kardvirág-tövek túlélésének és szaporodásának. Eredményeink azt mutatják, hogy a teljesen nyílt réti mikroélőhelyeken a szárazabb, melegebb mikroklíma rontotta a tövek kondicionális tulajdonságait, míg a zárt erdei környezetben a megporzók relatív hiánya akadályozhatta a termésképzést, végső esetben a generatív szaporodást.

Dolgozatom eredményei alapján javasolható a védett területeken lévő erdők kezelésében a nyílt, ligetes erdőszegélyek kialakítása az átmenetekhez kötődő mocsári kardvirág fennmaradásának biztosítása céljából, mely intézkedéssel sok más, kifejezetten az erdőszegélyekhez kötődő állat- és növényfaj védelmének hatékonyságát is növelni lehetne. A mocsári kardvirág élőhelyein természetvédelmi kezelése során mindenképpen javasolható erdei állományok esetében a nyílt

erdei körülmények fenntartása, kialakítása, valamint az erdőszegélyek túlzott cserjésedésének, ezzel együtt a vegetáció záródásának megakadályozása.

Érdemes lenne a továbbiakban a kutatást kiterjeszteni a mocsári kardvirág beporzóira is, hogy a zárt erdei csökkent termésképzésről átfogóbb képet kapjunk.

6. Összefoglalás

A mocsári kardvirág (*Gladiolus palustris* GAUD.) hazánk fokozottan védett, Natura 2000-es növényfaja. A világállomány megközelítőleg 70%-a hazánkban található. A faj összesen 15 hazai populációja zömében a Kiskunságban, kisebb részt a Balaton-felvidéken és a Bakonyalján található, ugyanakkor élőhelyi igényei kevésbé ismertek. GAUDIN 1828-ban *palustris*-nak vagyis *mocsári* kardvirágnak írta le a fajt, miután zömével mocsári élőhelyekre jellemző növények között találta, miközben a faj jelenlegi aktuális állományának 90%-a xerofil, xeromezofil élőhelyeken fordul elő, jellemzően sztyeppréteken és nyílt száraz erdőkben, legfeljebb időszakosan nedves területeken. Az ismert állományok közül négy populáció található erdős tájban, mely élőhelyek a legheterogénebbek mikroélőhelyi sokféleségüket tekintve. Ezek közül a legnagyobb, legtermészetesebb erdős kardvirág-állomány a nyirádi Sár-állón található. Szakdolgozatomban ennek a populációnak a mikroélőhelyi preferenciáit vizsgáltam, remélve, hogy eredményeim alkalmasak lehetnek a faj nagyobb léptékű élőhely-választásának jobb megértésére is.

Az elvégzett terepi mintavételezés során alapvetően kétféle mintavételt használva jellemeztük a Sár-állón lévő mocsári kardvirág-állomány területére eső nyílt és zárt erdőfoltok valamint a köztük lévő erdőszegély mikroklímáját. Az egyik egy vonal menti mintavételezés volt (transzszekt-vizsgálat), mely relatíve független a kardvirágtövek eloszlásától. E mellett a kardvirágok által ténylegesen elfoglalt mikroélőhelyek jellemzésére ún. preferenciális kvadrátokat használtunk. Ez utóbbiak középpontjában álló kardvirág-töveket rétegzett random módon választottuk ki a többi közül a rét, a nyílt és a zárt erdei foltból. Valamennyi kvadrátban vizsgáltuk a léghőmérsékletet, a relatív páratartalmat illetve a kettő adatainak felhasználásával számolt párányomás-hiányt, a talajhőmérsékletet és a térfogati talajnedvességet a talajréteg felső 12 cm-ben, valamint az egyes élőhelyfoltra jutó átlagos fénymennyiséget (PAR). A preferenciális kvadrátokban vizsgáltuk ezen túl a faj néhány fontosabb kondicionális jellemzőjét (hajtsmagasság, levélszám, levélszélesség, levélhossz) és reprodukív jellemzői közül a virágszámot, termésszámot és a virágkötési arányt.

Legfontosabb eredményünk, hogy megállapítottuk: a mocsári kardvirág által lakott mikroélőhelyek lényegesen nagyobb hasonlóságot mutatnak, mint ami a rét, nyílt erdő, zárt erdő vagy azok határán lévő szegélyvegetáció átlagos mikroklimatikus jellemzői között fennáll. Vagyis a növényfaj „válogat” a felkínált sokféle mikroélőhely közül, előnyben részesítve az erdős táj mérsékelt mikroklimájú élőhely-foltjait, elkerülve a szélsőségeket, a nyílt erdő legmelegebb foltjait, valamint a zárt erdők leghűvösebb, legsötétebb részeit, ide értve azok erősen cserjésedő szegélyét is.

A kardvirágtövek vegetatív (kondicionális) és reprodukzív tulajdonságainak összehasonlítása alapján megállapítottuk, hogy a zárt erdei környezetben a kardvirágtövek átlagosan jobb kondicionális állapotban vannak, viszont ezzel párhuzamosan csökkent reprodukivitást mutatnak. Ezzel ellentétben a réti példányok rosszabb kondicionális jellemzők mellett erőteljesebb reprodukzív tulajdonságokkal bírnak. Mivel a nyílt erdei szubpopuláció a két véglet között helyezkedik el, így itt az egyes tövek jobb vegetatív (kondicionális) állapota és a nem (túl) rossz reprodukzív jellemzői együttesen érik el, hogy a nyirádi Sár-álló kardvirág-populációjának legnagyobb része ehhez a fiziognómiai élőhely-típushoz kötődik.

7. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném köszönetem kifejezni témavezetőmnek Csete Sándor tanár úrnak, aki segítsége nélkül nem készült volna el ez a munka. Tanácsaival, javaslataival és szakértelmével hozzásegített a szakdolgozatom elkészüléséhez. Külön köszönöm a konzultációk során átadott rengeteg új tudást, adatelemzés és feldolgozás területén.

8. Irodalomjegyzék

Abdi, H (2010) Holm's sequential Bonferroni procedure. In: Salkind, N. (Ed.) Encyclopedia of Research Design. Thousand Oaks, CA: Sage pp.1-8

Aradi E., Liebhaber G., Petákné Fazekas A., Krnács Gy., Margóczy K. (2006): Rövid közlemények: A *Gladiolus palustris* GAUD. két új előfordulása a Dél-Kiskunságban. In: Flora Pannonica 4 (2006) pp. 131.

Arcanum térképek honlapja. Letöltés dátuma: 2024.11.11. forrás:
<https://maps.arcanum.com/hu/browse/country/>

Bauer N. (2004) A *Gladiolus palustris* Gaud. állományainak monitoring vizsgálata (A módszer) a BfNPI területén 2004-ben. Kézirat

Borhidi A. (1993) A magyar flóra szociális magatartás típusai, természetességi és relatív ökológiai értékszámai. Pécs: Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium Természetvédelmi Hivatalának és a Janus Pannonius Tudományegyetem kiadványa.

Bölöni J., Molnár Zs., Kun A. (szerk.) (2011) Magyarország élőhelyei Vegetációtípusok leírása és határozója ÁNÉR 2011. Vácrátót: MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete.

Csete S. (2022) A mocsári kardvirág (*Gladiolus palustris* Gaud.) Duna-Tisza közti populációinak monitoring-vizsgálata pp.67. Kutatási jelentés

Csete S., Magos G., Molnár V. A. (2014) Mocsári kardvirág *Gladiolus palustris* Gaudin 1828. In: Haraszthy L. (szerk.) (2014) Natura 2000 fajok és élőhelyek Magyarországon. Csákvár: Pro Vértes Közalapítvány, pp.115-117.

Dövényi Z. (szerk.) (2010) Magyarország kistájainak katasztere. Budapest: MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, pp. 560-562.

European Environment Agency honlapja. Letöltés dátuma: 2024.10.31. forrás: <https://natura2000.eea.europa.eu>

Futó J. – Mesterházy A. (2013) A nyirádi Sár-álló: Láprétek, gyepek, fás legelők védelme a Balaton-felvidéki Nemzeti Park Igazgatóság működési területén. Veszprém: Prospektus Nyomda.

Käsermann Ch. (1999) *Gladiolus palustris* GAUDIN, Sumpf-Gladiole, Iridaceae. – Merkblätter Artenschutz – Blütenpflanzen und Farne, pp. 152-153.

Khanh H.V., Süle G., Kovács B., Erdős L., (2024): Strong differences in microclimate among the habitats of a forest-steppe ecosystem. *Időjárás*, 2024 Vol. 128, pp. 1-26. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2024.1.1>

Király G. (szerk.) (2009) Új magyar fűvészkönyv – Magyarország hajtásos növényei. Jósvalfő: Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, pp. 493.

KSH: Központi Statisztikai Hivatal honlapja. Letöltés dátuma: 2024.11.07. forrás: <https://www.ksh.hu/s/kiadvanyok/termofoldarak-es-berleti-dijak-2022/boxplot.html>

MÁTHÉ I. (1934) Magyarország Gladiolus fajainak revíziója. Botanikai Közlemények. 31. pp. 262-270.

McDowell N., Pockman W. T., Allen C. D., Breshears D. D., Cobb N., Kolb T., Plaut J., Sperry J., West A., Williams D. G., and Yezzer E. A., 2008: Mechanisms of plant survival and mortality during drought: Why do some plants survive while others succumb to drought? New Phytol. 178, 719–739. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02436.x>

Molnár A., Sulyok J., Vidéki R. (1995) A *Gladiolus palustris* GAUD. előfordulása a Bakonyalján és a Tapolcai-medencében. Kanitzia-3, pp.125-136.

Németh F. (1989) Száras növények. In: RAKONCZAI Z. (szerk.): Vörös Könyv. Budapest: Akadémiai kiadó.

NOWOTNY G. – TRÖSTER B. (2002) Zur Bestandesentwicklung der Sumpf-Gladiole (*Gladiolus palustris* Gaudin) im Bundesland Salzburg. – Österreichisches Botanikertreffen BAL Gumpenstein 10. pp. 45-49.

SOÓ R. (1930) Adatok a Balatonvidék flórájának és vegetációjának ismeretéhez II. Magy. Biol. Kut. Munkái 3. pp. 169-185.

Süle G., Balogh J., Fóti S., Gecse B., and Körmöczi L., (2020): Fine-scale microclimate pattern in forest-steppe habitat. *Forests* 11, 1–16. <https://doi.org/10.3390/f11101078>

Vidéki R. – Máté A. (2006) Mocsári kardvirág (*Gladiolus palustris*). In: KvVM Természetvédelmi Hivatal Fajmegőrzési tervek (2006)

Yuan, W., Zheng, Y., Piao, S., Ciais, P., Lombardozzi, D., Wang, Y., Ryu, Y., Chen, G., Dong, W., Hu, Z., Jain, A. K., Jiang, C., Kato, E., Li, S., Lienert, S., Liu, S., Nabel, J.E.M.S., Qin, Z., Quine, T., ... and Yang, S., (2019): Increased atmospheric vapor pressure deficit reduces global vegetation growth. *Sci. Adv.* 5, 1–13. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax1396>

9. Ábrák és táblázatok jegyzéke

1. ábra Európai előfordulás (a), és a hazai előfordulás (b) (Ábrák forrása: CSETE ÉS MTSAI 2014).... 3

2. ábra A mocsári kardvirág leszáradó virággal és tokterméssel (a), toktermés (b), virágzó mocsári kardvirág (c), (c) fotó: Csete S. Ásotthalmi láprét TT	5
3. ábra Mocsári kardvirág virágja, fotó: Molnár V. A.....	5
4. ábra Nyirád Sár-álló terepi mintavételezésünk helyszíne.....	8
5. ábra Nyirád a Habsburg Birodalom által készített Első Katonai Felmérés térképen (1782-1785). A mocsári kardvirág mai élőhelyét piros nyíl mutatja.....	10
6. ábra A 70 darab 1×1 m-es kvadrát rétegzett random elrendezése (a), és a 90 m-es transzszekt elhelyezkedése a nyirádi Sár-állón (b). (ZE=zárt erdő, NYE=nyílt erdő, R=rét.).....	11
7. ábra Tinytag Plus 2 (TGP-4500) mikroklímamérő egy mocsári kardvirág példány mellett.	13
8. ábra A fénymérésre használt AccuPAR LP 80-as mérőműszer (a), és a műszer a mérés során (b)	14
9. ábra A talajvizsgálatra használt FieldScout TDR-350 a mérés során.....	15
10. ábra A 90m-es transzszekt mentén végzett mérések, és azok mintavételezési távolságai. ...	15
11. ábra A „zárt erdő” (ZE) „nyílt erdő” (NYE), és a „rét” (R) élőhely-foltokban a léghőmérséklet (°C) és a relatív páratartalom (%) alakulása egy 24 órás mérés során, a Tinytag mikroklímamérők élőhelytípus szerinti átlagadataival.	16
12. ábra A transzszekt mentén mért léghőmérséklet (°C) és relatív páratartalom (%) alakulása 24 óra folyamán a nyílt erdő, szegély és zárt erdei élőhelyfoltban, élőhely-típusonként átlagolt adatokkal. (NYE=nyílt erdő, ZE=zárt erdő, Szegély=erdőszegély)	18
13. ábra Léghőmérséklet a kardvirág által elfoglalt mikroélőhelyek adatai alapján a három élőhely-kategóriában, nappali léghőmérséklet (A), éjjeli léghőmérséklet (B). C és D: léghőmérséklet a transzszekt élőhely-kategóriáiban: (C) nappali és (D) éjjeli. (NYE=nyílt erdő, Szegély=erdőszegély, ZE=zárt erdő)	19
14. ábra Relatív páratartalom a kardvirág által elfoglalt mikroélőhelyek adatai alapján a három élőhely-kategóriában, nappali relatív páratartalom (A), éjjeli relatív páratartalom (B). C és D: relatív páratartalom a transzszekt élőhely-kategóriáiban: (C) nappali és (D) éjjeli. (NYE=nyílt erdő, Szegély=erdőszegély, ZE=zárt erdő)	20
15. ábra Párányomás-hiány, VPD (kPa) a transzszekt élőhely-kategóriáiban. (NYE=nyílt erdő, Szegély=erdőszegély, ZE=zárt erdő)	21
16. ábra A PCA vagyis főkomponens-analízis eredménye alapján négy, illetve három fénykörnyezeti kategóriát különböztetünk meg.	23
17. ábra A transzszekt vonal menti mintavételezési pontjai feletti lombkorona-borítás.	24
18. ábra A fény PAR ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$) értékei zárt erdő, nyílt erdő, rét, élőhelyi kategóriák szerint (A), fénykörnyezeti kategóriák szerint (B) és vonaltranszszekt mentén nyílt erdő, szegély, zárt erdő kategóriákban (C). (NYE=nyílt erdő, Szegély=erdőszegély, ZE=zárt erdő)	24
19. ábra A térfogati talajnedvesség (%) zárt erdő, nyílt erdő, rét élőhelyeken (A), fénykörnyezeti kategóriák szerint (B) és transzszekt vonalán nyílt erdő, szegély, zárt erdő kategóriákban (C). (NYE=nyílt erdő, Szegély=erdőszegély, ZE=zárt erdő).....	25
20. ábra A talajhőmérséklet (°C) zárt erdő, nyílt erdő, rét élőhelyeken (A), fénykörnyezeti kategóriák szerint (B) és transzszekt vonalán nyílt erdő, szegély, zárt erdő kategóriákban (C). (NYE=nyílt erdő, Szegély=erdőszegély, ZE=zárt erdő).....	25
21. ábra Egyedsűrűség (db) a mocsári kardvirág által elfoglalt mikroélőhelyek 70 db preferenciális kvadrátjának adatai alapján a három élőhely-kategóriában (A) és a három fénykörnyezeti kategóriában (B).	27
22. ábra Hajtásmagasság (cm) a mocsári kardvirág által elfoglalt mikroélőhelyek 70 db preferenciális kvadrátjának adatai alapján a három élőhely-kategóriában (A) és a három fénykörnyezeti kategóriában (B). (Átlag és Standard error (SE) értékek).	28

23. ábra Levélhossz (cm) a mocsári kardvirág által elfoglalt mikroélőhelyek 70 db preferenciális kvadrátjának adatai alapján a három élőhely-kategóriában (A) és a három fénykörnyezeti kategóriában (B). (Átlag és SE.)	29
24. ábra Levélszélesség (mm) a mocsári kardvirág által elfoglalt mikroélőhelyek 70 db preferenciális kvadrátjának adatai alapján a három élőhely-kategóriában (A) és a három fénykörnyezeti kategóriában (B). (Átlag és SE.)	30
25. ábra Levélszám (db) a mocsári kardvirág által elfoglalt mikroélőhelyek 70 db preferenciális kvadrátjának adatai alapján a három élőhely-kategóriában (A) és a három fénykörnyezeti kategóriában (B).	31
26. ábra Tövenkénti virágszám(db) a mocsári kardvirág által elfoglalt mikroélőhelyek 70 db preferenciális kvadrátjának adatai alapján a három élőhely-kategóriában (A) és a három fénykörnyezeti kategóriában (B).	31
27. ábra Tövenkénti termésszám (db) a mocsári kardvirág által elfoglalt mikroélőhelyek 70 db preferenciális kvadrátjának adatai alapján a három élőhely-kategóriában (A) és a három fénykörnyezeti kategóriában (B).	32
28. ábra Virágkötési arány (%) a mocsári kardvirág által elfoglalt mikroélőhelyek 70 db preferenciális kvadrátjának adatai alapján a három élőhely-kategóriában (A) és a három fénykörnyezeti kategóriában (B).	34

NYILATKOZAT

szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Szabados Dániel
A Hallgató Neptun kódja: H5HK9L
A dolgozat címe: A mocsári kardvirág (*Gladiolus palustris* GAUD.)
élőhelyválasztásának mikroklimatikus jellemzői a
nyirádi Sár-állón
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Természetvédelmi Biológiai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

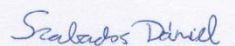
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2024. november 11.


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Szabados Dániel (hallgató Neptun azonosítója: H5HK9L) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: Kaposvárott 2024. november 11-én.


belső konzulens
CSÉPE SÁNDOR
✱

¹ A megfelelő aláhúzendő.

² A megfelelő aláhúzendő.