

FYZICKOGEOGRAFICKÉ ASPEKTY DYNAMIKY POPULÁCIE HLAVÁČIKA JARNÉHO (*ADONIS VERNALIS* L.): MODELOVÉ ÚZEMIE V NPR DEVÍNSKA KOBÝLA

Marián Jenčo*, Silvia Kubalová**, Igor Matečný*

* Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra fyzickej geografie a geoekológie, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, jenco@uniba.sk, matecny@fns.uniba.sk

** Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra botaniky, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, kubalova@fns.uniba.sk

The physical geographical aspect of the population dynamics of *Adonis vernalis* L.: a case study from the National Nature Reserve of Devínska Kobyla

The population dynamics of plant species in time and space depends on the relationships between a plant and its natural environment. Protection of endangered plant species also depends on the knowledge of the population dynamics of species taking into account their site conditions. *Adonis vernalis* L. is a perennial plant and one of the representative spring species in the National Nature Reserve of Devínska Kobyla. The direct observation of the plant population was carried out during six periods. Staking out a grid with three hundred permanent 1m x 1m plots enabled detailed research. Following the digital terrain modelling and calculation of insolation together with consideration of soil and climatic characteristics allowed assessment of the trends in population dynamics of *Adonis vernalis* L. depending on site conditions.

Key words: *Adonis vernalis* L., population dynamics, insolation, ecological amplitude, National Nature Reserve of Devínska Kobyla

ÚVOD

Formovanie rastlinného pokryvu podlieha zákonitostiam, ktoré sú dané biologickými vlastnosťami miestnych druhov a stanovištnými podmienkami. Predpovedať správanie rastlinnej populácie v priestore a čase preto nie je možné bez poznania vzťahov medzi rastlinou a jej prírodným prostredím.

Hlaváčik jarný (*Adonis vernalis* L.) je trváca rastlina z čeľade iskerníkovitých (Ranunculaceae). Rastie na xerothermných trávnatých stanovištiach, ale nájdeme ho aj na konkurenčne náročnejších stanovištiach zarastaných krovinami alebo v presvetlených lesoch. Preferuje stanovištia s hlbšími a ľahšími dobre drénovanými pôdami so slabo kyslou až slabšou stredne alkalickou pôdnou reakciou s vysokým obsahom humusu (Melník 2004). Hlavný areál jeho rozšírenia zasahuje od východnej časti strednej Európy cez lesostepné a stepné oblasti Ukrajiny a Ruska, Ural a západnú Sibir až do povodia Jeniseja (Akeroyd 1993). Disjunktné areály sa nachádzajú aj v juhozápadnej Európe a na Balkáne, na severe v juhovýchodnom Švédsku a na priľahlých ostrovoch Óland a Gotland (Jalas a Suominen 1989). V juhozápadnej a juhovýchodnej Európe rastie vo väčších nadmorských výškach, v Španielsku, v južnom Francúzsku (Ceveny) a v Bulharsku i vo výškach nad 1 000 m n. m. Hlaváčik jarný ako pontický element (Walter a Straka 1970) je v strednej Európe reliktom stepnej flóry. Na Slovensku sa vyskytuje v rámci niekoľkých poloprírodných a sekun-

dárnych stepných spoločenstiev v panónskej oblasti a vzácnejšie aj v malých nadmorských výškach na južných svahoch Karpát. Patrí k ohrozeným a zákonom chráneným druhom (Maglocký a Feráková 1993).

Z podzemku vyrastá 10 až 40 cm vysoká byl'. Veľké žlté kvety s priemerom do 8 cm sa objavujú na konci marca alebo začiatkom apríla. Klíčivosť semien je veľmi nízka (Poluyanova a Lyubarskii 2008). Semená dozrievajú pomaly a po ich dozretí je pre vývin novej rastliny potrebná stála vyššia pôdna vlhkosť. Pre početnosť a zväčšovanie populácií hlaváčika jarného je okrem generatívneho rozmnožovania veľmi dôležitá schopnosť rozmnožovať sa aj vegetatívne. Táto stratégia mu umožňuje prežiť klimaticky nepriaznivé roky. Podzemok hlaváčika sa rýchlo vetví a z jeho jednotlivých segmentov vyrastajú klony materskej rastliny – ramety. Podzemok umožňuje rametám vytvoriť na malej ploche dlhodobu hustú zhluky rastlín. Túto formu klonálneho rastu označuje Lovett Doust (1981) ako falangu (phalanx). Generatívny spôsob rozmnožovania prispieva v klonálnej architektúre hlaváčika vznikom nových genet v bezprostrednej blízkosti materských rastlín k zaplňaniu medzier, a tým k vytváraniu ešte väčších zoskupení rastlín (Jankowska a Blaszcuk 1991).

V strednej Európe, ale aj inde, trpí v posledných desaťročiach táto veľmi nápadná jarná rastlina znižovaním početnosti a úbytkom alebo zmenšovaním areálov, spôsobeným nevyužívaním pasienkov a zarastaním vhodných stanovišť krovinami. K znižovaniu početnosti hlaváčika jarného pravdepodobne prispieva aj jeho atraktivita (často býva propagovaný ako záhradná bylina s farmakologickými účinkami – Melnik 2004, Denisow et al. 2008 a Łuszczzyński a Łuszczzyńska 2009). Z tohto dôvodu existuje viacero prác venovaných ekológii a biológii hlaváčika (Jankowska a Blaszcuk 1995, Sanda et al. 2002, Denisow a Wrzesień 2006, Chmura et al. 2012 a Denisow et al. 2014, atď.).

Sledovaná lokalita leží v juhovýchodnom výbežku Malých Karpát (v Bratislavskom predhorí Devínskych Karpát blízko jeho hranice s Devínskou Kobylou) na južnom okraji Národnej prírodnej rezervácie Devínska Kobyla (NPR Devínska Kobyla). Tvorí ju západne orientovaný svah na zlomovej línii. Svah je erózne rozčlenený výmoľmi (obr. 1). Založená výskumná plocha s veľkosťou 300 m² zaberá časť tohto svahu (od 221 do 225,5 m n. m.). Zo severnej strany je ohraničená dubovo-hrbovým lesným porastom a na juhu hlbokým výmoľom. Zemepisné súradnice jej stredu sú 48° 10' 45,16'' s. z. š. a 16° 59' 14,39'' v. z. d.

Geologické podložie lokality je tvorené sandberskými vrstvami studienkeho súvrstvia v strope s lavicou brekcie a brekciovitého vápenca (Baráth et al. 1994). V závislosti od substrátových pomerov sa tu vyvinuli pararendziny (Bedrna 1997). Lokalita je osídlená rastlinnými spoločenstvami blízkymi zväzu *Festucion valesiacae* Klika 1931. Zmenami týchto spoločenstiev sa na Devínskej Kobyle zaoberali Miškovic a Dúbravcová, 2004.

Výber sledovanej lokality bol ovplyvnený snahou založiť členitú monitorovaciu plochu so severne aj južne orientovanými svahmi, avšak v rámci možností vyplývajúcich z tejto podmienky, s relatívne homogénnymi ostatnými prírodnými podmienkami. Vyplýva to z primárneho cieľa práce, ktorým bolo vyjadrenie vplyvu slnečného žiarenia dopadajúceho na reliéf a na populáciu hlaváčika v členitom teréne. Reliéf je dôležitý diferenciačný faktor nielen v prípade

gravitačne podmienených procesov, ale výrazným spôsobom ovplyvňuje aj množstvo slnečného žiarenia dopadajúceho na zemský povrch. Aj napriek zvolenému prístupu k výberu lokality pri vyjadrení vplyvu slnečného žiarenia dopadajúceho na reliéf na diferenciáciu akejkoľvek rastlinnej populácie nie je možné úplne abstrahovať od zohľadnenia vplyvu ostatných prírodných podmienok. Pre naplnenie stanoveného cieľa preto musela byť vytvorená metodika, ktorá kombinuje botanické, fyzickogeografické a geoinformatické prístupy.



Obr. 1. Výskumná plocha v NPR Devínska Kobyla, Malé Karpaty, Slovensko (pohľad zo západu)

Systematický floristický a syntaxonomický výskum na Devínskej Kobyle má dlhoročnú tradíciu. V súčasnosti sa botanický výskum orientuje predovšetkým na postihnutie dynamiky a sukcesných zmien vegetácie v súvislosti s manažmentom NPR Devínska Kobyla. Výsledky prvého výskumu dynamiky vegetácie na trvalých monitorovaných plochách na Devínskej Kobyle sú zhrnuté v práci Hajdúka (1997). Autor konštatuje veľké zmeny v množstve druhov i početnosti rastlín. V prípade hlaváčika bol na jednej z výskumných plôch s veľkosťou 16 m² medzi rokmi 1982 až 1995 zaznamenaný takmer plynulý pokles jedincov až na 17 %. Na ďalšej monitorovanej ploche bol pokles miernejší, a to na 66 %. Štatistickému vyhodnoteniu vzťahu medzi rastlinnými spoločenstvami severozápadnej časti Devínskej Kobyle a jednotlivými charakteristikami oslnenia reliéfu počas dní rovnodenností a slnovratov sa venoval Senko (2005). Výsledky práce potvrdzujú viac-menej úzky vzťah medzi rozšírením nelesných, ale aj lesných spoločenstiev v študovanej oblasti a hodnotami jednotlivých namodelovaných charakteristík oslnenia, predovšetkým priamym slnečným žiarením. Výskum zameraný na sukcesné zmeny vegetácie a ich predikciu v NPR Devínska Kobyla uskutočnili Senko et al. (2008). Sukcesné zmeny boli vyhodnotené na základe leteckých snímok. Vegetácia nebola hodnotená detailne, ale len na úrovni zväzov. V práci boli okrem oslnenia reliéfu modelované aj zrážky a teplota pôdy. Spoločenstvá blízke zväzu *Festucion valesiaceae* podľa výsledkov práce preferovali mezofilnejšie stanovištia na miernejších svahoch so stredne hlbokými až hlbokými pôdami. Ďalšou prácou, ktorá sa zaoberá zmenami xerothermných spoločenstiev vyhodnotenými aj na základe zápisov z novozaložených monitorovacích plôch v západnej časti

Devínskej Kobyly a manažmentovými opatreniami, je práca Hegedúsovej a Senka (2011).

MATERIÁL A METODIKA

Štruktúru rastlinného pokryvu ovplyvňujú biologické vlastnosti jednotlivých druhov rastlín, ktoré podmieňujú vzájomné vzťahy medzi rastlinami a ich reakciu na okolité prírodné prostredie. Na štúdium týchto vzťahov je preto nevyhnutné získať aj s priestorom súvisiace informácie. Rastlinný pokryv je vytváraný samostatnými jedincami, ktoré vyrastajú vždy na konkrétnom mieste. Ich rozloženie v priestore je preto diskrétné. Polohová lokalizácia každej rastliny je náročný proces. Jednou z možností, ako sa mu vyhnúť, je sledovať také charakteristiky vegetácie, ktoré sa v priestore plynulo menia. Na ich určenie je v botanickej praxi používaná štandardná metóda pravidelných štvorcových výskumných plôšok (Moravec et al. 1994). Rozdelenie priestoru na pravidelné štvorce umožňuje na danej rozlišovacej úrovni veľmi rýchle zisťovanie jednotlivých k priestoru sa vzťahujúcich atribútov vegetácie.

Metóda pravidelných štvorcových výskumných plôšok je často využívaná i pri štúdiu vzťahu štruktúry populácie alebo morfológie rastlín s klonálnou architektúrou a vybranými vlastnosťami okolitého prostredia. Väčšina takto orientovaných prác analyzuje údaje o vegetácii získané v rámci výskumných plôšok z niekoľkých monitorovaných plôch s rôznymi vlastnosťami, napr. rozdielnymi pomermi zamokrenia, rastlinnými spoločenstvami alebo tvarmi reliéfu (Kostrakiewicz 2008, Ikegami et al. 2009 a Chmura et al. 2012). Ak však na monitorovaných plochách, kde nie sú tieto, ale aj ostatné charakteristiky prírodného prostredia diferencované alebo dostatočne podrobne sledované, môže byť analýza získaných údajov o vegetácii z rôznych monitorovaných plôch (ale aj v rámci jednej) problematická. Účelovo orientovaný geoeologický výskum monitorovaných plôch by preto mal byť súčasťou každej takejto štúdie. Geoekologický výskum a mapovanie vo veľkých mierkach sú metodicky spracované v práci Minára et al. (2001). Zásady tejto metodiky je možné aplikovať aj pri veľmi detailnom výskume jednotlivých monitorovaných plôch.

Matica údajov vygenerovaná metódou pravidelných štvorcových výskumných plôšok, pri dodržaní pravidla spoločných vrcholov všetkých susediacich štvorcov, je z geoinformatického hľadiska rastrovou údajovou štruktúrou. Zakladanie pravidelných štvorcových sietí so spoločnými vrcholmi nemusí byť v zložitom teréne vždy praktické. Pri nedodržaní pravidla spoločných vrcholov susediacich štvorcov je potrebné určiť súradnice ťažísk jednotlivých štvorcov. Dostaneme tak diskrétné bodové pole, k bodom ktorého môžeme priradiť informácie o sledovanej charakteristike, napr. o počte jedincov alebo jednotlivých častí rastliny v rámci jednotky plochy danej zvolenou veľkosťou výskumnej plôšky (hustota). Vytvorenie pravidelného gridového údajového modelu nám umožní použitie vhodnej interpolačnej funkcie. Pre sledovaný atribút hustoty tak dostaneme jeho digitálny model podobný digitálnemu modelu reliéfu (DMR). Pomocou nástrojov geografického informačného systému (GIS) potom môžeme porovnávať digitálnym modelom prezentované povrchy jednotlivých atribútov hustoty vegetácie navzájom alebo tieto atribúty a morfomet-

rické charakteristiky DMR, prípadne aj iné zmapované parametre prírodného prostredia. Aplikácia kombinácie metódy štvorcových výskumných plôšok a geoinformatických nástrojov v botanickej praxi zatiaľ nie je veľmi rozšírená. Jej úspešnosť závisí od mnohých faktorov. Vzhľadom na pokrývnosť a frekvenciu rastu sledovaných druhov je potrebné zvoliť správnu veľkosť štvorcov. Získavanie informácií o ostatných charakteristikách prírodného prostredia nemusí byť viazané na štvorce založenej výskumnej siete. Dôležitejší je dosiahnutý stupeň reprezentatívnosti týchto informácií, napr. štruktúra diskrétného bodového poľa výšok vstupujúceho do výpočtu DMR by mala rešpektovať predovšetkým kosť terénu. Takisto automatické prevzatie predvolených parametrov interpolácie ponúkaných používaným GIS prostredím, bez zohľadnenia charakteru vstupných informačných bodových polí, nemusí viesť vždy k vygenerovaniu korektnej údajovej matice.

Založenú sieť vytvorilo pätnásť radov dlhých 20 m a širokých 1 m. Poloha počiatkovej a koncovej dvojice bodov každého radu bola zafixovaná klincami. Klince boli geodeticky zamerané totálnou stanicou TOPCON GTS 105N. Pripojenie siete do národného geodetického referenčného systému S-JTSK bolo realizované transformáciou súradníc rohových bodov siete určených v systéme WGS 84 na základe hodinovej observácie systémom Trimble GPS s korekciou SKPOS (Slovenská priestorová observačná služba – GNSS). Pre opakované zisťovanie počtosti jednotlivých nadzemných častí hlavičky bolo vždy v jednotlivých radoch manuálnym meraním vytýčených 20 výskumných plôšok s krokom 1 m.

V rámci jednotlivých výskumných plôšok (štvorcov s veľkosťou 1×1 m) boli trikrát (29. marca a 5. a 13. apríla) v roku 2012 a trikrát (13., 20. a 27. apríla) v roku 2013 určené počty trsov, kvetov a plodstiev. Vzniklo tak šesť porovnávacích úrovní jednotlivých nadzemných vývinových štádií rastliny.

Aj napriek tomu, že na založenej výskumnej ploche, až na morfológiu reliéfu, boli predpokladané relatívne homogénne prírodné podmienky, stupeň variability pôdných charakteristík bol stanovený analýzou vzoriek z desiatich výberových vŕtaných pôdných sond. Ich predbežná lokalizácia bola realizovaná na základe máp hustoty výskytu jednotlivých nadzemných častí hlavičky. V oddelení laboratórnych činností VÚPOP Bratislava bolo vo vzorkách odobratých z humusového horizontu stanovené zrnitosťné zloženie, obsah humusu, dusíka a pH/H₂O.

Diskrétno bodové pole výšok bolo pre dosiahnutie čo najväčšej výškovej presnosti určené tachymetricky. Vo vnútri monitorovanej plochy bolo zameraných 270 bodov výškového poľa. Rozmiestnenie bodov vychádzalo z kosť terénu. Západne orientovaná výskumná plocha s prevýšením 4,5 m predstavuje naklonenú rovinu so sklonom 17,5°, ktorá je z hľadiska dopadu slnečných lúčov totožná s dotykovou rovinou miestneho horizontu v bode so zemepisnými súradnicami 45,26° s. z. š. (ϕ') a 25,44° z. z. d. (λ') meranej od miestneho poludníka prechádzajúceho stredom výskumnej plochy. Relatívnu zemepisnú šírku ϕ' a zemepisnú dĺžku λ' určujúcu rovinu miestneho horizontu s rovnakým priebehom dopadu slnečných lúčov ako v prípade naklonenej roviny, ktorá nahrádza výskumnú plochu, môžeme vypočítať na základe transformačných rovníc 3 a 6 alebo 4 a 5 v prácach Jenča (1992) alebo Jenča a Matečného (2010). Predpokladané zvýšenie množstva slnečnej energie

dopadajúcej na jar na výskumnú plochu, ktoré vyplýva z jej takmer trojstupňového relatívneho posunu na juh, je eliminované kratším časom oslnenia spôsobeným okrem kratšieho trvania dňa na $45,26^\circ$ s. z. š. predovšetkým ďalším oneskorením východu Slnka z ranného tieňa do svetla zapríčineným relatívnym posunom výskumnej plochy o $25,44^\circ$ na západ. Z tohto dôvodu dňa 13. apríla za bezoblačných podmienok naklonená rovina, ktorá reprezentuje tú časť svahu, na ktorom je umiestnená sledovaná plocha, má oproti rovine miestneho horizontu o 135 Wh.m^{-2} menší denný úhrn/príkion globálneho slnečného žiarenia.

Výskumná plocha je rozčlenená niekoľkými menšími výmoldmi, a preto sú na nej radiačné pomery oveľa zložitejšie. Veľkosť jednotlivých zložiek slnečného žiarenia, dopadajúceho za jednotku času na ľubovoľné miesto i na rozčlenenom reliéfe, alebo dĺžku jeho oslnenia je možné vypočítať z jeho digitálneho modelu (DMR) pomocou modulov zabudovaných v rozšírení Spatial Analyst systému ArcGIS alebo v GRASSe. Presnosť vypočítaných charakteristík oslnenia je však závislá aj od presnosti informácií o neustále sa meniacich stavoch atmosféry.

Denné úhrny globálneho slnečného žiarenia, ktoré dopadá na výskumnú plochu, boli pre bezoblačné podmienky vypočítané pomocou modulu r-sun v GISe GRASS (Šúri a Hofierka 2004). V tomto GISe boli pomocou funkcie regularizovaného splajnu s tenziou (RST) realizované i všetky potrebné interpolácie. Ich výstupom boli rastrové modely jednotlivých charakteristík s rozlíšením $20 \times 20 \text{ cm}$. Pre priblíženie k presnosti interpolácie v bodoch vstupného bodového poľa bola pri generovaní rastrových modelov hustoty jednotlivých nadzemných častí hlaváčka namiesto predvolenej hodnoty parametra zhladenia 0,1 použitá hodnota 0,01. Keďže všetky polohové údaje, a teda aj údaje o nadmorských výškach, boli lokalizované v rámci S-JTSK, vypočítané hodnoty orientácie reliéfu voči svetovým stranám, ktoré ďalej vstupujú do výpočtu jednotlivých charakteristík oslnenia, museli byť opravené o hodnotu meridiánovej konvergenencie.

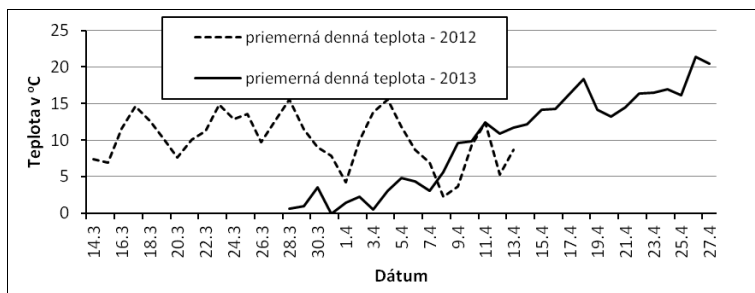
V príspevku je venovaný väčší priestor v čase veľmi premenlivým meteorologickým prvkom. Ich priebeh tesne pred a počas monitorovania významne ovplyvnil dynamiku sledovanej populácie hlaváčka.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Chod meteorologických prvkov a dynamika populácie hlaváčka

Chod priemerných denných teplôt vzduchu na najbližšej meteorologickej stanici v Mlynskej doline v Bratislave je znázornený na obr. 2. Nástup jari v roku 2013 sa v chode teplôt veľmi odchyľoval od dlhodobého normálu. Dlhodobá priemerná denná teplota vzduchu v Bratislave dosahuje na začiatku apríla takmer 9°C a na konci mesiaca neprekračuje 13°C . Veľmi studené dni s priemernou teplotou do 5°C trvali do 7. apríla. Od 8. apríla bol zaznamenaný prudký nárast priemerných denných teplôt. Rok 2012 bol z hľadiska chodu meteorologických prvkov priemerný. Priemerné denné teploty vystupovali nad 10°C už desať dní pred prvým zisťovaním, ktoré prebehlo 29. marca. Napriek tomu v období zisťovania sa vyskytli krátkodobé minimá, keď priemerné denné teploty klesali tesne pod 5°C . Súviselo to s predchádzajúcou alebo pretrvávajúcou

júcou oblačnosťou. Priemerná denná dĺžka slnečného svitu za tri týždne pred posledným zisťovaním z 13. apríla 2012 zaznamenaná na meteorologickej stanici Bratislava, Mlynská dolina bola 6,1 hodiny. Za toto obdobie, ktorému predchádzalo minimálne 10 dní bez zrážok, predstavoval celkový úhrn zrážok 16 mm. Naopak, v roku 2013 za tri týždne pred posledným zisťovaním z 27. apríla bol celkový úhrn zrážok len 6 mm, ale predchádzalo mu 10-dňové obdobie s úhrnom dosahujúcim takmer 50 mm zrážok. Na toto obdobie však veľmi rýchlo nadviazal nástup značne vysokých teplôt vzduchu. Domnievame sa preto, že v rámci výskumnej plochy bola vlhkosť v horných vrstvách pôdy v roku 2013 v porovnaní s rokom 2012 vyššia na začiatku obdobia zisťovania a nižšia na jeho konci.



Obr. 2. Priemerné denné teploty na stanici Bratislava, Mlynská dolina

Zdroj: SHMÚ Bratislava

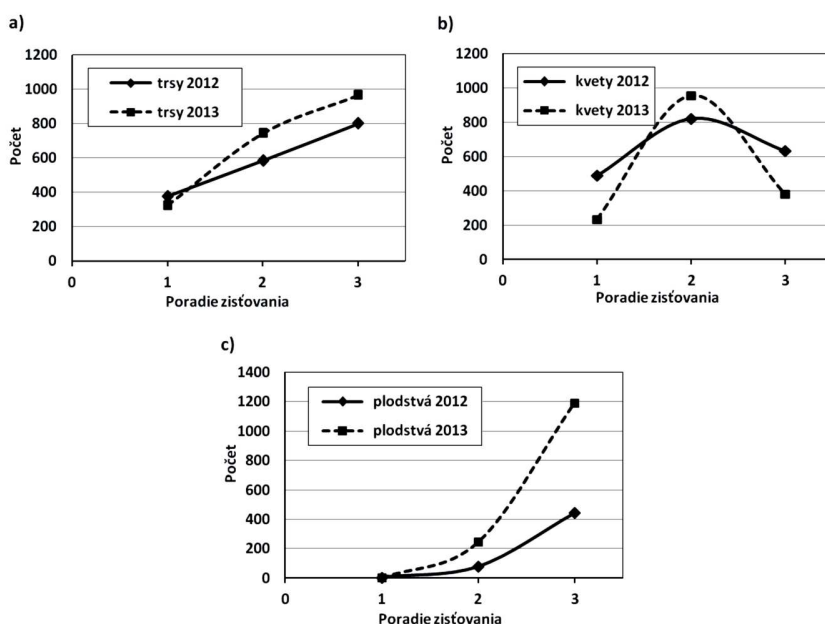
Veľký rozdiel medzi veľmi chladnými prvými jarnými týždňami v roku 2013 a priemerne teplými prvými jarnými týždňami v roku 2012 sa prejavil v roku 2013 približne dvojtýždňovým časovým posunom fenologických fáz. Tento posun a počiatočná dostatočná zásoba vody v pôde zo snehovej pokrývky, ale aj prudký nárast denných teplôt od 8. apríla v roku 2013 spôsobili zrýchlenie životných procesov a celkový nárast počtu zistených trsov, kvetov a plodstiev (tab. 1). Zrýchlenie jednotlivých vývinových štádií hlavčika v roku 2013 je dobre interpretovateľné z grafu počtu kvetov na obr. 3 (menší počet kvitnúcich rastlín pri prvom a treťom zisťovaní v roku 2013 ako pri prvom a treťom zisťovaní v roku 2012 a väčší počet pri druhom zisťovaní v roku 2013). Zaujímavá je aj viac ako dvojnásobná produkcia plodstiev v porovnaní s rokom 2012. Za dvojtýždňové obdobie od 13. do 27. apríla 2013 sa na výskumnej ploche objavilo 1 192 plodstiev oproti 439 plodstvám za obdobie od 29. marca do 13. apríla 2012. Aj keď počet kvetov pri poslednom zisťovaní v roku 2012 bol o 352 kvetov väčší ako pri poslednom zisťovaní v roku 2013, tento fakt nemohol spôsobiť zmenu trendu v rozdiel z záverečného počtu plodstiev.

Významný nárast produkcie plodstiev, spojený na konci zisťovacieho obdobia v roku 2013 s výrazným poklesom počtu kvetov, mohol byť spôsobený vysokými teplotami. Od 17. apríla 2013 priemerné denné teploty takmer každý deň vystupovali nad 15°C. Hodnota 15°C sa v roku 2012 vyskytovala len v podobe častých extrémov, ale na rozdiel od roku 2013 počas celého mesiaca predchádzajúceho poslednému zisťovaniu (pozri porovnanie chodu priemerných denných teplôt za 30 dní predchádzajúcich poslednému zisťovaniu v roku 2012

a 2013 na obr. 4). Tesne na konci zisťovacieho obdobia v roku 2013 teploty vystúpili až nad stresujúcich 20°C , čo sa pri absencii zrážok, a teda stále intenzívnejšom vysušovaní vrchných vrstiev pôdy prejavilo významným znížením počtu kvetov pri poslednom zisťovaní.

Tab. 1. Celkové počty zistených trsov, kvetov a plodstiev (kurzívou označené sú maximá v danom roku)

Atribút/Dátum	29.3.2012	13.4.2013	5.4.2012	20.4.2013	13.4.2012	27.4.2013
Trsy	376	323	585	744	801	966
Kvety	487		819		631	
Plodstvá	4	0	78	245	443	1 192



Obr. 3 Vývoj počtu zistených trsov, kvetov a plodstiev

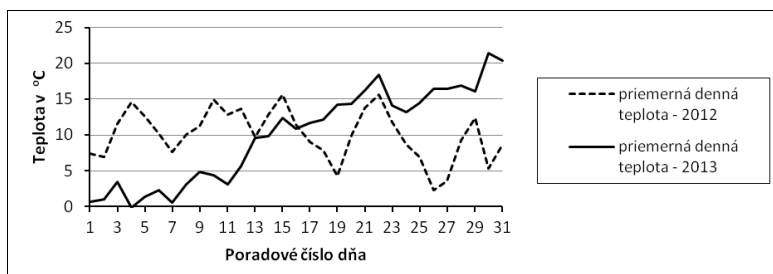
časť a – počet trsov, časť b – počet kvetov, časť c – počet plodstiev,

1 – poradie zisťovania 29. marca 2012 a 13. apríla 2013, 2 – poradie zisťovania 5. apríla 2012 a 20. apríla 2013, 3 – poradie zisťovania 13. apríla 2012 a 27. apríla 2013

Nárast počtu plodstiev v roku 2013 bol sprevádzaný aj nárastom pomeru medzi počtom kvetov v predchádzajúcom zisťovaní a počtom prírastku plodstiev v nasledujúcom zisťovaní. Obidva tieto pomery sa v roku 2013 blížila k hodnote 1 a sú minimálne dvakrát také veľké ako v roku 2012. Z obr. 2 vyplýva, že medzi prvým a druhým zisťovaním v roku 2012 došlo 1. apríla a medzi druhým a tretím zisťovaním 8. a 9. apríla k poklesu priemerných denných teplôt

vzduchu tesne pod 5°C . Dňa 12. apríla priemerná denná teplota dosiahla $5,3^{\circ}\text{C}$. Toto náhle zníženie teplôt mohlo viesť k nepriaznivému vývinu alebo predčasnému zániku niektorých kvetov a tým aj k zmenšeniu oboch pomerov medzi počtom kvetov a počtom prírastku plodstiev v roku 2012.

Na diskusiu zostáva, či len priaznivejšie klimatické podmienky spôsobili v roku 2013 takmer trojnásobný nárast produkcie plodstiev oproti roku 2012.



Obr. 4. Priemerné denné teploty na stanici Bratislava, Mlynská dolina prislúchajúce pätnástim dňom predchádzajúcim zisťovaniu a šestnástim dňom počas zisťovania v roku 2012 a 2013

Deň začiatku zisťovacieho obdobia v oboch rokoch (29. marca 2012 a 13. apríla 2013) má poradové číslo 16. Zdroj: SHMÚ Bratislava

Pôdne vlastnosti

Všetkých desať pôdných vzoriek odobratých z pôdných sond zobrazených na obr. 5, časť a) reprezentovalo hlinitopieščitú pôdu s $\text{pH}/\text{H}_2\text{O}$ v rozpätí od hodnoty 7,2 po 8,08, s vysokým obsahom humusu (hodnoty obsahu organického uhlíka – C_{ox} od 2,69 % po 4,17 %) a obsahom celkového dusíka – N_{tot} od 0,261 % do 0,408 %. Malý rozptyl hodnôt pôdných charakteristík v tab. 2 svedčí o relatívne rovnorodých pôdných pomeroch v rámci celej výskumnej plochy. Kvalita humusu vyjadrená hodnotami pomeru $\text{C}_{\text{ox}} : \text{N}_{\text{tot}}$ vo všeobecnosti naznačuje existenciu veľmi dobrých podmienok na rozvoj miestnych rastlinných spoločenstiev. Napriek tomu miesta s maximálnymi hodnotami obsahu organického uhlíka – C_{ox} a minimálnymi hodnotami pomeru $\text{C}_{\text{ox}} : \text{N}_{\text{tot}}$ viac-menej korešpondujú s miestami vysokej hustoty jednotlivých vývinových fáz hlaváčka. Naznačuje to vysokú mieru citlivosti populácie na tieto pôdne charakteristiky. Desať analyzovaných vzoriek však nestačilo na vytvorenie reprezentatívneho bodového poľa pôdných vlastností, ktoré by mohlo jednoznačne podoprieť toto tvrdenie.

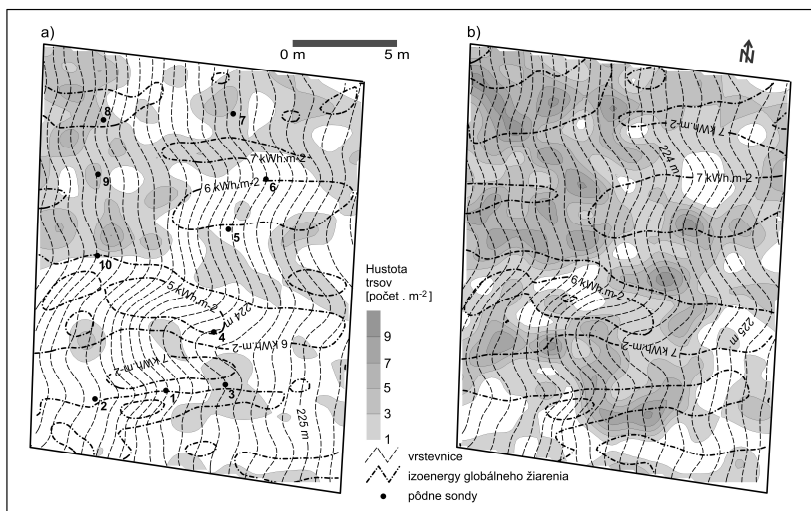
Priestorová diferenciácia populácie hlaváčka

Priestorová dynamika populácie hlaváčka je ilustrovaná na vybraných mapách hustoty výskytu jednotlivých nadzemných častí rastliny (obr. 5 a 6). Okrem pseudoizochiar hustoty je obsah máp doplnený izochiarami vypočítaných denných úhrnov globálneho slnečného žiarenia dopadajúceho na 1 m^2 plochy na reliéfe počas dňa zisťovania. Na základe týchto máp je možné vytvoriť si predstavu o vplyve reliéfu na dynamiku populácie hlaváčka v oboch rokoch monitorovania. Väčšie hodnoty hustoty všetkých sledovaných vývinových fáz

Tab. 2. Pôdne rozbery vzoriek odobratých z pôdných sond (VÚPOP Bratislava)

Sonda	pH/H ₂ O	C _{ox}	N _{TOT}	C _{ox} : N _{TOT}	fyz. fl C _{ox} : N _{TOT} C _{ox} : N _{TOT}	fyz. fl							
						I. kat.	II. kat.	III. kat.	IV. kat.				
STN ISO 10523 ISO 10694 -													
CEN ISO/TS 17892-4													
1	7,83	2,69	0,261	10,31	3,89	15,39	15,09	13,36	56,16				
2	7,75	3,17	0,284	11,16	4,10	12,99	12,94	15,48	58,59				
3	7,2	2,80	0,261	10,73	3,77	15,75	17,29	12,95	54,01				
4	7,8	2,46	0,236	10,42	5,22	15,74	15,42	12,20	56,64				
5	7,75	3,82	0,390	9,79	2,27	10,65	15,02	14,74	59,59				
6	7,98	3,44	0,337	10,21	3,24	11,62	14,71	16,11	57,56				
7	7,49	3,89	0,408	9,53	4,00	16,59	20,60	14,17	48,64				
8	7,53	4,05	0,377	10,74	2,81	12,74	16,15	14,18	56,93				
9	8,08	4,17	0,388	10,75	3,53	10,56	13,80	12,92	62,72				
10	7,85	3,08	0,289	10,66	1,84	12,31	14,24	15,68	57,77				

nadzemných častí hlaváčika sa nachádzajú v celej mierne zvlnenej severozápadnej časti výskumnej plochy. Menšia oblasť sa nachádza v severovýchodnej časti na okraji lesného porastu. Tu boli zistené najvyššie hustoty kvetov v oboch sledovaných rokoch. Súvisí to s výskytom trsov hlaváčika s najväčším počtom ramiet. Dve menšie oblasti s vyššou hustotou populácie hlaváčika sa nachádzajú južne od predchádzajúcej oblasti za hranicou tieňa vrhaného skupinou mladších stromov rastúcich za juhovýchodným okrajom výskumnej plochy (pozri obr. 1). Južnejšia z týchto oblastí sa na začiatku a v strede najjužnejšieho výmoľa spája s ďalšou oblasťou na plošine medzi týmto a severnejšie ležiacim výmoľom (pozri obr. 5, časť b a 6, časť a).

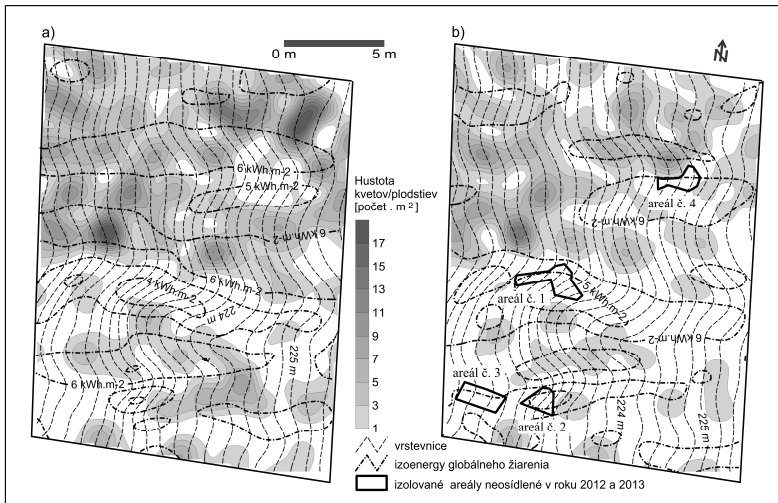


Obr. 5. Hustota trsov a denný úhrn globálneho žiarenia
časť a – 13. apríla 2013, časť b – 27. apríla 2013

Pôdne vzorky odobrané z uvádzaných oblastí vykazujú najvyšší obsah humusu v rámci celej výskumnej plochy (hodnoty obsahu organického uhlíka – C_{ox} od 3,5 %), až na vzorku č. 1 s celkovo najnižším obsahom humusu, ale s relatívne priaznivým pomerom $C_{ox} : N_{tot} = 10,31$ odobratú na dne výmoľa v jeho strede v mieste, kde sa spájajú obe posledné uvedené plochy. Najpriaznivejší pomer $C_{ox} : N_{tot}$, ktorý mal hodnotu 9,53 bol zistený v oblasti s najvyššou hustotou kvetov v oboch sledovaných rokoch (pôdna sonda č. 7).

Vitalita hlaváčika sa počas dvojročného sledovaného obdobia prejavila osídlením takmer celej výskumnej plochy. Okrem najväčšej plochy s absenciou výskytu nadzemných častí hlaváčika, ktorou prechádza vyšliapaný chodník v juhovýchodnej časti územia blízko pri jeho hranici, zostali neobsadené len štyri menšie izolované oblasti. Prvá zaberá časť severozápadne orientovaného svahu v strede najhlbšieho výmoľa v južnej polovici lokality (areál č. 1 na obr. 6, časť b). Druhá zaberá časť severozápadne orientovaného svahu o čosi plytšieho južnejšie ležiaceho výmoľa (areál č. 2). V dolnej časti tohto výmoľa, na severo-západnom svahu s menšími sklonmi sa nachádza ďalšia neosídlená

izolovaná oblasť (areál č. 3). Na jej okraji, na dne výmolu, bol zistený pomer $C_{ox} : N_{tot} = 11,16$, ktorý bol najnepriaznivejší medzi všetkými analyzovanými pôdnymi vzorkami. Posledná izolovaná neosídlená oblasť sa nachádza vo veľmi plytkom výmoli v severozápadnej časti výskumnej plochy (areál č. 4). Táto oblasť sa od predchádzajúcich líši podstatne priaznivejšími radiačnými pomermi. Taktiež veľmi priaznivá je hodnota pomeru $C_{ox} : N_{tot} = 10,21$ stanovená z odobratej pôdnej vzorky na tejto lokalite. Táto hodnota je dokonca o čosi nižšia ako u vzoriek č. 8 a 9 s najvyšším obsahom humusu, ktoré boli odobraté v najväčšej husto osídlenej severozápadnej časti výskumnej plochy. Jedinou podstatnou zistenou skutočnosťou, ktorou sa pôdna vzorka č. 6 významnejšie odlišovala, bol vyšší obsah skeletu. Napriek tomu, že hlaváčik jarný je druhom, ktorý najviac obľubuje pôdy vyvinuté na sprašiach, Melnik (2004) uvádza, že rastie aj na skeletnatých pôdach. Z tohto dôvodu areál č. 4 predbežne klasifikujeme ako nezaplnenú medzeru miestnej populácie hlaváčika.

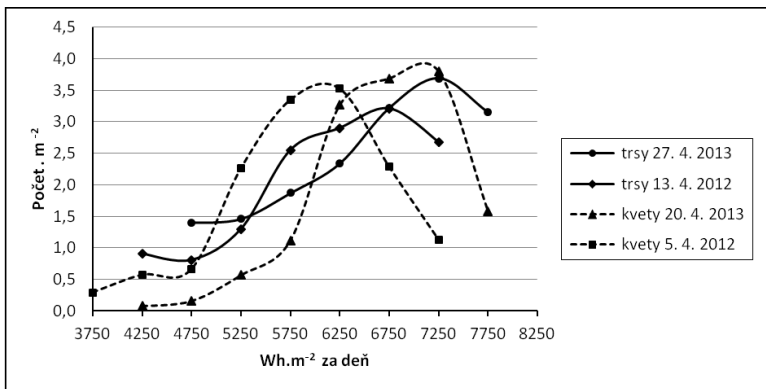


Obr. 6. Hustota kvetov a denný úhrn globálneho žiarenia
časť a – 5. apríla 2012, časť b – 13. apríla 2012. Izolované areály neosídlené počas celého sledovaného obdobia sú popísané v rámci textu.

Vzťah medzi distribúciou slnečného žiarenia na reliéfe a dynamikou populácie hlaváčika

V roku 2012 v porovnaní s rokom 2013 zostala podstatne väčšia plocha severozápadne orientovaných svahov s väčšími sklonmi neosídlená. V roku 2013 na mnohých miestach týchto svahov, neosídlených v roku 2012, začali rásť osamotené rastliny vo forme nerozvetvených bylí s jedným, výnimočne s dvoma kvetmi. Súvisí to s priaznivejšími teplotnými pomermi. K hustejšiemu osídleniu severozápadne orientovaných svahov ku koncu zisťovania v roku 2013 určite prispeli vyššie priemerné denné teploty vzduchu spôsobené celkovým chodom meteorologických prvkov v území. Tento zahriaty vzduch prispieval k celkovému nárastu teploty aj v bezprostrednej prízemnej vrstve atmosféry.

Dôležitejšiu úlohu však mohlo zohrať väčšie množstvo dopadajúceho slnečného žiarenia. V roku 2013 boli jednotlivé vývinové fázy hlaváčka časovo posunuté takmer o dva týždne. Tento rozdiel spôsobil aj rozdiel v množstve dopadajúceho slnečného žiarenia na tieto svahy medzi jednotlivými zisťovaniami v roku 2012 a v roku 2013. Na svah, v ktorom bol vyčlenený areál č. 1 s maximálnymi sklonmi dosahujúcimi takmer 30° , dopadá najmenej slnečného žiarenia v rámci celej výskumnej plochy. Minimálna namodelovaná hodnota denného úhrnu globálneho slnečného žiarenia na začiatku pozorovacieho obdobia v roku 2012 počas 29. marca tu predstavovala $2\,944 \text{ Kwh.m}^{-2}$, na začiatku pozorovacieho obdobia v roku 2013 počas 13. apríla $4\,013 \text{ Kwh.m}^{-2}$ a na konci pozorovacieho obdobia v roku 2013 počas 27. apríla $4\,939 \text{ Kwh.m}^{-2}$. Táto hodnota už leží za bodom prechodu jednotlivých vývinových fáz nových nadzemných častí hlaváčka do suboptima pre ich rast aj na grafoch v roku 2012 na obr. 7.



Obr. 7. Závislosť hustoty výskytu trsov a kvetov na denných úhrnoch globálneho žiarenia

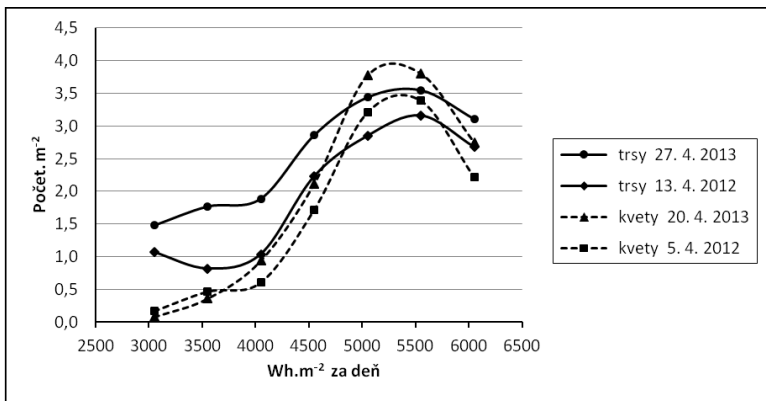
Obrázok 7 vyjadruje vzťah medzi hustotou trsov a kvetov hlaváčka a dennými úhrnmi globálneho slnečného žiarenia dopadajúceho na 1 m^2 plochy na reliéfe platnými pre deň zisťovania. Priebeh kriviek na obr. 7, ktorý je veľmi podobný Gaussovým krivkám ekologickej valencie, sa môžeme pokúsiť interpretovať tak, že pre danú lokalitu jednotlivé vývinové fázy nových nadzemných častí hlaváčka prechádzajú do suboptima ich rastu pri niektorej z hodnôt z intervalu medzi $4\,700$ až $5\,400 \text{ Wh.m}^{-2}$ denného úhrnu globálneho slnečného žiarenia. Dost' široké optimum sa nachádza za hodnotou $5\,400 \text{ Wh.m}^{-2}$ a pokračuje k hodnote $7\,800 \text{ Wh.m}^{-2}$. Vrcholy kriviek na obr. 7 ležia v intervale od $6\,100$ do $7\,300 \text{ Wh.m}^{-2}$. Tri zo štyroch kriviek majú maximá v podstatne užšom intervale od $6\,750$ do $7\,300 \text{ Wh.m}^{-2}$. Maximum ekologického optima bude pravdepodobne ležať v tomto intervale. Samozrejme, ak by denný úhrn globálneho slnečného žiarenia bol počítaný pre skutočné a nie pre bezoblačné podmienky, predpokladáme, že rozptýl uvádzaných hodnôt by bol ešte väčší.

Denný úhrn globálneho slnečného žiarenia dopadajúceho na konkrétne miesto na reliéfe sa počas roka mení. Krivky na obr. 7 sú preto počítané na základe štyroch rôznych máp denných úhrnov globálneho slnečného žiarenia platných pre deň, keď prebehlo dané sledovanie populácie. Oveľa ostrejšie

hranice medzi jednotlivými pásmami citlivosti hlaváčka na množstvo slnečného žiarenia dostaneme, ak vyjadríme vzťah medzi hustotou trsov alebo kvetov z jednotlivých zisťovaní a namodelovanými dennými úhrnmi globálneho slnečného žiarenia dopadajúceho na jednotku plochy na reliéfe vypočítanými napr. len pre deň ležiaci v strede zisťovacieho obdobia.

Podstatnou zložkou globálneho slnečného žiarenia je priame slnečné žiarenie. Keďže denný úhrn priameho slnečného žiarenia je predovšetkým funkciou sklonu a orientácie reliéfu voči svetovým stranám, pre každú jeho hodnotu v danom dni existujú konkrétne kombinácie sklonov a orientácií, ktoré jej zodpovedajú (obr. 6, 7 a 8 v práci Jenčo 1992). Ak použijeme túto zložku globálneho žiarenia, zároveň vyjadríme vzťah medzi kombináciami sklonu, orientáciou reliéfu ako ekologickým faktorom a jednotlivými vývinovými štádiami rastliny. Z priebehu kriviek na obr. 8 môžeme interpretovať, že pre danú lokalitu jednotlivé vývinové fázy nových nadzemných častí hlaváčka prechádzajú do rastového suboptima pri kombináciách sklonu a orientácie reliéfu zodpovedajúcich dňa 13. apríla dennému úhrnu okolo $5\,200\text{ Wh.m}^{-2}$ priameho slnečného žiarenia. Optimum sa nachádza medzi $5\,750\text{ Wh.m}^{-2}$ až $7\,250\text{ Wh.m}^{-2}$ prípadne viac, pričom jeho maximum je tesne za hodnotou $5\,250\text{ Wh.m}^{-2}$.

Napriek konštatovaniu v kapitole „Materiál a metodika“, že na naklonenú rovinu, ktorou sme nahradili výskumnú plochu, dopadá o niečo menej globálneho slnečného žiarenia ako na rovinné elementy reliéfu, podobné hodnoty hraníc jednotlivých pásiem ekologickej valencie by mali platiť aj pre lokality s týmito prvkami reliéfu. Výhodou svahu je gravitačne podmienené rýchle odtekanie v noci ochladeného ťažkého vzduchu, ktoré tesne po východe Slnka spôsobuje rýchlejšiu rast teplôt v bezprostrednej prízemnej vrstve atmosféry ako v prípade nenakloneného povrchu.



Obr. 8. Závislosť hustoty výskytu trsov a kvetov na denných úhrnoch priameho žiarenia vypočítaných pre 13. apríl

ZÁVER

Vzťah medzi priestorovou distribúciou slnečného žiarenia na reliéfe a dynamikou populácie hlaváčika jarného (*Adonis vernalis* L.) je zachytený na vybraných mapách hustoty nadzemných častí rastliny na obr. 5 a 6. Mapy potvrdzujú významnú diferenciačnú funkciu reliéfu na skúmanej lokalite. Kolísanie hustoty populácie hlaváčika v priestore a čase je však ovplyvnené aj inými vlastnosťami prírodného prostredia. Odlišné správanie populácie hlaváčika v sledovaných rokoch podmienilo predovšetkým počasie.

V roku 2012 sa takmer celá populácia hlaváčika na skúmanej lokalite dostala do fázy kvitnutia už pri prvom zisťovaní 29. marca. Priebeh priemerných denných teplôt vzduchu v rozmedzí od 5° C do 15° C, ktorý predchádzal, ale i nasledoval celé dva týždne po prvom zisťovaní, bol dostatočný na to, aby populácia prešla všetkými vývinovými štádiami nadzemných častí až po masovú produkciu plodstiev. Preto tento teplotný interval môžeme považovať za dostatočný pre celý vývinový cyklus nadzemných častí rastliny. Nasvedčuje tomu i správanie populácie hlaváčika v roku 2013. V dôsledku veľmi chladných dní pokračujúcich až do druhého aprílového týždňa v roku 2013 populácia vykázala oneskorený, ale zrýchlený nástup tvorby nadzemných častí, pričom jednotlivé trsy začali vyrastať hneď po prekročení 5° C priemerných denných teplôt.

Vyššie priemerné denné teploty vzduchu, ale hlavne vyššie denné úhrny globálneho slnečného žiarenia v dôsledku posunu začiatku jednotlivých rastových fáz v kalendári spôsobili, že aj najnepriaznivejšie kombinácie hodnôt sklonu a orientácie reliéfu voči svetovým stranám, ktoré sa vyskytujú v rámci výskumnej plochy, vzhľadom na denné úhrny globálneho slnečného žiarenia, prestali byť v roku 2013 limitujúcimi faktormi pre rast nadzemných častí hlaváčika. V prípade trsov a kvetov hlaváčika na to poukazujú hodnoty denných úhrnov globálneho slnečného žiarenia v bodoch prechodu do suboptima pre ich rast na krivkách grafov v roku 2012 na obr. 7. Tieto a vyššie hodnoty boli pri druhom a predovšetkým pri poslednom, treťom zisťovaní v roku 2013 namodelované takmer v rámci celej výskumnej plochy. Potvrďuje to logický predpoklad, že oneskorený nástup jednotlivých rastových fáz nadzemných častí hlaváčika spôsobuje znižovanie množstva nepriaznivých kombinácií sklonu a orientácie reliéfu, ktoré obmedzujú zväčšovanie populácie.

Na obr. 7 je pomocou grafov vyjadrená závislosť medzi hustotou výskytu trsov a kvetov hlaváčika a dennými úhrnmi globálneho slnečného žiarenia vypočítanými pre dni na konci a v strede sledovaného obdobia v oboch rokoch. Napriek podstatne vyšším priemerným denným teplotám vzduchu a vyšším denným úhrnom globálneho slnečného žiarenia v roku 2013, vrcholy kriviek na obr. 7 v roku 2012 predbiehajú v smere osi x vrcholy kriviek v roku 2013. To naznačuje, že maximálne hustoty výskytu trsov a kvetov hlaváčika, resp. vrchol optima jeho rastu v oboch rokoch súvisí s približne rovnakými kombináciami sklonu a orientácie reliéfu, tak ako to na obr. 8 vyplýva z umiestnenia vrcholov kriviek v úzkom intervale denných úhrnov priameho slnečného žiarenia počas 13. apríla od 5 250 Wh.m⁻² do 5 500 Wh.m⁻².

Snaha o kvantifikáciu jednotlivých pásiem ekologickej valencie vo vzťahu k denným úhrnom globálneho slnečného žiarenia alebo priameho slnečného

žiarenia ako k jeho podstatnej zložke je v príspevku pionierskym pokusom a treba ju chápať ako návod na jeden z možných metodických prístupov k štúdiu rastlinných populácií. Z vyhodnotenia dvoch takých klimaticky odlišných rokov, ako boli roky 2012 a 2013, nie je možné určiť užšie intervaly denných úhrnov jednotlivých zložiek slnečného žiarenia, v ktorých ležia hranice pásiem tejto časti teplotnej valencie sledovaného rastlinného druhu. Na to by bol potrebný podstatne dlhší rad každoročných pozorovaní. Prednosťou prezentovanej metodiky postihnúť citlivosti vývinových štádií rastlinného druhu na množstvo dopadajúceho slnečného žiarenia na reliéf je, až na túto skutočnosť, jej nesporná jednoduchosť.

Príspevok vznikol v rámci riešenia projektu č. 1/0937/11 financovaného vedeckou grantovou agentúrou VEGA.

LITERATÚRA

- AKERROYD, J. R. (1993). *Adonis* L. In Tutin, T. G., Heywood, V. H., Burges, N. A., Valentine, D. H., Walters S. M., Webb, D. A., eds. *Flora Europaea*, 1. Cambridge (Cambridge University Press), pp. 267-269.
- BARÁTH, I., NAGY, A., KOVÁČ, M. (1994). Sandberské vrstvy-vrchnobádenské marginálne sedimenty východného okraja Viedenskej panvy. *Geologické Práce*, 99, 59-66.
- BEDRNA, Z. (1997). Pôdy národnej prírodnej rezervácie Devínska Kobyla. In Feráková, V., Kociánová, E., eds. *Flóra, geológia a paleontológia Devínskej Kobily*. Bratislava (APOP), pp. 26-27.
- DENISOW, B., WRZESIEŃ, M. (2006). The study of blooming and pollen efficiency of *Adonis vernalis* L. in xerothermic plant communities. *Journal of Apicultural Science*, 50, 25-32.
- DENISOW, B., WRZESIEŃ, M., CWENER, A. (2008). The estimation of *Adonis vernalis* L. populations in chosen patches of Lublin Upland. *Acta Agrobotanica*, 61, 3-11.
- DENISOW, B., WRZESIEŃ, M., CWENER, A. (2014). Pollination and floral biology of *Adonis vernalis* L. (Ranunculaceae) – a case study of threatened species. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 83, 29-37.
- HAJDÚK, J. (1997). Experimentálny výskum a záznamy stavu vegetácie na trvalých výskumných plochách. In Feráková, V., Kociánová, E., eds. *Flóra, geológia a paleontológia Devínskej Kobily*. Bratislava (APOP), pp. 165-167.
- HEGEDÜŠOVÁ, K., SENKO, D. (2011). Successional changes of dry grasslands in southwestern Slovakia after 46 years of abandonment. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 145, 666-687.
- CHMURA, D., ADAMSKI, P., DENISIUK, Z. (2012). Spatiotemporal aspects of the occurrence of clonal steppe plant *Adonis vernalis* L. in the southern Poland. *Časopis Slezského Muzea Opava (A)*, 61, 245-250.
- IKEGAMI, M., WHIGHAM, D. M., WERGER, M. J. A. (2009). Ramet phenology and clonal architectures of the clonal sedge *Schoenoplectus americanus* (Pers.) Volk. ex Schinz & R. Keller. *Plant Ecology*, 200, 287-301.
- JALAS, J., SUOMINEN, J. (1989). *Atlas Florae Europaeae. Distribution of vascular plants in Europe. 8. Nymphaeaceae to Ranunculaceae*. Helsinki (The Committee for Mapping the Flora of Europe & Societas Biologica Fennica Vanamo).
- JANKOWSKA-BŁASZCZUK, M. (1991). Diagnostyczne właściwości struktury przestrzennej populacji *Adonis vernalis* L. In Faliński, J. ed. *Dynamika roślinności i populacji roślinnych*. Warszawa-Białowieża (Geobotanical Station of Warsaw University), pp. 193-200.

- JANKOWSKA-BŁASZCZUK, M. (1995). Biologia populacji miłka wiosennego *Adonis vernalis* L. w rezerwacie „Skowronno”. *Ochrona Przyrody*, 52, 47-58.
- JENČO, M. (1992). Distribúcia priameho slnečného žiarenia na georeliéfe a jej modelovanie pomocou Komplexného digitálneho modelu reliéfu. *Geografický časopis*, 44, 342-355.
- JENČO, M., MATEČNÝ, I. (2010). *Insolation on the steep north slopes and model r-sun*. Sborník – Symposium GIS Ostrava. Ostrava (VŠB-TU) CD ROM, [Online]. Dostupné na: http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2010/sbornik/ [cit.: 16-12-2013].
- KOSTRAKIEWICZ, K. (2008). Population structure of a clonal endangered plant species *Iris sibirica* L. in different habitat conditions. *Polish Journal of Ecology*, 56, 581-592.
- LOVETT DOUST, L. (1981). Population dynamics and local specialization in a clonal perennial (*Ranunculus repens*): I. The dynamics of ramets in contrasting habitats. *Journal of Ecology*, 69, 743-755.
- ŁUSZCZYŃSKI, J., ŁUSZCZYŃSKA, B. (2009). Current resources of the population of *Adonis vernalis* L. in the Niecka Nidziańska basin. *Herba Polonica*, 55, 20-29.
- MAGLOCKY, S., FERÁKOVÁ, V. (1993). Red list of ferns and flowering plants (Pteridophyta and Spermatophyta) of the flora of Slovakia (the second draft). *Biológia*, 48, 361-385.
- MELNIK, V., I. (2004). *False Hellebore (Adonis vernalis L.): rare species of the flora of Ukraine*. Proceedings of 4th European Conference on the Conservation of Wild Plants, Valencia (Spain), 17-20th September 2004.
- MINÁR, J., BARKA, I., BONK, R., BIZUBOVÁ, M., ČERNANSKÝ, J., FALŤAN, V., GAŠPÁREK, J., KOLÉNY, M., KOŽUCH, M., KUSEDOVÁ, D., MACHOVÁ, Z., MIČIAN, L., MIČIETOVÁ, E., MICHÁLKA, R., NOVOTNÝ, J., RUŽEK, I., ŠVEC, P., TREMBOŠ, P., TRIZNA, M., ZAŤKO, M. (2001). *Geoeologický (komplexný fyzickogeografický) výskum a mapovanie vo veľkých mierkach*. Geografické spektrum, 3. Bratislava (Geo-grafika).
- MIŠKOVIC, J., DUBRAVCOVÁ, Z. (2004). Zmeny v spoločenstve *Ranunculo illyrici-Festucetum valesiacae* Klika 1931 na Devínskej Kobyle po 36 rokoch. *Bulletin Slovenskej botanickej spoločnosti*, 26, 185-192.
- MORAVEC, J. et al. (1994). *Fytocenologie*. Praha (Academia).
- POLUYANOVA, V. I., LYUBARSKII, E. L. (2008). On the ecology of seed germination in *Adonis vernalis* L. *Russian Journal of Ecology*, 39, 68-69.
- SANDA, V., POPESCU, A., MIHĂILESCU, S., STANCU, D. (2002). The chorology, ecology and phytocoenology of *Adonis vernalis* L. in Romanian flora. *Romanian Journal of Biology - Plant Biology*, 47, 41-56.
- SENKO, D. (2005). Diferenciácia vegetácie vo vzťahu k oslneniu georeliéfu. *Geografický časopis*, 57, 345-359.
- SENKO, D., MIŠKOVIC, J., GALLAY, M., SENKOVÁ BALDAUFOVÁ, K. (2008). Dynamika zmien vegetácie na Devínskej Kobyle a jej predikcia. *Geografický časopis*, 60, 319-338.
- ŠÚRI, M., HOFIERKA, J. (2004). A new GIS-based solar radiation model and its application to photovoltaic assessments. *Transactions in GIS*, 8, 175-190.
- WALTER, H., STRAKA, H. (1970). *Arealkunde. Floristichs-historische Geobotanik*. Stuttgart (Ulmer).

Marián Jenčo, Silvia Kubalová, Igor Matečný

THE PHYSICAL GEOGRAPHICAL ASPECT OF THE POPULATION DYNAMICS OF *ADONIS VERNALIS* L.: A CASE STUDY FROM THE NATIONAL NATURE RESERVE OF DEVÍNSKA KOBÝLA

Adonis vernalis L. grows as a perennial plant on dry grasslands. It prefers habitats with deeper and lighter well drained soils with a slightly acid to moderately weak alkaline soil reaction and with high humus content (Melnik 2004). Flowers appear in late March or early April. Seed germination is very low (Poluyanov and Lyubarskii 2008). Seeds ripen slowly and higher soil moisture is required for the development of a new plant after their maturation. In addition to the generative reproduction, vegetative reproduction is also very important for population abundance and increase. This strategy allows the population to survive during climatically unfavourable years.

Adonis vernalis L. is one of the representative spring species in the National Nature Reserve of Devínska Kobyla. The detailed analysis of its population dynamics was carried out on the studied site during six periods in the years 2012 and 2013. The precise geodetic location of the research site in terms of research methodology of regular square sampling plots (Moravec et al. 1994) allowed capturing of the population dynamics. A raster oriented data model enabled use of the full range of analytical GIS tools for spatial analysis. Application of digital terrain modelling together with consideration of soil and climatic characteristics of the site allowed assessment of the trends in selected population dynamics. Potential solar irradiation was calculated by model r-sun in the GRASS and climatic conditions for the site were evaluated in the years 2012 and 2013. A significant difference was identified at the beginning of phenological phases depending on the climatic conditions. Observations in the years 2012 and 2013 showed that it is possible to accept the average daily temperature from the interval of 5° C to 15° C as sufficient to complete the development cycle of the above-ground plant parts. The analysis of soil samples taken on the site showed the partial variability of soil properties in terms of humus quality, but generally there are good soil conditions for plant development.

The influence of solar insolation on the spatial differentiation of the observed plant population is shown in Figs. 5 and 6. The thematic content of the density maps of different *Adonis vernalis* L. development stages in the figures is added to the daily global irradiation isolines calculated for the day tracking. The two-week delay of developmental stages in 2013 meant that separate plants with single stems producing 1-2 flowers began to grow on a much larger area with unfavourably oriented slopes. The cause is the higher daily amount of global irradiation on these slopes, which results from a two-week movement of the sun to the north. The daily amount of global irradiation on these slopes at the end of the reported period in 2013 was higher than the amounts defined in the assumed transition points from the physiological stress zone to the ecological optimum zone on both graphs for 2012 (Fig. 7).