

## A közösségi tudomány és a növényfenológiai vizsgálatok szerepe az éghajlatváltozás helyi hatásainak kimutatásában

ALFÖLDI Zoltán<sup>1\*</sup>, CSEH László<sup>†</sup>

<sup>1</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet, Természetvédelmi Biológia Tanszék, Georgikon Campus, 8360 Keszthely, Deák F. u. 16.;  
e-mail: [Alfoldi.Zoltan.Peter@uni-mate.hu](mailto:Alfoldi.Zoltan.Peter@uni-mate.hu)

**Kulcsszavak:** klímaváltozás, citizen science, hőmérséklet, csapadék, növényfenológia, idősoros adatok

**Összefoglalás:** A tudományos kutatások egyik módszertani kiterjesztési és hatékonyság-növelési lehetősége a közösségi tudomány (citizen science), amely az elmúlt évtizedekben egyre jobban terjed a különböző tudományterületeken belül, és azok között. Ennek egyik jelentős gyakorlati példája egy lelkes amatőr adatgyűjtő (Cseh László) évtizedeken át végzett kitartó és pontos munkájával a legfontosabb helyi éghajlati adatokat (napi hőmérséklet mérése reggel 7 és 12 órakor, csapadék mennyisége) gyűjtötte össze a Cegléd melletti pusztán. Az éves hőmérsékleti átlagok mellett az évszakok hőmérsékleti átlagának alakulását is kimutattuk, melyek közül a legnagyobb növekedést (+2,0 °C) a téli átlaghőmérsékletek alakulásánál mértük. Az adatok alapján a hőség napok ( $T_{\max} = \geq 35$  °C), valamint a fagyos- ( $T < 0$  °C) és zord ( $T < 10$  °C) napok számának alakulását is vizsgáltuk. Megállapítottuk a hőség napok növekvő; a fagyos- és zord napok csökkenő tendenciáit. Az adatsoroknak az országos adatok dinamikájával való összehasonlítását és a növényfenológiai felhasználási lehetőségeit mutatjuk be a jelen közleményben. A helyi adatsorok jól illeszkednek az országos tendenciához, és az éghajlatváltozás növényfenológiai hatásainak kimutatásával a természetvédelem eredményességét növelhetik. A közösségi tudomány lehetőséget ad a tudományos eredmények nagyobb mértékű társadalmi meg- és elismerésére. Az éghajlatváltozás összetett ökológiai kölcsönhatásainak lokális léptékű kimutatására a pókbangó orchidea faj alkalmazása a hazai környezeti viszonyok között is javasolható, mivel hazánkban jellemző és fokozottan védett faj, vízhiányra érzékeny, különösen alacsony talajnedvesség tartalmú területeken.

### Bevezetés

A közösségi tudomány (citizen science) elnevezése a tudomány eredendően közösségi jellege és céljai miatt különösen hangzik, valójában a tudományos kutatások lehetőségeinek és résztvevőinek kibővítésére kap egyre nagyobb teret az elmúlt évtizedekben (Eleta et al. 2019; Elliott és Rosenberg 2019; Vohland et al. 2021). A különböző tudományterületeken folyó vizsgálatok különböző fázisaiba, vagy a teljes programokba olyan, érdeklődő önkéntesek bekapcsolódását jelenti, akik részvétele a tudományos kutatások hatékonyságát és az eredmények felhasználhatóságát növeli (OpenScientist 2011). Az Old Weather projektben például hobbi-történészek segítségével a korábbi történelmi időszakok hajónaplóinak adatait használják fel a klímaváltozás modelljeinek pontosítására (Vohland et al. 2021).

A közösségi tudománynak számtalan előnye és kockázata van (Goudeseune et al. 2020); melyeket az 1. táblázatban mutatunk be. A kiterjesztett, adat-intenzív kutatások

a tudományos ismeretek bővítése mellett hatékonyan hozzájárulhatnak a jobb társadalmi döntéshozatalhoz (CSA 2021). Ez a tudományos kutatási módszer lehetővé teszi a biológiai és ökológiai adat-gyűjtést nagy térbeli és időbeli skálán, és értékes adatkészleteket állítanak elő az alap- és az alkalmazott kutatás számára (Baker et al. 2021). A „tudás-koprodukció”, vagyis a kiterjesztett gondolkodás és az egyetemes tudás közös létrehozása azonban hangsúlyozottan a pontosság és megbízhatóság, valamint az összehasonlíthatóság és az etika (Rasmussen és Cooper 2019) tudományos követelményeinek teljes körű megvalósulásával lehet társadalmi szinten értékes és hasznos (Fraisl et al. 2020), és járulhat hozzá a klímatudatosság növekedéséhez (Rambonnet et al. 2019). A közösségi tudomány keretei kiváló lehetőségeket kínálnak a hagyományos (népi) tudás ismereteinek ötvözésére az akadémiai kutatások eredményeivel (Panitsa et al. 2021), sőt akár a környezetpolitika alakításában is fontos szerepet játszanak (Turbé et al. 2019; Ábrám et al. 2020).

1. táblázat A közösségi tudomány (*citizen science*) lehetséges előnyei és kockázatai

Table 1. The possible advantages and risks of citizen science

Előnyök	Kockázatok
adatgyűjtés kiterjesztése („adat-intenzív”)	eltérő háttér (tudás, motiváció)
résztevők sokfélesége	adatminőség
munkamegosztás	időigényesség
kölcsönös együttműködési előnyök	kommunikációs problémák
helyi érdekeltség, felelősségérzet	prioritások változása
nagyobb hatékonyság	folyamatos elköteleződés fenntartása
szélesebb körű ismeretterjesztés	személyi változások

A fenológia az élővilágban évente ismétlődő produkció-biológiai események időbeli dinamikája; előfordulásuk biotikus és abiotikus hatások által befolyásolt okainak meghatározása (Fenner 1998). Az éghajlatváltozások befolyásolják a szárazföldi ökoszisztémák szezonális aktivitását, míg a hosszú távú fenológiai adatsorok a változó klíma megbízható indikátorai (Molnár V. 2014), azaz a növényfenológia jelzi az éghajlat változását és a környezet növényekre gyakorolt hatásait. A hőmérséklet számos növényfejlődési folyamat fő mozgatórugója; a magasabb hőmérséklet felgyorsíthatja a növény fejlődését, és a következő onto-genetikai szakasz korábban bekövetkezhet. Az éghajlat változásaira adott növényi reakciók – a genetikai és környezeti hatások miatt – faj- és helyspecifikusak (Fitchett et al. 2015). Az alkalmazkodóképesség alapvetően meghatározza, hogy a hőmérsékleti és csapadék-változások milyen mértékben befolyásolják a növények fejlődését és teljesítményét. A jó alkalmazkodó-képesség nagyobb ökológiai és gazdasági stabilitást (kompetíció, kölcsönhatások, produktivitás) eredményez. Ha megismerjük az egyes fajok klímaváltozásra adott reakcióit, hatékonyabbá tehetjük a biodiverzitás védelmét.

A közösségi tudomány természetvédelmi alkalmazásainak egyik jelentős sikere az angol Botanikai Társaság és a londoni Természettudományi Múzeum Orchidea Meg-

figyelők nevű interdiszciplináris programja, amely ötvözte a terepi és az online megközelítéseket, érdeklődő természetjárók és orchidea-szakértők részvételével. Közel 2 000 résztvevővel 50 948 online fajmeghatározást végeztek, és 29 orchideafaj virágzási idejének változásait vizsgálták az éghajlatváltozás hatására. Az összegző tanulmány ezenkívül több mint 200 új brit helyszínt azonosított, köztük ritka és veszélyeztetett taxonok élőhelyeit (Vohland et al. 2021).

A történeti növényfenológiai vizsgálatok hosszú múltra tekintenek vissza. Henry David Thoreau (1817–1862) amerikai természettudós 1852 és 1858 között a Massachusetts állambeli Concordban feljegyzett növényfenológiai adatait felhasználják a klímaváltozás hatásainak kimutatására. Primack és Miller-Rushing (2012) 43 növényfaj akkori és 2004–2006 közötti virágzási időpontjai között átlagosan 7 napos eltérést (korábbi virágzást) találtak. Az Országos Meteorológiai Szolgálat „Útmutató növényfenológiai megfigyelésekre” című kiadványa hasznos segítséget nyújt a közösségi kutatásokban résztvevőknek is (OMSZ 2017).

Magyarországon az eddigi közösségi tudományi programok többsége a környezeti nevelés területén valósult meg, amelyek célja az emberek természeti kapcsolatainak növelése, valamint az állampolgárok bevonása a tudományos megfigyelésekbe és a természetvédelembe (Bela et al. 2016). Magyarországon az állampolgári tudomány területén ma az egyik legaktívabb szervezet az Environmental Social Science Research Group (ESSRG), amely transzdiszciplináris természet- és társadalomtudományi kutatásokat és képzéseket végez (ESSRG 2022).

### Anyag és módszer

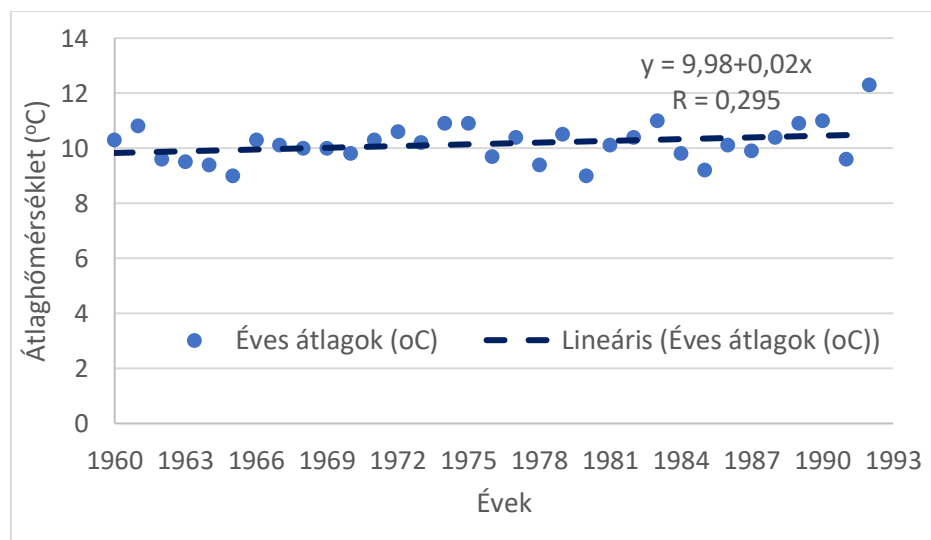
Cseh László (1909–1993) kádármester 1953-tól 1992-ig, 40 éven át végzett meteorológiai megfigyeléseket a Magyarország földrajzi középpontjához (47,168462; 19,395633) közeli, Cegléd mellett található Csemő-Ereklyés pusztán (47,074073; 19,392662). Az időjárási méréseket Cseh László az 1952-ben megalakult mezőgazdasági termelősövetkezet elnökének felkérése alapján végezte, rendszeres mérési adatait helyi szinten széles körben (a TSz mellett a helyi állami gazdaság és erdészet, valamint a környező gazdaságok és gazdálkodók) hasznosították. Különösen jelentős ez az adott termőhelyi viszonyok, a Cegléd környéki gyenge homoktalajokra jellemző nagy hőingadozások esetén, ahol „Ereklyés pusztán mindig 2–3 fokkal hidegebb van, mint a városban” (Cseh László). A nyolc darab kézzel írott időjárási napló közül 6 füzetet Cseh Borbála a Magyar Mezőgazdasági Múzeum és Könyvtár Georgikon Majortörténeti Kiállítóhelyének Könyvtárában, Keszthelyen helyezett el 2010-ben, míg 2 füzet a hagyatékból került elő napjainkban. Így egy, a hazai viszonyok között jellemző ökológiai környezetben a 20. század második felében felvett hosszú idejű megbízható adatsorral rendelkezünk. A teljessé vált idősoros éghajlati adatsor digitalizálása és feldolgozása a jelen kutatási programban történt meg. A napi kétszeri méréssel (reggel 7 és 12 óra) időjárási naplókban rögzített napi hőmérsékleti értékeket átlagoltuk, és a továbbiakban ezeket (átlaghőmérsékletek) használtuk vizsgálatainkban, mivel ezek korrelációja

az országos középhőmérsékleti adatokkal a vizsgálati időszakra (OMSZ, 1960–1992) teljes illeszkedést ( $R = >0,999$ ) mutatott.

## Eredmények és megvitatásuk

### Hőmérsékletváltozások Magyarország középső területén a 20. század második felében

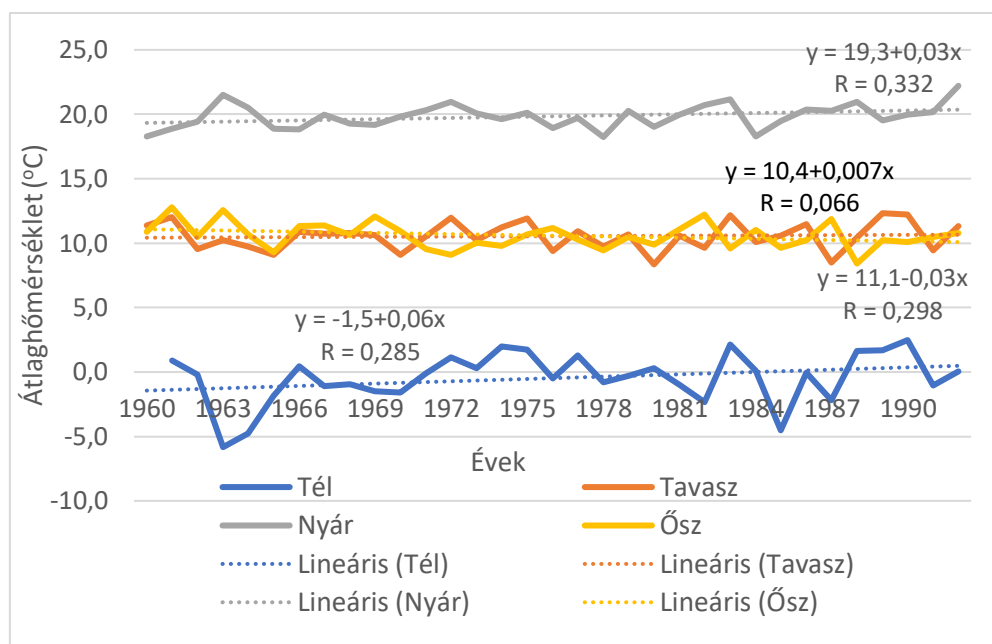
A vizsgálati időszakban 33 év alatt Csemő–Ereklyés pusztán az éves átlaghőmérséklet emelkedés mértéke a mért adatokra illesztett lineáris trend szerint  $0,7\text{ °C}$  volt (1. ábra). Ez az érték országos viszonylatban 1901 és 2014 között  $1,2\text{ °C}$  volt, és a legjelentősebb emelkedés az 1980-as évek közepétől történt (OMSZ 2015).



1. ábra Az éves napi átlaghőmérsékletek alakulása 1960 és 1992 között Csemő–Ereklyés pusztán (Cseh László mérései alapján), az adatokra illesztett lineáris görbével és adatainak feltüntetésével)  
 Figure 1. Annual average daily temperatures measured between 1960 and 1992 in Csemő–Ereklyés, Hungary (data of László Cseh) with the equation and regression coefficient (R-value) of the linear curve fitted to the data

Az átlaghőmérsékletek évszakos alakulását 1960 és 1992 között a 2. ábrán mutatjuk be. A legjelentősebb átlaghőmérséklet emelkedés a mérési adatokra illesztett lineáris függvény növekedési értéke alapján a téli időszakban volt megfigyelhető, míg a legalacsonyabb növekedést tavasszal mértük. Az őszi időszakban a nyárral azonos mértékű átlaghőmérséklet csökkenés történt a 33 év alatt.

Eredményeinket összehasonlítottuk az OMSZ országos adataival (2. táblázat). Az 1901 és 2020 közötti 120 éves adatsornál a legjelentősebb növekedés az évszakok közül nyáron volt megfigyelhető ( $1,3\text{ °C}$ ), hasonlóan az utolsó 40 év adataihoz, amikor azonban a növekedés már  $2,1\text{ °C}$ -os. A legalacsonyabb középhőmérséklet-emelkedést ugyanezen időszakokban ősszel ( $1,0\text{ °C}$ ), illetve tavasszal ( $1,4\text{ °C}$ ), mérték (OMSZ 2022).



2. ábra. A különböző évszakok átlaghőmérsékleteinek alakulása 1960 és 1992 között (Csemő–Ereklyés pusztán, Cseh László mérései alapján)

Figure 2. Changes in the average temperatures of different seasons between 1960 and 1992 (data recorded by László Cseh, Csemő–Ereklyés, Hungary)

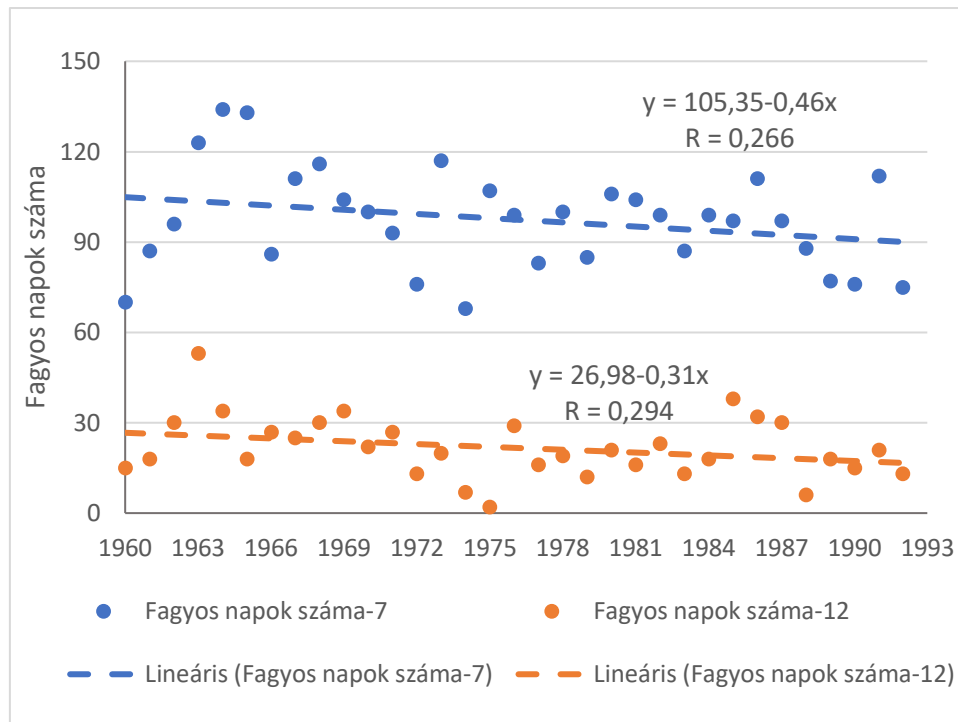
2. táblázat. Becsült éves és évszakai középhőmérséklet változások (OMSZ 2022 adatok a 90%-os konfidencia intervallumok alsó és felső határával (\*); valamint az illesztett lineáris görbék egyenleteiből származó értékek Cseh László Csemő–Ereklyés pusztán (\*\*)) rögzített adataira, a 3. ábra alapján)

Table 2. Estimated annual and seasonal mean temperature changes in Hungary, with the lower and upper limits of the 90% confidence interval of the OMSZ (2022) data (\*); and values from the equations of the fitted linear curves to the data of László Cseh, recorded in Csemő–Ereklyés, Hungary (\*\*), presented in Figure 3.

Időszak	Év	Tavaszi	Nyári	Őszi	Téli
1901–2020*	1.2 (0.9–1.6)	1.2 (0.6–1.7)	1.3 (0.9–1.8)	1.0 (0.4–1.6)	1.2 (0.2–2.1)
1981–2020*	1.7 (1.2–2.2)	1.4 (0.6–2.2)	2.1 (1.4–2.8)	1.5 (0.7–2.2)	1.9 (0.4–3.4)
1960–1992**	0,7	0,2	1,0	-1,0	2,0

Az általunk vizsgált 33 éves időszakban Csemő–Ereklyés pusztán a 2. ábra mérési adataira illesztett lineáris trendvonal értékei alapján az évszakok átlaghőmérséklete különböző mértékben alakult a vizsgált időszakban: a legjelentősebb emelkedés (2,0 °C) télen volt megfigyelhető, míg a legalacsonyabb növekedés (0,2 °C) tavasszal volt kimutatható. Nyáron a növekedés mértéke 1,0 °C volt, míg ősszel ugyanilyen mértékű átlaghőmérséklet csökkenést tapasztaltunk (2. táblázat).

A vizsgált időszakban (1960–1992) a fagyos napok száma ( $T < 0\text{ °C}$ ) mind a reggel 7 órai, mind a déli 12 órai mérések során is folyamatosan csökkenő tendenciát mutatott (3. ábra). Ennek mértéke a 33 éves időszakban az illesztett lineáris függvény alapján az előbbi esetben 15, míg az utóbbinál 10 nap.



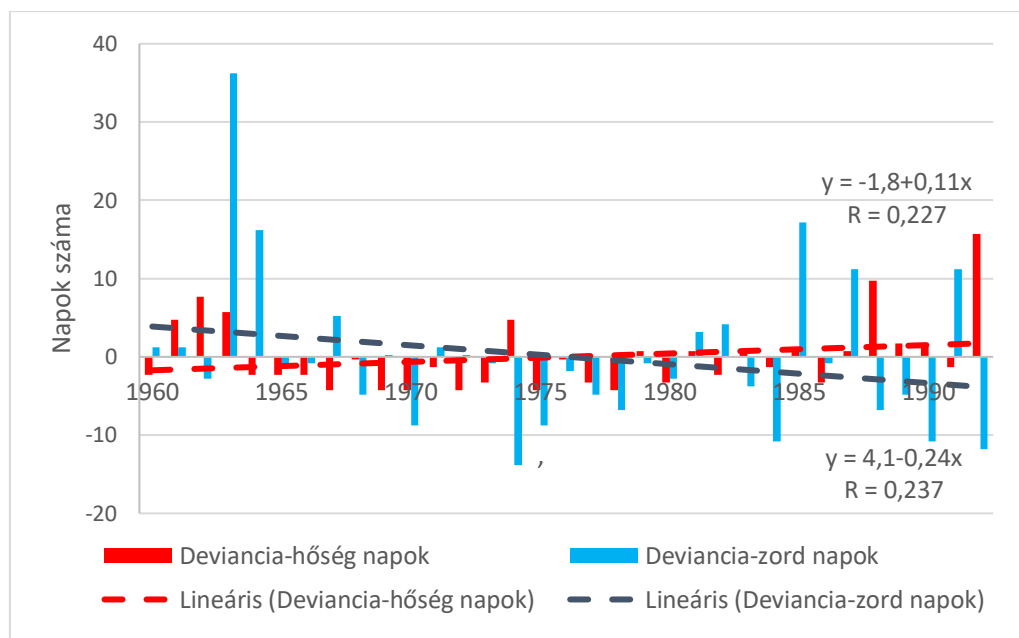
3. ábra A fagyos ( $T < 0\text{ °C}$ ) napok számának alakulása Csemő–Ereklyés pusztán a napi 2 mérési időpontban (reggel 7 és déli 12 óra) a vizsgált időszakban (1960–1992), Cseh László mérései alapján  
 Figure 3. The number of frosty ( $T < 0\text{ °C}$ ) days in Csemő–Ereklyés, Hungary, measured twice daily (7 and 12 AM), from 1960 to 1992 (data recorded by László Cseh)

A vizsgálati helyen a déli 12 órakor mért hőség napok ( $T \geq 35\text{ °C}$ ) számának a vizsgálati időszak 33 éves átlagától (4,3 nap) való eltérése (devianciája) az illesztett lineáris függvény alapján emelkedő, míg a zord napok ( $T < 10\text{ °C}$ , a reggel 7 órai mérési időpontban) devianciája csökkenő tendenciát mutatott (4. ábra). A zord napok számának átlaghoz viszonyított csökkenése az adott időszakban (7,9 nap) több mint kétszerese volt a hőség napok száma emelkedésének (3,6 nap). A legtöbb hőség napot (20) az utolsó mérési időpontban, 1992-ben mértük. A vizsgált időszakban az 1963-as évben a zord napok száma a reggel 7 órai mérések alapján kiugróan magas (52 nap) volt, melyek közül 7 napon  $-20\text{ °C}$ -nál is hidegebb volt (extrém hideg), illetve ezeken a napokon a 12 órai méréskor is  $10\text{ °C}$ , vagy annál alacsonyabb volt a hőmérséklet.

### A növényfenológia alkalmazása a klímaváltozás hatásainak kimutatására

Jacquemyn és Hutchings eredetileg 1992-ben megjelent, majd 2015-ben újraközölt publikációjukban a pókbangó (*Ophrys sphegodes*) orchideafajt javasolják a klímaváltozás növényfenológiai hatásainak kimutatására (Jacquemyn és Hutchings 2015). A faj Európa nyugati, déli és középső területein általánosan előfordul, egyedfejlődését és virágzási időpontját nagymértékben befolyásolják a környezeti hatások – elsősorban a hőmérséklet és a vízellátottság –, emellett a virágzásbiológiai jellemzők különösen alkalmasak a komplex ökológiai hatások kimutatására. Rovarmegporzású fajként ugyanis a klímaváltozásnak nem csupán a növény (pókbangó) fenológiai fázisaira van hatása, hanem a szaporodáshoz nélkülözhetetlen méhfajok – Közép-Angliában az

*Andrena nigroaenea* (Jacquemyn és Hutchings 2015) – megjelenésére és a beporzásra, valamint további ökológiai kölcsönhatásokra és a biodiverzitás megőrzésére is. Robbirt és munkatársai 1975 és 2006 közötti vizsgálatai szerint a tavaszi hőmérséklet 1 °C-os emelkedése a pókbangó állományokban 6 nappal korábbi virágzást eredményezett (Robbirt et al. 2011).

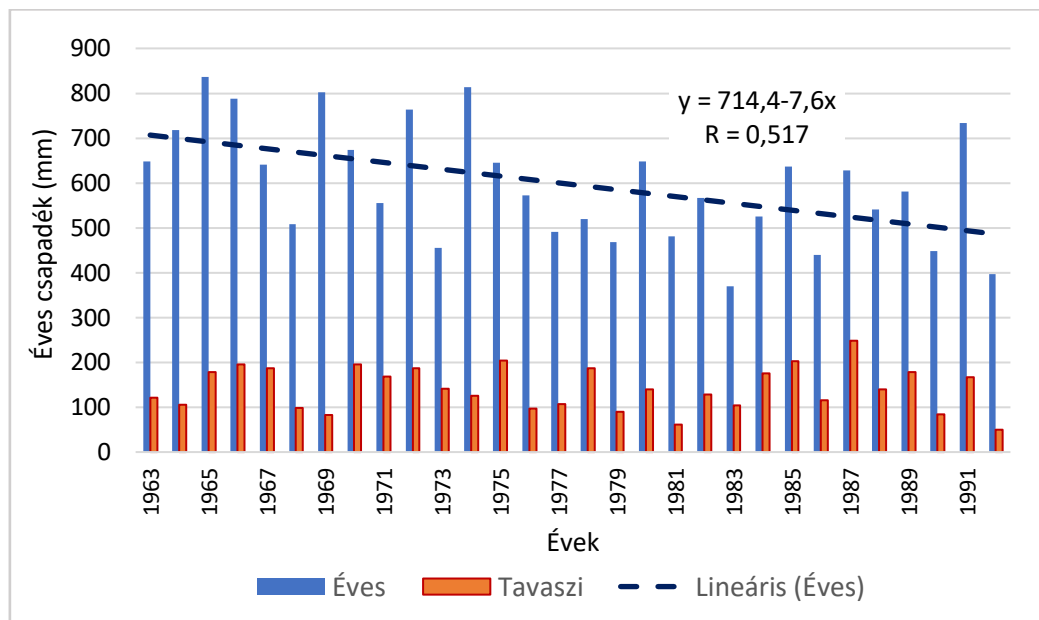


4. ábra A hőség napok ( $T_{\max} \geq 35\text{ °C}$ ) és a zord napok ( $T < 10\text{ °C}$ ) eltéréseinek alakulása a vizsgált 33 éves időszak átlagaitól, valamint ezek dinamikája az illetékt lineáris függvények alapján Csemő-Ereklyés pusztán (Cseh László mérései alapján)

Figure 4. The deviations of the heat days ( $T_{\max} \geq 35\text{ °C}$ ) and extremely cold days ( $T < 10\text{ °C}$ ) from the averages of the 33 years of the measurements at Csemő-Ereklyés, Hungary; and their dynamics characterized by the fitted linear curves (based on the data measured by László Cseh)

A pókbangó virágzásának átlagos középnapja Magyarországon május 13; ami meleg, száraz időjárás esetén korai és rövid (10–14 napos) virágzást; míg hűvös időben annak 30–40 napos meghosszabbodását is jelentheti (Molnár V. et al. 2011). A pókbangó legnagyobb hazai állománya a Cegléd melletti Csíkos-szélen fordul elő, ahol a Gerje-patak mederszabályozása óta a csapadék hatása meghatározó a növényállomány kialakulásában. A Cseh László által a pókbangó állománytól alig néhány kilométerre mért adatok alapján pedig a 20. század második felében jelentősen csökkent a vizsgált terület csapadékelátottsága (4. ábra). A vizsgált 30 éves időszakban (1963–1992) az éves csapadékmennyiségekre illesztett lineáris trendvonal alapján a csökkenés mértéke  $-228,4\text{ mm}$  ( $-32\%$ ), ami az 1990-es évek elejére  $700\text{ mm}$  feletti ( $714,4\text{ mm}$ ) értékről  $500\text{ mm}$  alá ( $486\text{ mm}$ ) csökkent csapadékszintet jelent. Ugyanezen időszakban a tavaszi csapadékmennyiségek jelentős különbségeket mutattak (5. ábra). Surányi (1992) adatai szerint a jelen vizsgálatok helyszínével szomszédos Csíkos-szélen 1979–1991 között a pókbangó fővirágzásának ideje az országos átlagnál 6 nappal későbbi (május 19) volt, amit magyarázhat a csapadékmennyiség csökkenése.

Összefoglalásként megállapítható, hogy a növényfenológiai adatok, az összetett biotikus és abiotikus kölcsönhatásokban megjelenő ökológiai kapcsolatok interdiszciplináris kutatási programjai lehetővé teszik a klímaváltozás komplex hatásainak felmérését és kimutatását. Ebben a közösségi tudomány (citizen science) módszertana nagy segítséget nyújthat. A helyi időjárási történeti adatsorok ennek fontos alapjait képezhetik.



5. ábra A vizsgált terület éves és tavaszi csapadékellátottságának alakulása 1963–1992 között (Csemő–Ereklyés puszta, Cseh László mérései alapján)

Figure 5. Changes in the annual and spring rainfall in the area of this study between 1963 and 1992 (data recorded by László Cseh, Csemő–Ereklyés, Hungary)

Az éghajlatváltozás összetett ökológiai kölcsönhatásainak lokális léptékű kimutatására a pókbangó orchidea faj alkalmazása a hazai környezeti viszonyok között is javasolható, mivel hazánkban jellemző és fokozottan védett faj, vízhiányra érzékeny, különösen alacsony talajnedvesség tartalmú területeken.

#### Köszönetnyilvánítás

A kutatásokat az EFOP-3.6.3-VEKOP16-2017-00008 pályázati program támogatta. A szerző köszöni Horváth Zoltán és Rajnai Virág Éva (Mezőgazdasági Múzeum és Könyvtár, Georgikon Majortörténeti Kiállítóhely, Keszthely), valamint Cseh Borbála és Prof. Dr. Surányi Dezső önzetlen és értékes segítségét.



## Irodalom

- Ábrám Ö., Biró C., Morvai E., Kovács E. 2020: A Kiskunsági Nemzeti Park Kolon-tavi törzsterülete által nyújtott ökoszisztéma-szolgáltatások értékelése, térképezése. Tájökológiai Lapok, 18(1):1–13. DOI: <https://doi.org/10.56617/tl.3476>
- Baker, E., Drury, J. P., Judge, J., Roy, D. B., Smith, G. C., Stephens, P. A. 2021: The verification of ecological citizen science data: current approaches and future possibilities. Citizen Science: Theory and Practice 6(1):1–14. DOI: <https://doi.org/10.5334/cstp.351>
- Bela, Gy., Peltola, T., Young, J. C., Balázs, B., Arpin, I., Pataki, Gy., Hauck, J., Kelemen, E., Kopperoinen, L., van Herzele, A., Keune, H., Hecker, S., Suskevics, M., Roy, H. E., Itkonen, P., Kulvik, M., László, M., Basnou, C., Pino, J., Bonn, A. 2016: Learning and the transformative potential of citizen science. Conservation Biology 30(5): 990–999. DOI: <https://doi.org/10.1111/cobi.12762>
- CSA, 2021: Citizen Science Association, <https://citizenscience.org/> (letöltve: 2022.11.25.).
- Eleta, I., Galdon Clavell, G., Righi, V., Balestrini, M. 2019: The promise of participation and decision-making power in citizen science. Citizen Science: Theory and Practice 4(1): 8. DOI: <https://doi.org/10.5334/cstp.171>
- Elliott, K. C., Rosenberg, J. 2019: Philosophical Foundations for Citizen Science. Citizen Science: Theory and Practice 4(1): 9. DOI: <https://doi.org/10.5334/cstp.155>
- ESSRG, 2022: Environmental Social Science Research Group, <https://www.essrg.hu/> (letöltve: 2022. 11. 20.).
- Fenner, M. 1998: The phenology of growth and reproduction in plants. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 1(1): 78–91. DOI: <https://doi.org/10.1078/1433-8319-00053>
- Fitchett, J. M., Grab, S. W., Thompson, D. I. 2015: Plant phenology and climate change: Progress in methodological approaches and application. Progress in Physical Geography: Earth and Environment 39(4): 460–482. DOI: <https://doi.org/10.1177/0309133315578940>
- Fraisl, D., Gold, M., Wehn, U., Campbell, J., See, L., Wardlaw, J., Moorthy, I., Arias, R., Piera, J., Oliver, J., Maso, J., Penker, M., Fritz, S. 2020: Mapping citizen science contributions to the UN sustainable development goals. Sustainability Science 15: 1735–1751. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00833-7>
- Goudeseune, L., Eggermont, H., Groom, Q., Le Roux, X., Paleco, C., Roy, H. E., van Noordwijk, C. G. E. 2020: Citizen science toolkit for biodiversity scientists. BiodivERSA Report. 44 p. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3979343>
- Jacquemyn, H., Hutchings, M. J. 2015: Biological flora of the British Isles: *Ophrys sphegodes*. Journal of Ecology, 103: 1680–1696. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12469>
- Molnár V. A. 2014: A magyarországi orchideák fenológiai viszonyai. In: Molnár V.A., Bódis J., Illyés Z., Sramkó G. (szerk.): Európai orchideák, Oktatási segédanyag, Debreceni Egyetem, Debrecen, pp. 74–82.
- Molnár V.A., Palkó S., Benke Sz. 2011: Pókbangó. In: Molnár V.A. (szerk.): Magyarország orchideáinak atlasza, Kossuth Kiadó, Budapest, pp. 412–416.
- OMSZ, 2015: Megfigyelt hazai éghajlati változások Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest.
- OMSZ, 2017: Útmutató növényfenológiai megfigyelésekre a MET-ÉSZ rendszerben. Országos Meteorológiai Szolgálat, Miskolc.
- OMSZ, 2022: Éves és évszakos középhőmérsékletek változása. Országos Meteorológiai Szolgálat, [https://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt\\_hazai\\_valtozasok/hom-erseklet\\_es\\_csapadektrendek/](https://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_hazai_valtozasok/hom-erseklet_es_csapadektrendek/) (letöltve: 2022. 11. 30.).
- OpenScientist, 2011: Finalizing a Definition of Citizen Science and Citizen Scientists. <http://www.openscientist.org/2011/09/finalizing-definition-of-citizen.html> (letöltve: 2022. 11. 25.).
- Panitsa M, Iliopoulou, N., Petrakis, E. 2021: Citizen science, plant species, and communities' diversity and conservation on a Mediterranean biosphere reserve. Sustainability 13(17): 9925. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13179925>
- Rasmussen, L. M., Cooper, C. 2019: Citizen Science Ethics. Citizen Science: Theory and Practice 4(1): 5. DOI: <https://doi.org/10.5334/cstp.235>

- Primack, R. B., Miller-Rushing, A. J. 2012: Uncovering, Collecting, and Analyzing Records to Investigate the Ecological Impacts of Climate Change: A Template from Thoreau's Concord. *Bioscience* 62(2): 170–181. DOI: <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.2.10>
- Rambonnet, L., Vink, S. C., Land-Zandstra, A. M., Bosker, T. 2019: Making citizen science count: Best practices and challenges of citizen science projects on plastics in aquatic environments. *Marine Pollution Bulletin* 145: 271–277. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.05.056>
- Robbirt, K. M., Davy, A. J., Hutchings, M. J., Roberts, D. L. 2011: Validation of biological collections as a source of phenological data for use in climate change studies: a case study with the orchid *Ophrys sphegodes*. *Journal of Ecology* 99: 235–241. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01727.x>
- SCU, 2013: Science for Environment Policy In-depth Report: Environmental Citizen Science. Report produced for the European Commission DG Environment, Science Communication Unit, University of the West of England, Bristol, <http://ec.europa.eu/science-environment-policy> (letöltve: 2022.11.25.).
- Surányi D. 1992: Éden a Duna-Tisza közti Pest megyében. Cegléd és környékének természetvédelmi értékei. TIT Pest Megyei Egyesülete, Budapest.
- Turbé, A., Barba, J., Pelacho, M., Mugdal, S., Robinson, L. D., Serrano-Sanz, F., Sanz, F., Tsinaraki, C., Rubio, J-M., Schade, S. 2019: Understanding the citizen science landscape for European environmental policy: An assessment and recommendations. *Citizen Science: Theory and Practice* 4(1): 34. DOI: <https://doi.org/10.5334/cstp.239>
- Vohland, K, Land-Zandstra, A., Ceccaroni, L., Lemmens, R., Perelló, J., Ponti, M., Samson, R., Wagenknecht, K. 2021: The science of citizen science. Springer Nature, ISBN 978-3-030-58277-7, DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4>

## The role of citizen science and plant phenology studies in evaluation of the local effects of climate change

Z. P. ALFÖLDI<sup>1</sup>, †L. CSEH

<sup>1</sup>Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Georgikon Campus, Institute of Wildlife Management and Environmental Protection, Department of Conservation Biology, Deák F. u. 16., H-8360 Keszthely, Hungary; e-mail: [Alfoldi.Zoltan.Peter@uni-mate.hu](mailto:Alfoldi.Zoltan.Peter@uni-mate.hu)

**Keywords:** citizen science, climate change, temperature, precipitation, local data

Climate change is the greatest global challenge for present and future generations, destabilizing life-support systems with its diverse interrelationships and interactions. The real solutions to global problems at the local levels can only be expected through the widest possible social cohesion, the effective transmissions of the results of science to all ages and social strata. One of the best ways to do this is involving present or historical data from reliable sources of qualified and reliable amateur (citizen) scientists, which is an outstanding methodological opportunity to expand and increase the efficiency of scientific research. Therefore, citizen science has become more and more widespread within and between different disciplines in recent decades. One of the significant practical examples of this, with the persistent and accurate work of a late enthusiastic amateur data collector, Mr. László Cseh), who measured the most important local climate data (daily temperatures measured at 7 and 12 AM, and precipitation) in Csemő–Ereklyés, near Cegléd, central Hungary, for decades. We also show here the dynamics of the temperature averages in the four seasons, of which the largest increase (+2.0 °C) was measured in winter. Based on these data, we also examined the tendency of the number of hot days ( $T_{\max} = \geq 35$  °C), as well as the number of frosty ( $T < 0$  °C) and extremely cold ( $T < 10$  °C) days. We observed the increasing tendency in heat days, whereas the decreasing trends of frosty and extremely cold days. The comparison of these data sets with those of the national data and the possibilities of their use in explaining plant phenology shifts are presented here. Our local data sets fit well with the national trend and can increase the effectiveness of nature conservation by demonstrating the effects of climate change on plant phenology. Community science provides an opportunity for greater social recognition and acknowledgement of scientific results. To detect the complex ecological interactions of climate change in the local scale, the use of the spider orchid species is recommended also in Hungarian environmental conditions, as it is a characteristic and strictly protected species in Hungary.