UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA BOTANIKY

Přírodovědecká
fakulta

Fenologie zástupců okruhu snědku rozkladitého (*Ornithogalum umbellatum* agg.) v kontrolovaných podmínkách

Bakalářská práce

Autor: Veronika Řehulková

Studijní program: Biologie pro vzdělávání
Studijní obor: Biologie pro vzdělávání – Matematika pro vzdělávání
Forma studia: Prezenční

Vedoucí práce: RNDr. Michal Hroneš, Ph.D.

Olomouc 2022

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a na základě uvedené literatury.

V Olomouci dne

Veronika Řehulková

Poděkování

Předně bych chtěla poděkovat vedoucímu této práce RNDr. Michalu Hronešovi, PhD. za trpělivost, vstřícnost a ochotu, odborné konzultace, poskytnutí potřebných materiálů a pomoc při provedení experimentu.

Děkuji své rodině a přátelům za neutuchající podporu a trpělivost v průběhu celého studia.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Veronika Řehulková

Název práce: Fenologie zástupců okruhu snědku rozkladitého (*Ornithogalum umbellatum* agg.) v kontrolovaných podmínkách

Typ práce: Bakalářská práce

Pracoviště: Katedra botaniky PřF UP, Šlechtitelů 27, 783 71 Olomouc

Vedoucí práce: RNDr. Michal Hroneš, Ph.D., katedra botaniky

Rok obhajoby práce: 2022

Abstrakt: Okruh snědku rozkladitého (*Ornithogalum umbellatum* agg.) zahrnuje ve střední Evropě rostliny šesti ploidních úrovní. Diploidní rostliny jsou označovány jako *O. kochii*, triploidní jako *O. umbellatum*. Pentaploidní a hexaploidní rostliny společně tvoří druh *O. divergens*. Taxonomické zařazení tetraploidních a heptaploidních rostlin je nejasné. Tato bakalářské práce testovala, jestli a jak se fenologie rostlin z tohoto okruhu mění v závislosti na jejich ploidní úrovni. V kontrolovaných podmínkách byly pozorovány nástupy následujících fenofází: rašení listů, objevení stvolu, otevření prvního květu a otevření posledního květu. Ve všech pozorovaných fázích byly mezi cytotypy signifikantní rozdíly. Listy vytvořily nejprve tetraploidní rostliny, následované hexaploidními, heptaploidními, diploidními a pentaploidními rostlinami. Triploidní rostliny nastoupily do fenofáze poslední. Stvol se objevoval lineárně vzhledem k rostoucí ploidii s výjimkou tetraploidů, kteří pravděpodobně kvůli napadení plzáky (*Arion* sp.) zahájili fenofázi jako poslední cytotyp. Nástupy obou fází kvetení byly lineární vzhledem k rostoucí ploidii. U diploidních rostlin bylo navíc ukázáno, že rostliny pocházející z xerických stanovišť nastupují do jednotlivých fenofází dříve než rostliny z mezických stanovišť.

Klíčová slova: fenologie, geofyty, jarní aspekt, *Ornithogalum umbellatum* agg., polyploidie

Počet stran: 36

Počet příloh: 3

Jazyk: Český

Bibliographical identification

Author's first name and surname: Veronika Řehulková

Title of thesis: Phenology of Star of Bethlehem species complex (*Ornithogalum umbellatum* agg.) in common garden

Type of thesis: Bachelor thesis

Department: Department of Botany, Faculty of Science, Palacký University, Šlechtitelů 27, 783 71 Olomouc

Supervisor: RNDr. Michal Hroneš, Ph.D., Department of Botany

The year of presentation: 2022

Abstract: The Star of Bethlehem species complex (*Ornithogalum umbellatum* agg.) includes six different ploidy levels in the Central European region. Diploid plants are called *O. kochii*, triploid *O. umbellatum*. Pentaploid and hexaploid plants together create the *O. divergens* species. Taxonomic classification of tetraploid and heptaploid plants remains unclear. This bachelor thesis tested whether and how the phenology of the plants in the complex changes depending on their ploidy level. In common garden the start of the following phenophases were observed: leaf sprouting, stem appearance, opening of the first flower and opening of the last flower. There were significant differences between cytotypes. Leaves developed first in tetraploid plants, followed by hexaploid, heptaploid, diploid and pentaploid plants. Triploid plants were the last to start the phenophase. Stem appeared linearly given the increasing ploidy level with the exception of tetraploids, which started the phenophase last probably because of the slug (*Arion* sp.) infestation. The start of both flowering phases was linear given the increasing ploidy level. Moreover, in diploid plants it was shown that plants from xeric habitats entered individual phenophases sooner than plants from mesophilous habitats.

Keywords: geophytes, *Ornithogalum umbellatum* agg., phenology, polyploidy, spring aspect

Number of pages: 36

Number of appendices: 3

Language: Czech

OBSAH

ÚVOD 7
CÍLE PRÁCE 8
1 TEORETICKÁ ČÁST 9
1.1 Fenologie 9
1.1.1 Fenologické metody 9
1.1.2 Faktory ovlivňující fenologii 10
1.1.3 Jarní fenologie, fenologie geofytů 12
1.2 Polyploidní komplex *Ornithogalum umbellatum* agg. 13
1.3 Předchozí výzkum fenologie komplexu 15
2 MATERIÁL A METODY 17
2.1 Common garden experiment 17
2.2 Statistické zpracování dat 18
3 VÝSLEDKY 20
3.1 Srovnání fenologie jednotlivých cytotypů 20
3.2 Vyhodnocení rašení listů 21
3.3 Vyhodnocení objevení stvolu 22
3.4 Vyhodnocení otevření prvního květu 24
3.5 Vyhodnocení otevření posledního květu 25
4 DIDAKTICKÁ ANALÝZA ODBORNÉHO TÉMATU 26
5 DISKUSE 27
5.1 Rašení listů 27
5.2 Objevení stvolu 29
5.3 Otevření prvního květu 30
5.4 Otevření posledního květu 31
ZÁVĚR 32
LITERATURA 33
PŘÍLOHA 1 37
PŘÍLOHA 2 40
PŘÍLOHA 3 44

ÚVOD

V posledních letech stoupá zájem o studium fenologie rostlin a rostlinných společenstvech, která je velmi citlivá na globální změny klimatu (Badeck et al. 2004; Cleland et al. 2007; Tang et al. 2016). Zvláště fenologie rostlin jarního aspektu je rostoucími teplotami viditelně ovlivněna a posouvá se časově dopředu (Badeck et al. 2004; Cleland et al. 2007). Jednoděložné geofyty patří k těmto brzo rostoucím rostlinám, ze země vyrůstají rychle pomocí růstu předem vytvořených buněk do délky (Grime & Mowforth 1982; Grime et al. 1985; Lapointe 2001; Veselý et al. 2012), brzo u nich nastává senescence a svůj vývoj pokračují po zbytek roku pod zemí (Lapointe 2001). Mimo teploty je fenologie ještě významně ovlivněna fotoperiodou, přecházejícím obdobím chladu a genetickými faktory, například ploidií (Lieth 1974; Petit et al. 1997; Segraves & Thompson 1999; Badeck et al. 2004; Cleland et al. 2007; Tang et al. 2016).

Ornithogalum umbellatum agg. je komplexem druhů jednoděložných jarních geofytů z čeledi *Hyacinthaceae*, případně *Asparagaceae* (Hrouda 2010; Hroneš & Uvírová 2020). Na území střední Evropy náleží do komplexu rostliny šesti ploidních úrovní (Štolfová 2017; Hroneš & Uvírová 2020; Kunzová et al. 2020). Celý rod *Ornithogalum* je taxonomicky nejasný (Martínez-Azorín et al. 2011; Hroneš & Uvírová 2020).

Tato bakalářská práce a její praktická část navazuje na bakalářskou práci Magdaleny Prokešové, obhájenou v roce 2019 (Prokešová 2019). Provedený fenologický common garden experiment byl oproti původnímu rozšířen o rostliny nových ploidií (k diploidům, triploidům a pentaploidům byl přidán tetraploidní, hexaploidní a heptaploidní cytotyp) a byla upravena sada pozorovaných fenofází. Praktickou část doplňuje literární rešerše, věnující se fenologii, a dále didaktická část, připravující materiály pro výuku fenologie na středních školách.

CÍLE PRÁCE

Bakalářská práce porovnává fenologii jednotlivých ploidních stupňů populací *O. umbellatum* agg. z území střední Evropy v kontrolovaných podmínkách.

Konkrétně by práce měla splnit následující:

1) Vypracování literární rešerše o fenologii rostlin s důrazem na jednoděložné geofyty.
2) Testování hypotézy o změně fenologie u vyšších ploidních stupňů v porovnání s diploidy ve fenologickém experimentu.
3) Zpracování pracovních listů a terénního cvičení k výuce fenologie rostlin v seminářích na střední škole.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Fenologie

Lieth (1974) definuje fenologii následovně: „Fenologie je studium načasování opakujících se biologických událostí, příčinách jejich načasování s ohledem na biotické a abiotické síly a vzájemných vztahů mezi fázemi stejného nebo jiného druhu.“ Popularita fenologie rostlin stoupá v posledních letech v souvislosti s globálním oteplováním. Fenologie je totiž velmi citlivá na změny, zvláště teploty, a tak slouží jako jeden z ukazatelů změny klimatu (Badeck et al. 2004; Cleland et al. 2007; Tang et al. 2016).

1.1.1 Fenologické metody

Ke sledování fenologie je možno použít tří základních metod: pozorování na zemi (ground observation, species-level observation), dálkový průzkum (remote sensing) a měření koncentrace CO_2 v atmosféře (Badeck et al. 2004; Cleland et al. 2007). Nově se také využívá možností časosběrných kamer a snímkování blízko zemskému povrchu, například kamer zavěšených nad korunami stromů (near-surface observation, Tang et al. 2016).

Fenologické pozorovaní je přesné a soustředí se na individuální rostliny (Badeck et al. 2004; Cleland et al. 2007; Tang et al. 2016). Výsledkem jsou přesná data nástupu vybraných fenologických fází. Touto metodou se určuje čas kvetení, vytvoření plodů, otevírání pupenů, které neumí další metody odhalit (Badeck et al. 2004). Pozorování fenologie má samotné celou řadu přístupů. Může být pozorován jen jediný druh z jednoho či více míst, skupiny příbuzných druhů nebo konkrétní společenstvo (Lieth 1974). Pozorování může být provedeno přímo v terénu (*in situ*), nebo pak v kontrolovaných podmínkách, jako je common garden experiment. Kontrolované podmínky umožňují studovat fenotypový projev rostliny beze změn vzniklých reakcí na konkrétní prostředí (de Villemereuil et al. 2016), nebo lze naopak vytvořit různé umělé podmínky, manipulovat s fotoperiodou, teplotou, vystavení chladu a porovnávat reakci rostlin (Flynn & Wolkovich 2018). Terénní pozorování a common garden experiment také mohou být prováděny zároveň, což slouží právě k odhalení adaptací na konkrétní stanoviště nebo jako ověření rozdílnosti fenologických projevů více různých rostlinných druhů (Petit et al. 1997; Segraves & Thompson 1999).

Dálkový průzkum slouží ke sledování fenologie na úrovni společenstev, nejčastěji lesních porostů. Přináší informace o celé oblasti, sleduje vzorce (patterns), podle kterých se daný ekosystém chová (Badeck et al. 2004; Campbell & Wynne 2011). Satelit sbírá informace pomocí odrazu a vyzařování elektromagnetického záření z povrchu Země. Toto snímání není vždy bezchybné, může být narušeno atmosférickými efekty (Campbell & Wynne 2011), u pozorování zelenání (greenup) lesů je třeba dbát na to, že snímání nejprve zachytí zelenání podrostu (Badeck et al. 2004). K hodnocení se užívá například Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), určující množství zeleně (greenness). Vyhodnocuje se zpětně, greenup je určen stoupajícím NDVI na začátku jara, nejnižší NDVI odpovídá období dormance (Badeck et al. 2004; Cleland et al. 2007; Campbell & Wynne 2011; Tang et al. 2016).

Popularita dálkového průzkumu v poslední době stoupá. Tang et al. (2016) ale upozorňují, že vytváření spolehlivých fenologických modelů není možné bez pozorování fenologie jednotlivých rostlin.

Měření koncentrace CO_2 v atmosféře je založeno na předpokladu, že snížení množství CO_2 na jaře indikuje sílící fotosyntézu (Cleland et al. 2007)

Fenologické modely jsou systémy, které slouží k předvídání nástupu fenologických fází. Mají své praktické využití například v zemědělství při aplikaci hnojiv nebo pesticidů (Badeck et al. 2004). Fenologické modely mají různou formu: teoretické modely, založené na výhodách a nevýhodách otevření listů opadavých stromů, dále statistické, vypočítané na základě předchozích pozorování, a modely založené na procesech (process-based) probíhajících v rostlině a na vztazích mezi nimi (Cleland et al. 2007).

1.1.2 Faktory ovlivňující fenologii

Fenologii rostlin ovlivňují různé faktory. Nejvíce je fenologie ovlivněna teplotou, fotoperiodou a klimatem v předcházejících obdobích – typicky obdobím chladu (winter chilling) předcházejícím v mírném pásu rašení na jaře (Cleland et al. 2007; Flynn & Wolkovich 2018). Pro jarní fenologii je nejvýznamnějším činitelem teplota, často v kombinaci s fotoperiodou (Badeck et al. 2004; Flynn & Wolkovich 2018). Fenologie rostliny není ovlivněná pouze teplotou jako hodnotou, důležitá je i rychlost změny teplot (Wang et al. 2015). Teplota, fotoperioda a období chladu působí komplexně na jarní fenologii. Nedostatek jednoho navíc může zvýšit nároky na jiný faktor.

Například rostliny, které neprošly řádným obdobím chladu, vyžadují na jaře ke svému růstu delší fotoperiodu (Flynn & Wolkovich 2018).

Dostupnost těchto faktorů se mění v závislosti na zeměpisné šířce a nadmořské výšce (resp. výšce terénu), mění se tak i fenologie (Badeck et al 2004; Adams et al. 2021). Podobně má na rostlinu vliv umístění na severním/jižním svahu, kdy na severní polokouli mají rostliny rostoucí na severních svazích zpožděnou fenologii oproti druhům na jižních svazích (Allevato et al. 2019). S probíhajícím globálním oteplováním také dochází k posunům areálu výskytu rostlin, což vede ke změnám ve fenologických pozorováních v daných oblastech (Cleland et al. 2007). Výsledky dálkového průzkumu jsou ovlivněny skladbou vegetace, greenup nastává dřív ve společenstvích fenologicky časnějšími druhy (Adams et al. 2021).

Fenologie je ovlivněna také geneticky, a to větším množstvím genů (tedy kvantitativně), a je tak velmi variabilní v reakcích na okolní prostředí a v nástupu fenologických fází obecně (Ghelardini et al. 2014; de Villemereuil et al. 2016). Rovněž polyploidie hraje svou roli v rostlinné fenologii. Fenologie kvetení je nejen odlišná pro jednotlivé ploidie, různé ploidie také jinými způsoby upravují svou fenologii v reakci na prostředí (Petit et al. 1997; Segraves & Thompson 1999). Obecně by se dalo předpokládat, že rostliny s nižším počtem chromozomových sad budou mít dřívější nástup do fenofází než rostliny vyšších ploidií, pro které je dělení buněk energeticky náročnější a tedy pomalejší (Levin 2002). Ukazuje se však, že rostliny s větším obsahem DNA v jádrech mají větší přírůstky při nižších teplotách (Grime & Mowforth 1982; Grime et al. 1985). U cytotypově smíšených populací působí fenologie jako tzv. prezygotická bariéra hybridizace (Petit et al. 1997). To znamená, že odlišná doba kvetení společně se zvýšeným podílem samooplozování (Petit et al. 1997) a přitahováním různých druhů opylovačů (Segraves & Thompson 1999) zabraňují křížení populací.

Pokud žijí příslušníci jednoho druhu na odlišných místech, musí upravit svou fenologii tak, aby se vyhnuli nepříznivým podmínkám specifickým pro konkrétní prostředí. Často se tak děje skrze genetické modifikace (Lieth 1974; Tang et al. 2016). Vyhýbat se tak mohou například suchu (drought-escape, Penner et al. 2020). Tyto modifikace je ale třeba odlišit od genotype-by-enviroment chování (de Villemereuil et al. 2016), tedy od změn v chování rostlin závislých na okolním prostředí, které se ztrácí přesunem do kontrolovaných podmínek (Segraves & Thompson 1999; de Villemereuil et al. 2016).

1.1.3 Jarní fenologie, fenologie geofytů

V oblasti mírného pásu je jarní období silně provázáno především s teplotními změnami. Na jaře bývá pozorována celá řada fenofází, jako otevírání pupenů (budburst, případně budbreak) a rozevření listů (leafout) stromů (Flynn & Wolkovitch 2018), zelenání (greenup) oblasti monitorované dálkovým průzkumem (Allevato et al. 2019; Adams et al. 2021) a kvetení rostlin, z nichž nejdříve a nejrychleji na změnu teploty reagují jarní efemeroidy (Cleland et al 2007; Veselý et al. 2012; Tang et al. 2016). Jarní efemeroidy je označení pro geofytní rostliny vyrůstající ze země brzo na jaře s táním sněhu a před olistěním korun stromů (Lapointe 2001; Veselý et al. 2012). Jarní geofyty rostou do délky pomocí rychlého růstu buněk, které byly vytvořeny v předcházejícím teplém období (Grime & Mowforth 1982; Grime et al. 1985; Lapointe 2001; Veselý et al. 2012). Jarní geofyty často mají velké genomy, což je pro ně výhodná životní strategie překonávající problémy s poměrně pomalým dělením buněk (Levin 2002; Veselý et al. 2012). Efemeroidy jsou teplotou ovlivněny i negativně, protože vyšší teploty kromě dřívějšího kvetení vyvolávají také dřívější senescenci listů (Lapointe 2001).

Jarní geofyty špatně snášejí zastínění, proto jejich senescence přichází v době, kdy je dokončen rozvoj korun stromů (Lapointe 2001). Zbytek roku tráví geofyty pod zemí, kde dochází v letních měsících k dělení buněk uvnitř zásobního orgánu a od podzimu k pomalému růstu kořenů (Lapointe 2001; Veselý et al. 2012). Letní období tak může být chápáno jako období dormance, kdy nedochází k žádným morfologickým změnám na rostlině (Lapointe 2001).

Změny klimatu nejvíce ovlivňují právě jarní fenologii. Pozorování v terénu i dálkový průzkum potvrzují, že nástup fenofází přichází dříve a rostliny rychleji rostou. Je to opět nejlépe vidět na efemeroidech (Badeck et al. 2004; Cleland et al. 2007). Naproti tomu u rostlin rostoucích později v sezóně a u fenofází pozorovaných obecně na podzim (především senescence, u listů stromů i jejich zabarvování a opad) se globální oteplování projevuje minimálně. Pozorování (ve smyslu ground observation) ukazuje na mnohem větší variabilitu v podzimní fenologii než v jarní, dálkový průzkum pak ukazuje na mírné zpožďování senescence (Cleland et al. 2007).

Oteplování paradoxně zvyšuje hrozbu poškození mrazem (Augspurger 2013; Allevato et al. 2019). Vyšší teploty nutí rostliny rašit a tvořit listy dříve, ty jsou ale velmi náchylné k poškození (Augspurger 2013). Spojení nízkých teplot a zranitelné fenologické fáze je klíčové pro míru poškození (Allevato et al. 2019).

1.2 Polyploidní komplex *Ornithogalum umbellatum* agg.

Rod snědek (*Ornithogalum*) náleží k čeledi *Hyacinthaceae*, případně *Asparagaceae* (Hrouda 2010; Hroneš & Uvírová 2020). Taxonomické rozdělení tohoto rodu, případně celé podčeledi *Ornithogaloideae*, je komplikované a nesjednocené (Martínez-Azorín et al. 2011; Hroneš & Uvírová 2020). V České republice je rod tradičně rozdělován na tři podrody (Hrouda 2010): *O.* subgen. *Beryllis* (rod *Loncomelos* podle Martínez-Azorín et al. 2011), *O.* subgen. *Myogalum* (rod *Honorius* podle Martínez-Azorín et al. 2011), *O.* subgen. *Ornithogalum* (rod *Ornithogalum* podle Martínez-Azorín et al. 2011, tedy *Ornithogalum* s. str.).

K *Ornithogalum* s. str. patří polyploidní komplex *O. umbellatum* agg., v rámci kterého na území střední Evropy rozeznáváme šest ploidních úrovní (Štolfová 2017; Hroneš & Uvírová 2020; Kunzová et al. 2020).

Zástupci *Ornithogalum* s. str. mají zelené čárkovité listy, často s bílým podélným pruhem na svrchní straně, vyrůstající v růžici z mateřské cibule. Cibule může mít větší množství pacibulek. Květenství je chocholík, případně hrozen. Okvětní lístky jsou bílé, na spodní straně s podélným zeleným pruhem. Semeník i tobolky mají šest výrazných žeber. Základní chromozomové číslo je x=9 (Hrouda 2010; Martínez-Azorín et al. 2011; Štolfová 2017).

Diploidní cytotyp (2n=18) je nazýván *O. kochii*, snědek Kochův (Hrouda 2010; Štolfová 2017). Rostlina je zhruba 10–30 cm vysoká (Hrouda 2010), Štolfová (2017) rozpětí zužuje na 18–25 cm. Cibule je vejčitá, 12–30 mm dlouhá a 10–18 mm široká. Pacibulky úplně chybí nebo jich je velmi málo (Hrouda 2010; Štolfová 2017). Zelené listy s podélným bílým pruhem mohou (Štolfová 2017) nebo nemusí (Hrouda 2010) přesahovat délkou květenství, což Prokešová (2019) přisuzuje různým stanovištním podmínkám. Chocholičnaté květenství je složeno z 5–15 květů (Hrouda 2010), Štolfová (2017) tento údaj zpřesňuje na 4–10 květů. Obvejčité tobolky mají šest zaoblených žeber, která jsou po dvou sdružená (Hrouda 2010). Druh je poměrně hojně rozšířen, v České republice jej lze nalézt na jižní a střední Moravě, v Polabí, ve středních a severozápadních Čechách (Hrouda 2010). Ve střední Evropě dále roste na Slovensku, v Maďarsku, Německu, Polsku a Rakousku (Štolfová 2017). Diploidní rostliny upřednostňují sušší slunná stanoviště s neutrálním pH půdy (Prokešová 2019).

Pro triploidní cytotyp (2n=27) jsou často používána dvě jména, *O. umbellatum* (Martínez-Azorín et al. 2009, Hrouda 2010) a *O. angustifolium*, snědek chocholičnatý (Hrouda 2010). K této nejednotnosti došlo kvůli spornému zařazení lektotypu

O. umbellatum k ploidní úrovni. Poslední typifikace provedená autory Martínez-Azorín et al. (2009) se přiklání ke jménu *O. umbellatum* a touto typifikací se bude řídit i tato práce. Štolfová (2017), Prokešová (2019) i databáze Pladias (www.pladias.cz; Chytrý et al. 2021) využívají dle vzoru Hroudy (2010), resp. Hroudy (2019) názvu *O. angustifolium.*

Rostlina je 15–30 cm vysoká (Hrouda 2010; Štolfová 2017). Cibule je 15–30 mm dlouhá a 12–25 mm široká, obklopena větším množstvím pacibulek (Hrouda 2010). Většina pacibulek tvoří listy (Mercadal i Corominas et al. 2017; Štolfová 2017). Listy obvykle přesahují květenství (Hrouda 2010; Mercadal i Corominas et al. 2017), což ale nesouhlasí s měřeném Štolfové (2017). Květenstvím je chocholík s 4–7(–14) květy podle autorů Mercadal i Corominas et al. (2017), podobné hodnoty uvádí i Hrouda (2010) a Štolfová (2017). Elipsoidní až obvejčitá tobolka má šest rovnoměrně vzdálených žeber (Hrouda 2010; Mercadal i Corominas et al. 2017). Triploidní rostliny se vyskytují hlavně v západní Evropě, ve střední Evropě je lze, kromě České republiky, nalézt v Německu a západním Polsku (Štolfová 2017). Na území České republiky je jejich výskyt roztroušený a koncentrovaný především do Čech (Hrouda 2010). Druh roste na kyselejších půdách (Prokešová 2019). Podle Hroudy (2010) je triploidní cytotyp s ohledem na kvetení fenologicky nejpozdnější.

Tetraploidní cytotyp (2n=36) postrádá oficiální označení a je možné, že představuje nepopsaný taxon. Štolfová (2017) jej předběžně nazvala *O. „serotinum“*. Je zvažována možnost přiřadit jej k diploidním rostlinám jako *O. kochii* (M. Hroneš, ústní sdělení), případně jej lze vnímat jako okrajovou skupinu *O. umbellatum* nebo *O. divergens* (Martínez-Azorín et al. 2009). Morfologicky se tetraploidní rostliny nápadně podobají diploidním, rozdíly se dají nalézt ve velikosti dceřiných pacibulek (pokud se u obou ploidií nacházejí), velikosti nitek a výšce semeníku. Tento cytotyp se nevyskytuje na území České republiky, lze jej nalézt na jižním Slovensku a v Maďarsku (Štolfová 2017).

Pentaploidní (2n=45) a hexaploidní rostliny (2n=54) bývají shrnovány jako jediný druh se jmény *O. divergens*, snědek rozkladitý (Martínez-Azorín et al. 2009) nebo O. *umbellatum* (Hrouda 2010). Tato práce bude využívat první z označení. Rostlina je 15–30 cm, případně 25–28 cm vysoká. Cibule je kulovitá, přibližně stejně dlouhá jako široká a s množstvím malých pacibulek (Hrouda 2010; Martínez-Azorín et al. 2010; Štolfová 2017). Podle autorů Martínez-Azorín et al. (2010), popisujících hexaploidní rostliny, tyto pacibulky nevytvářejí listy nebo zřídka vytvoří jediný list.

Štolfová (2017) popisující pentaploidy zaznamenala přítomnost listů u většiny pacibulek. Květenství je chocholík až hrozen (Martínez-Azorín et al. 2010; Štolfová 2017) s 4–17 květy (Martínez-Azorín et al. 2010), respektive 8–12 květy (Štolfová 2017). Tobolka je podélná až obvejčitá, s šesti stejně oddálenými žebry (Hrouda 2010, Martínez-Azorín et al. 2010). Na území střední Evropy lze *O. divergens* najít v České republice, Maďarsku, Německu, Rakousku a na Slovensku. (Štolfová 2017). Nachází se na vlhčích stanovištích v porovnání s ostatními druhy. Často jej lze najít na místech ovlivněných člověkem (Prokešová 2019). Podle Hroudy (2010) je tento druh fenologicky nejčasnější.

Heptaploidní rostliny (2n>60) byly v České republice objeveny v jižních Čechách, kam se patrně rozšířily zplaněním ze zahrad (Kunzová et al. 2020). Jejich taxonomické zařazení ještě nebylo dostatečně prozkoumáno, Kunzová et al. (2020) je proto předběžně označuje pouze jako *O. umbellatum* s. l. Vzhledem k přítomnosti většího množství neolistěných pacibulek lze tyto rostliny předběžně přiřadit k *O. divergens* (M. Hroneš, ústní sdělení).

1.3 Předchozí výzkum fenologie komplexu

Fenologický experiment uskutečněný v této bakalářské práci navazuje na experiment provedený v rámci bakalářské práce Magdaleny Prokešové obhájené v roce 2019 (Prokešová 2019). Její bakalářská práce se věnuje stanovištním preferencím, zjišťovaných pomocí fytocenologického snímkování a měření pH půdy, a fenologii *Ornithogalum umbellatum* agg., obojí v závislosti na ploidní úrovni rostlin.

Autorka vyhledala přirozená stanoviště snědků, kde pořídila fytocenologické snímky a sesbírala vzorky snědků a půdy. U rostlinných vzorků určila ploidii pomocí průtokové cytometrie, následně rostliny připravila pro fenologický common garden experiment a umístila na pozemek katedry botaniky.

Fenologický experiment probíhal od července 2018 do května 2019 a zahrnoval 110 diploidních rostlin z 11 populací, deset triploidních rostlin z jediné populace a 30 pentaploidních ze tří populací. Na nich byly sledovány tyto fenofáze: rašení listů, založení stvolu, rozvinutí prvního květu a vypylení posledního prašníku prvního květu.

Všechny pozorované fenofáze vykazovaly signifikantní rozdíly mezi ploidiemi. Rašení listů začalo nejprve u diploidů, ty byly následované pentaploidy a nakonec triploidy. Stvol byl založen nejprve u diploidů. Poslední dvě fáze shodně začaly nejdříve u diploidů, následované triploidy a pentaploidy. Autorka ale upozorňuje, že

informace o triploidních rostlinách nejsou prokazatelné, protože se jedná o rostliny z jediné populace.

Rostliny z původního experimentu zůstaly na pozemku katedry botaniky. Do začátku experimentu provedeného v této práci odumřela jedna z diploidních rostlin (M. Hroneš, ústní sdělení), zbylých 149 rostlin je zahrnuto v novém experimentu, rozšířeném o nově získané rostliny (viz Materiál a metody).

2 MATERIÁL A METODY

2.1 Common garden experiment

Fenologický experiment byl proveden na 236 jedincích *Ornithogalum umbellatum* agg. z 26 populací z území střední Evropy (Příloha 1). U všech rostlin byla před jejich zasazením zjištěna ploidní úroveň pomocí průtokové cytometrie (Prokešová 2019; M. Hroneš, ústní sdělení). V experimentu se nacházely rostliny všech šesti ploidních stupňů známých ve střední Evropě (Štolfová 2017; Hroneš & Uvírová 2020; Kunzová et al. 2020), tedy od diploidních až po heptaploidní. Z jednotlivých populací bylo do experimentu zařazeno vždy nejvýše deset rostlin (tedy 3–10 rostlin na populaci), přičemž všechny rostliny z jedné populace měly shodnou ploidii. Výjimku tvoří populace PLA, kterou Prokešová (2019) považovala za uniformně triploidní. Přeměření ploidie na začátku května 2022 odhalilo, že se jedná o smíšenou populaci triploidů a diploidů (M. Hroneš, ústní sdělení). Zastoupení jednotlivých ploidií v experimentu přibližně odpovídá jejich četnosti v přírodě. Bylo pozorováno 115 diploidních jedinců z 12 populací, 24 triploidů ze tří populací, 13 tetraploidů ze dvou populací, 40 pentaploidů ze čtyř populací, 38 hexaploidů rovněž ze čtyř populací a nejvzácnějších heptaploidů bylo šest ze dvou populací. Jednotlivé rostliny byly odlišeny třípísmennou zkratkou, odkazující na příslušnost k dané populaci, a pořadovým číslem v rámci populace.

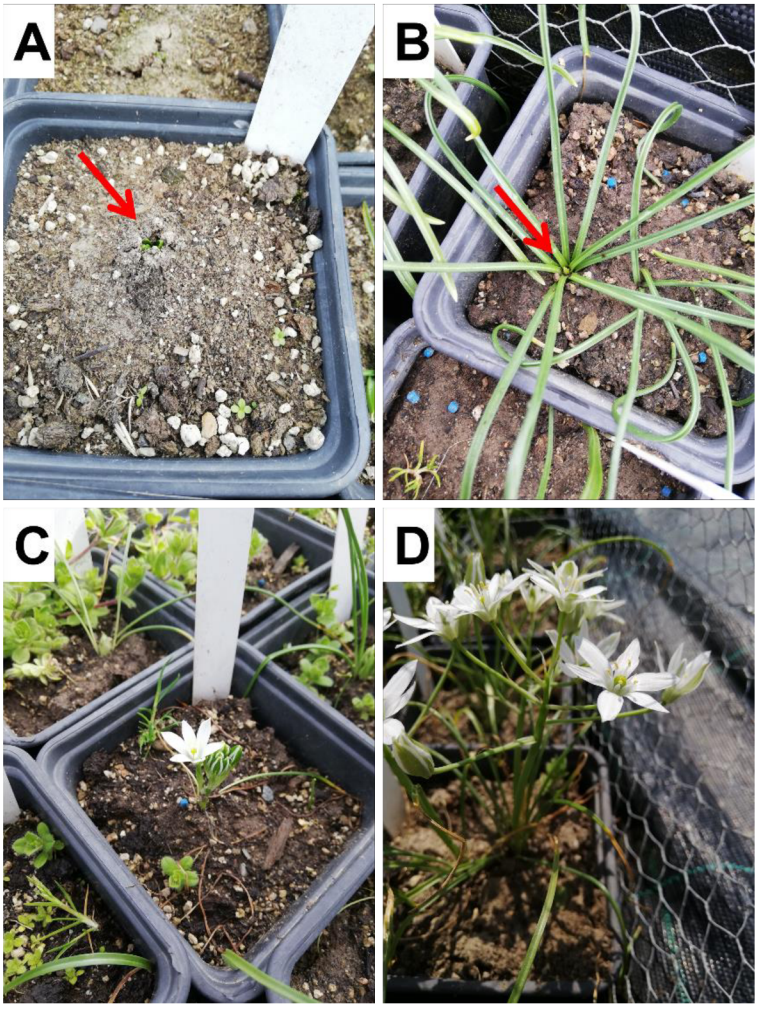
Common garden experiment byl proveden na pozemku katedry botaniky PřF UPOL a navazoval na bakalářskou práci Magdaleny Prokešové (Prokešová 2019). Shodně s prací byl za nultý den experimentu označen 1. červenec. Na pozemku bylo v té době 149 rostlin z 15 populací. Dalších 87 rostlin z 11 populací (všechny tetraploidní, hexaploidní a heptaploidní populace, dvě triploidní a jedna pentaploidní) bylo na pozemek dosazeno ze skleníku.

Skleníkové populace byly přesazeny do nových květináčů s novým substrátem ve složení: tři díly výsevného substrátu, dva díly písku, jeden díl jílovité zeminy a jeden díl perlitu. Mateřská cibule byla zasazena asi do poloviny květináče společně s 3–4 většími pacibulkami, pokud je rostlina měla. Takto byly přesunuty na pozemek.

Květináče už umístěné na pozemku byly vysypány a zbaveny plevele. Cibule byly upraveny stejně jako rostliny ze skleníku a zasazeny do stejného substrátu.

Všechny rostliny byly pravidelně od druhé poloviny srpna dvakrát týdně kontrolovány, od začátku dubna pak neméně pětkrát týdně. V listopadu a dubnu byly ošetřeny postřikem proti napadení rzí *Puccinia liliacearum*.

Pro experiment bylo vybráno těchto pět fenofází k pozorování: rašení listů, objevení stvolu, otevření prvního květu, otevření posledního květu a otevření první tobolky (Obr. 1). Zaznamenáno bylo vždy datum nástupu dané fenofáze v přepočtu na dny experimentu. Pokud vyrostlo v jednom květináči více rostlin, počítal se vždy nástup fenofáze první z nich.



Obrázek 1 Jednotlivé pozorované fenofáze. A) rašení listů, pentaploidní rostlina, 18.10.2021; B) objevení stvolu, diploidní rostlina, 7.4.2022; C) otevření prvního květu, diploidní rostlina, 26.4.2022; D) otevření posledního květu, diploidní rostlina, 2.5.2022.

2.2 Statistické zpracování dat

Získaná data byla statisticky zpracována v programu NCSS 9.0.15 (Hinze 2013). Pro celkové srovnání fenologie jednotlivých ploidií byla použita neparametrická ANOVA, tedy Kruskal-Wallisův test. Pro porovnání jednotlivých skupin mezi sebou pak byl na datech proveden Tukey-Kramerův test. Diploidní rostliny, které byly

v experimentu zastoupeny největším počtem populací, byly rozděleny podle stanoviště, na kterém byly sbírány, do dvou skupin – na xerické (skalní stepy, suché trávníky, teplomilné suché lesy) a mezické (sady, parky, mezofilní louky, břehy vodních toků). Rozdíly ve fenologické odezvě obou skupin byly testovány pomocí neparametrického Mann-Whitney U testu.

3 VÝSLEDKY

Vyhodnocení experimentu bylo provedeno na datech získaných do 20. května (323. den experimentu). Rašení listů bylo pozorováno u 236 rostlin (u všech rostlin experimentu), objevení stvolu, otevření prvního a posledního květu u 219 rostlin. Poslední fenofáze, tedy otevření tobolky, nebyla v době dokončení práce pozorována, a proto není dále diskutována.

3.1 Srovnání fenologie jednotlivých cytotypů

Doba rašení listů byla pro jednotlivé ploidie dle Kruskal-Wallisova testu signifikantně odlišná ($p<0,05$, Tab. 1). Tukey-Kramerovým testem bylo zjištěno, že je čas rašení listů diploidů odlišný od času rašení triploidů, tetraploidů a hexaploidů. Čas rašení triploidů se liší od času rašení všech ostatních pozorovaných ploidií. Čas rašení tetraploidů je odlišný od diploidů, triploidů a pentaploidů. Čas rašení listů pentaploidů se liší od triploidů a tetraploidů. Čas rašení listů hexaploidů se liší od diploidů a triploidů. Čas rašení listů heptaploidů je odlišný pouze od času rašení listů triploidů.

Také čas objevení stvolu byl signifikantně odlišný pro jednotlivé ploidie ($p<0,05$, Tab. 1). Tukey-Kramerův test ukázal na odlišnost mezi dobou vyrašení stvolu tetraploidů a pentaploidů.

Kruskal-Wallisovým testem bylo prokázáno, že doba otevření prvního květu byla pro jednotlivé ploidie signifikantně odlišná ($p<0,05$, Tab. 1). Diploidní rostliny se dle Tukey-Kramerova testu liší od tetraploidů, pentaploidů, hexaploidů a heptaploidů.

Doba otevření posledního květu je dle Kruskal-Wallisova testu signifikantně odlišná ($p<0,05$, Tab. 1) pro jednotlivé ploidie. Na základě Tukey-Kramerova testu se čas otevření posledního květu diploidních rostlin liší od pentaploidních, hexaploidních a heptaploidních rostlin.

Tabulka 1 Hodnoty získané z Kruskal-Wallisova testu. N je počet testovaných jedinců, χ^2 je hodnota testu, p je hodnota pravděpodobnosti.

fenofáze	N	χ^2	p
rašení listů	236	86,5	<0,001
objevení stvolu	219	18,784	0,002
otevření prvního květu	219	62,901	<0,001
otevření posledního květu	219	48,745	<0,001

Tabulka 2 Přehled průměrných hodnot se směrodatnou odchylkou objevení dané fenofáze pro jednotlivé ploidie (v přepočtu na dny experimentu).

ploidie	rašení listů	objevení stvolu	otevření prvního květu	otevření posledního květu
2	129±55,9	287,5±5,8	306,7±3,1	312,9±3,2
3	191,2±34,1	288±6,9	308,7±6,1	314±5,3
4	62,8±9,9	291±3,0	309,7±2,9	315,6±2,9
5	112,2±21,3	285,7±3,5	310,2±2,5	316,6±3,5
6	90,4±16,5	288,8±4,0	309,8±1,1	315,6±1,0
7	78±8,8	285,2±2,0	311,8±0,8	318,3±3,2

Tabulka 3 Výsledky Mann-Whitney U testu. N je počet testovaných diploidních jedinců, Z je hodnota testu, p je hodnota pravděpodobnosti.

fenofáze	N	Z	p
rašení listů	115	-5,012	<0,001
objevení stvolu	112	-2,165	0,03
otevření prvního květu	112	-5,003	<0,001
otevření posledního květu	112	-4,651	<0,001

3.2 Vyhodnocení rašení listů

Do fenofáze vstoupilo 115 diploidních rostlin. K objevení listů prvních diploidních rostlin došlo 67. den experimentu. K diploidním rostlinám patří i poslední rostliny, které vstoupily do této fenofáze v rámci celého experimentu, a to 235. den (Obr. 2). Průměrná hodnota objevení listů je 129. den (Tab. 2), téměř polovina diploidů se objevila už před 100. dnem experimentu. Fenologie diploidů se signifikantně lišila i v závislosti na místu, ze kterého byly původně posbírány (Tab. 3). Průměrná hodnota rašení listů rostlin z xerotermních stanovišť byla 103. den, u rostlin z mezických stanovišť to byl pak 149. den.

Triploidních rostlin bylo v experimentu 24. První zahájily fenofázi 119. den experimentu. Průměrná hodnota objevení listů je ±191. den experimentu (Tab. 2). Polovina triploidních rostlin vyrašila mezi 216. a 224. dnem experimentu (Obr. 2).

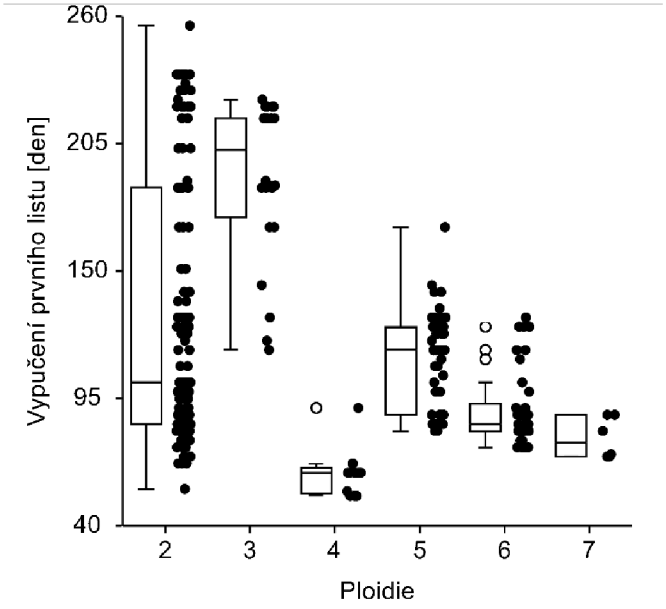
První listy 13 tetraploidních rostlin se objevily mezi 53. a 91. dnem experimentu (Obr. 2). Největší nárůst byl zaznamenán 63. den experimentu, čemuž přibližně odpovídá i průměrná hodnota nástupu fenofáze (Tab. 2).

První rostliny z 40 pentaploidních rostlin nastoupily do pozorované fenofáze 81. den experimentu. Poslední rostlina vyrašila 169. den (Obr. 2). Průměrná hodnota pro celý soubor je ±112. den experimentu (Tab. 2). Pokud vyloučíme populaci SVI,

která byla do experimentu nově přidána a která vyrašila celá mezi 81. a 88. dnem, posune se průměr na 121. den. Mimo populaci SVI byla první pozorovaná rostlina 84. den experimentu, další rostliny nastoupily až od 98. dne.

Rašení listů hexaploidních rostlin bylo poprvé zaznamenáno 74. den experimentu. Průměrná hodnota je přibližně 90. den (Tab. 2), poslední z rostlin vyrašila 130. den experimentu (Obr. 2). Fenofáze byla pozorována na všech 38 rostlinách.

Heptaploidní rostliny byly v dané fenofázi poprvé zaznamenány 70. den experimentu, první listy poslední z rostlin se objevily 88. den (Obr. 2). Průměrná hodnota je 78. den (Tab. 2). Jednalo se o nejmenší statistický soubor s šesti pozorovanými rostlinami.



Obrázek 2 Graf rozložení startu fenofáze Vypučení prvního listu v čase v závislosti na ploidii.

3.3 Vyhodnocení objevení stvolu

Snížil se počet vyhodnocovaných rostlin, které vstoupily do této fenofáze. Objevení stvolu bylo pozorováno na 219 rostlinách, u prvních z nich se stvol objevil 273. den experimentu, poslední pak 299. den (Obr. 3). V obou případech se jednalo o diploidní rostliny, kde se stvol objevil u 112 jedinců. Vrchol nástupu do dané fenofáze pro diploidy odpovídá průměrné hodnotě nástupu, tedy přibližně 288. dnu experimentu (Tab. 2). Opět zde byl patrný rozdíl mezi rostlinami z xerotermních (průměrně 286. den) a mezofilních (průměrně 289. den) stanovišť (Tab. 3).

U triploidních rostlin byly vyhodnocovány pouze dvě populace (dohromady 14 rostlin) s výrazně odlišnou fenologií. Celá populace PRM nenastoupila do této a dalších fenofází. U dvou zbývajících populací ovlivnil jejich původ nástup do fenofáze,

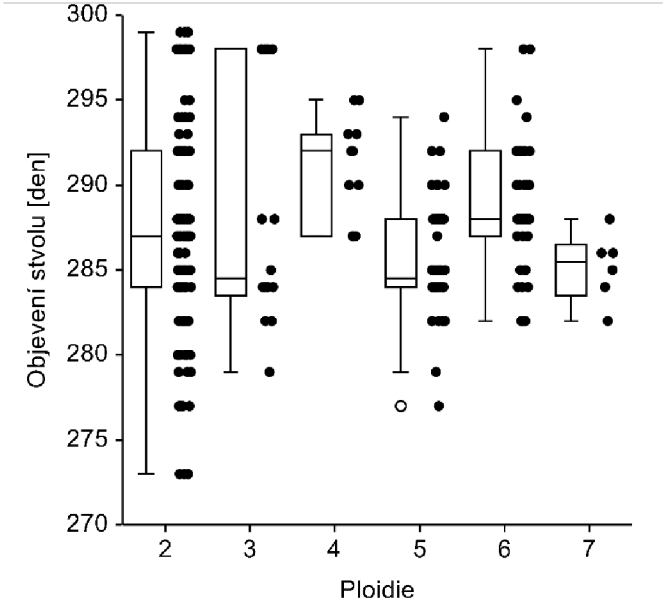
podobně jako u diploidů. Počet rostlin však byl příliš nízký pro provedení statistického testu. Pozorování objevení stvolu bylo zahájeno u populace LHO (pocházející z xerotermího stanoviště), a to 279. den experimentu. Poslední rostlina stejné populace nastoupila do fáze 288. den, průměrná hodnota pro populaci je 284. den (srovnej Tab. 2). U populace PLA (pocházející z mezofilního stanoviště), bylo objevení stvolu pozorováno shodně 298. den experimentu (Obr. 3)

Počet pozorovaných tetraploidních rostlin klesl na 11. První z rostlin byla v dané fenofázi zaznamenána 287. den, poslední 295. den experimentu (Obr. 3). Průměrná hodnota nástupu je 291. den (Tab. 2).

Všechny pentaploidní rostliny v experimentu vytvořily stvol. První stvol pentaploidní rostliny byl pozorován 277. den experimentu. Nejvíce nových rostlin v dané fenofázi bylo zaznamenáno 284. den, průměrná hodnota je od více než den vyšší (Tab. 2). Objevení stvolu poslední rostliny pak bylo pozorováno 294. den (Obr. 3).

Počet pozorovaných hexaploidních rostlin se snížil o dva, tedy na 36 rostlin. Fenofáze zde nastoupila 282. den, nejvíce rostlin bylo zaznamenáno 288. den, který odpovídá průměrné hodnotě (Tab. 2). Pozorování fáze bylo ukončeno na hexaploidních rostlinách 295. den (Obr. 3).

Šest heptaploidních rostlin nastoupilo do dané fenofáze mezi 282. a 288. dnem experimentu (Obr. 3), s průměrnou hodnotou 285. den (Tab. 2).



Obrázek 3 Graf rozložení startu fenofáze Objevení stvolu v čase v závislosti na ploidii.

3.4 Vyhodnocení otevření prvního květu

Do fenofáze nastoupily všechny rostliny, u kterých došlo k objevení stvolu. Květ prvních diploidních rostlin se otevřel 299. den experimentu, poslední diploidní rostlina otevřela první květ 315. den (Obr. 4). Průměrná hodnota nástupu této fenofáze je u diploidů 307. den (Tab. 2). I v této fázi lze rozlišit fenologii rostlin z xerotermních (průměrně 305. den) a mezofilních (průměrně 308. den) stanovišť.

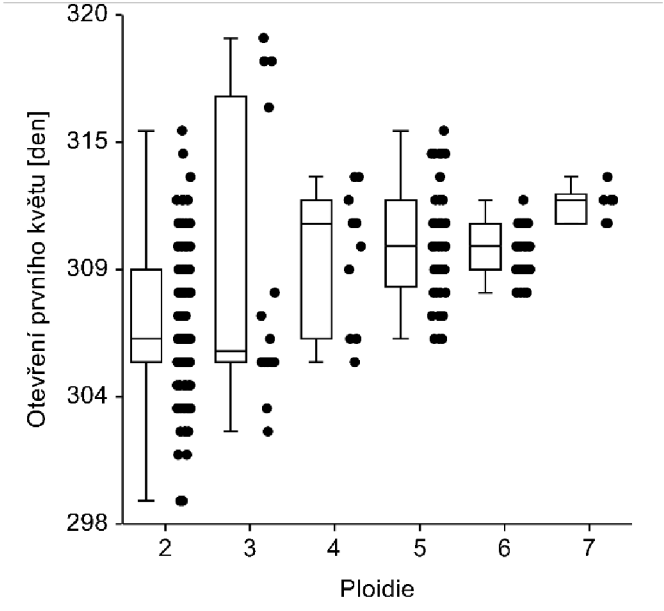
Rostliny triploidní populace LHO otevřely první květy mezi 302. a 308. dnem experimentu, největší přírůstek byl zaznamenám 305. den. Triploidní část populace PLA zaznamenala otevření prvního květu výrazně později, mezi 316. a 319. dnem experimentu (Obr. 4).

Otevření prvního květu prvního tetraploida bylo zaznamenáno 305. den experimentu. Průměrně se první květy tetraploidů otevřely 310. den (Tab. 2), poslední záznam byl proveden 313. den experimentu (Obr. 4).

K otevírání prvního květu pentaploidního cytotypu docházelo mezi 306. a 315. dnem experimentu (Obr. 4). Nástup fáze u jednotlivých rostlin byl v tomto intervalu přibližně rovnoměrně rozložen s průměrnou hodnotou 310. den (Obr. 4, Tab. 2).

První z hexaploidních rostlin nastoupila do fenofáze 308. den, poslední rostlina nastoupila 312. den. Rozložení dnů nástupu v intervalu je rovnoměrné, průměrnou hodnotou je 310. den (Tab. 2, Obr. 4).

Všech šest heptaploidních rostlin nastoupilo do dané fenofáze v průběhu tří dní, 311.–313. den experimentu, z toho tři 312. den (Obr. 4).



Obrázek 4 Graf objevení fenofáze Otevření prvního květu v závislosti na ploidii.

3.5 Vyhodnocení otevření posledního květu

Nástup fenofáze byl pozorován na 219 rostlinách, shodně s předchozími dvěma fenofázemi. Otevření posledního květu první diploidní rostliny bylo pozorováno 305. den experimentu a poslední diploidní rostliny 319. den experimentu (Obr. 5). Průměrně nastupovali diploidi 313. den experimentu (Tab. 2). Také pro tuto fenofázi byl rozdíl mezi diploidními rostlinami z xerotermního (průměrně 311. den) a mezofilního (průměrně 314. den) stanoviště signifikantní (Tab. 3).

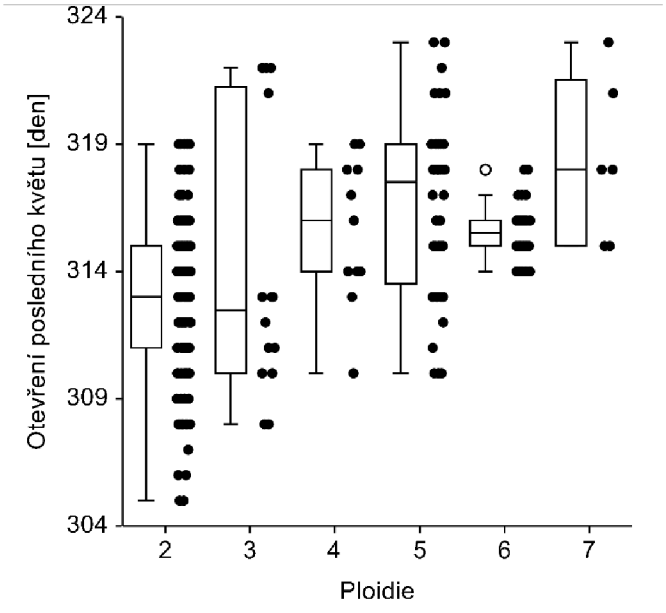
Triploidní populace LHO nastoupila do sledované fenofáze mezi dny 308 a 313, průměrně 311. den. Rostliny triploidní populace PLA nastupovaly do fenofáze 321. a 322. den experimentu (Obr. 5).

Tetraploidní rostliny otevíraly poslední květy mezi 310. a 319. dnem experimentu (Obr. 5), s průměrnou hodnotou 316. den experimentu (Tab. 2).

Pentaploidní rostliny nastupovaly do fenofáze mezi 310. a 323. dnem experimentu. Nejvíce nových rostlin ve fenofázi bylo zaznamenáno 318. den, průměrná hodnota nástupu je 317. den (Obr. 5, Tab.2).

Nástup fenofáze byl u hexaploidů poprvé zaznamenán 314. den, naposledy 318. den experimentu (Obr. 5). Průměrně nastupovali hexaploidi 316. den experimentu (Tab. 2).

K otevření posledního květu prvních heptaploidních rostlin došlo 315. den experimentu. Poslední rostlina otevřela poslední květ 323. den (Obr. 5). Průměrná hodnota nástupu je 318. den experimentu (Tab. 2).



Obrázek 5 Graf objevení fenofáze Otevření posledního květu v závislosti na ploidii.

4 DIDAKTICKÁ ANALÝZA ODBORNÉHO TÉMATU

Fenologie rostlin může být žákům představena v biologickém semináři v rámci rozšíření učiva ekologie rostlin. Teoretické učivo zde lze doplnit o terénní cvičení, na kterém si žák vyzkouší praktické určování fenologických fází a poznávání rostlin jarního aspektu, mezi které sněnky patří.

V hodině proběhne příprava na terénní cvičení. Žáci jsou seznámeni s pojmy fenologie, fenofáze, jarní aspekt. Jsou jim představeny projekty sledující fenologii rostlin v ČR. Pro usnadnění zapamatování nových pojmů je pro žáky nachystán pracovní list (Příloha 2).

Terénní cvičení by mělo být provedeno v březnu. Jedná se o botanickou vycházku s délkou asi dvě hodiny (tedy dvě až tři vyučovací hodiny). Učitel provádí žáky po jím předem zvolené trase, ukazuje žákům rostliny na ní rostoucí. Žáci si rostliny zaznamenávají do protokolu (Příloha 3), přiřazují k nim odpovídající fenofázi (mají předem zadáno, jaké fenofáze pozorovat). V závěru terénního cvičení by žák měl rozpoznat vybrané rostliny jarního aspektu a na základě znalostí z hodiny a navedení učitele rozpoznat, v jaké fenologické fázi se rostlina nachází.

5 DISKUSE

Při provedení common garden experimentu byla sledována fenologie snědků z okruhu snědku chocholičnatého. Oproti Prokešové (2019) bylo pozorování rozšířeno o rostliny tetraploidního, hexaploidního a heptaploidního cytotypu a o nové jedince triploidního a pentaploidního cytotypu. Rovněž došlo na základě nových měření k přeřazení šesti rostlin z triploidní do diploidní skupiny.

Rašení listů bylo pozorováno na všech 236 rostlinách. Následující fenofáze, rašení stvolu, byla pozorována na 219 rostlinách, nenastoupila u 17 rostlin: tří diploidů, celé triploidní populace PRM (10 jedinců), dvou tetraploidů a dvou hexaploidů. Rozvinutí prvního květu bylo v době ukončení práce zaznamenáno rovněž u 219 rostlin, stejně u rozvinutí posledního květu. Fenologie cytotypů nebyla lineární, tj. doba nástupu jednotlivých fenofází nekorelovala s rostoucím obsahem DNA pozorovaných rostlin. Jednotlivé fenofáze jsou diskutovány níže.

5.1 Rašení listů

Rašení listů bylo nejdéle trvající fenofází. Pozorování fáze začalo na konci srpna 2021 (53. den experimentu) u tetraploidních rostlin a ukončeno bylo v únoru 2022 (235. den experimentu) vyrašením posledních diploidních rostlin. Fenologicky nejčasnějšími se ukázali právě tetraploidi, jejichž vrchol nástupu fáze přišel po 60. dni experimentu. Dále se objevily listy prvních diploidů, následovaných heptaploidy a hexaploidy.

Diploidní rostliny jakožto nejčastěji zastoupený cytotyp v experimentu ukazují největší variabilitu v rašení listů. Byly prvními rostlinami, které vyrašily po tetraploidních rostlinách, zároveň ale byly i posledními vyrašenými rostlinami. Průměrná hodnota rašení (ve dnech) je přibližně 129, druhá nejvyšší hodnota. Ovšem téměř u poloviny diploidních rostlin bylo zaznamenáno rašení listů ještě před 100. dnem experimentu. Zde může hrát roli místo, ze kterého jednotlivé rostliny pochází. Common garden experiment sice vyrovnal podmínky prostředí, které by mohly ovlivnit fenologické pozorování na různých lokalitách, ale fenologii rostlin ovlivňuje i jejich původní umístění (Lieth 1974; Tang et al. 2016). Diploidní rostliny, které mají ze všech snědků okruhu nejširší ekologickou amplitudu (Hrouda 2010; Prokešová 2019), je tak třeba hodnotit i dle stanoviště. V tomto případě jsou diploidní rostliny pocházející z xerotermních stanovišť (skalní stepi, úzkolisté stepní trávníky, teplomilné lesy) časnější než ty ze stanovišť mezických (sady, parky, mezofilní louky, břehy vodních toků). Průměrné hodnoty nástupu fenofáze dále ukazují, že diploidní rostliny jsou

v rašení listů fenologicky pozdnější než heptaploidní a hexaploidní, v případě mezických diploidů dokonce pozdnější než pentaploidní rostliny.

Za druhou nejčasnější ploidii lze označit heptaploidy. Výsledky je ale třeba označit za předběžné kvůli vzácnosti tohoto cytotypu. Do experimentu sice byly zařazeny dvě různé populace heptaploidních rostlin, obě ale byly tvořeny pouze třemi rostlinami a celý soubor je tak příliš malý. Hexaploidní rostliny jsou pak třetí v pořadí cytotypů.

Dřívější nástup fenofáze vyšších ploidií nemusí být průkazný. I zde by se mohlo jednat o vliv předchozího umístění. V případě nových rostlin v experimentu je to jejich dlouhodobé umístění ve skleníku, kde rostliny nastupují do všech fenofází dříve (M. Hroneš, ústní sdělení). Fakt, že k určitému ovlivnění fenologie dochází, lze pozorovat také u pentaploidních rostlin. Nově přidaná populace SVI vytvořila listy dříve než ostatní populace pentaploidních rostlin, čímž posunula průměrnou hodnotu rašení listů o devět dní dopředu. Další možné vysvětlení brzkého nástupu je teorie, že rostliny s větším genomem vyrůstají ze země dříve než ty s menším genomem díky rychlejšímu růstu předem vytvořených buněk i za relativně nízkých teplot (Grime & Mowforth 1982; Grime et al. 1985; Veselý et al. 2012). Je proto třeba sledovat fenologii tetraploidů, hexaploidů a heptaploidů v následujících sezónách, může se změnit po adaptaci na venkovní prostředí.

Triploidní rostliny byly jednoznačně poslední v nástupu dané fenologické fáze. První rostlina se objevila na konci října, 116. den experimentu. Přibližně polovina triploidních rostlin vyrašila až v únoru (±220. den experimentu). I zde může hrát další roli původní umístění rostlin. Kvůli nedostatečně velkému souboru sledovaných rostlin to však nebylo možné statisticky otestovat. Všech šest rostlin, které vyrašily před koncem roku 2021, jsou z jedné populace z xerotermního stanoviště (LHO), zatímco všechny rostliny z populace PLA a většina rostlin populace PRM, které vzešly v únoru, pocházejí z mezického stanoviště. Tuto teorii by ale bylo třeba ověřit na větším množství rostlin z obou typů stanovišť.

Výsledky pro diploidní, triploidní a pentaploidní rostliny se shodují s pozorováním Prokešové (2019), která rovněž uvádí rašení listů nejprve u diploidů, později pentaploidů a nakonec triploidů. U triploidních rostlin Prokešová (2019) hovoří o dvou vrcholech nástupu. Jelikož ale pracovala pouze s populací PLA, která se nově ukázala jako částečně diploidní, je toto rozdělení pochopitelné. První vrchol nástupu

±70. den experimentu tak půjde pravděpodobně přisoudit diploidním jedincům a druhý ±125. den už skutečně triploidním rostlinám.

5.2 Objevení stvolu

Fenologické pozorování objevení stvolu se téměř výhradně odehrálo v průběhu měsíce dubna. Obě hraniční hodnoty, 31. března (273. den) a 26. dubna (299. den), náleží diploidním rostlinám. Nástup této fenofáze nebyl pozorován na všech rostlinách. Ze 17 takových rostlin 13 vytvořilo listy, ale už nepokračovalo do další fenofáze (triploidní populace PRM, dva hexaploidní jedinci a jeden diploid). U dalších čtyř rostlin došlo dokonce k zániku vzniklých listů, což minimálně u dvou mohl být důsledek opakované konzumace listů plzáky (*Arion* sp.). Rostliny v tomto období také negativně ovlivnilo napadení rzí (*Puccinia liliacearum*), které deformovalo růžice listů a později mohlo napadnout vrchní část stvolu a zabránit vykvetení části květenství.

Fenofáze byla nejprve pozorována u diploidních rostlin. I zde se ale ukázala variabilita diploidních jedinců, stvoly diploidních rostlin se objevovaly v průběhu celého dubna. Vliv zde má opět předchozí umístění, které fenologicky signifikantně rozděluje rostliny z xerotermních a mezických stanovišť. První nástup diploidů je v souladu s pozorováním Prokešové (2019), stejně jako druhý nástup pentaploidní populace.

Dále se objevily stvoly u triploidní populace LHO. V experimentu byly triploidní rostliny zastoupeny třemi populacemi, stvol se ovšem objevil pouze u dvou z nich. Populace PRM vytvořila v lednu a v únoru 2022 růžice listů a dále ve svém vývoji nepokračovala. Zbylé dvě populace, xerotermní LHO a mezofilní PLA, vykazují nápadně odlišnou fenologii. Zatímco všechny rostliny populace LHO nastoupily do sledované fenofáze do poloviny dubna, rostliny z populace PLA byly společně s některými diploidy a posledními hexaploidy jedny z posledních nastoupivších rostlin.

Pozorování fenologie triploidních rostlin se obecně shoduje s Prokešovou (2019). Jelikož ale se ale její experiment opírá o jedinou, jak se navíc později ukázalo částečně diploidní populaci, a tento experiment pracuje pouze se dvěma populacemi s velmi odlišnou fenologií, je třeba výsledky pozorování stále považovat za předběžné.

Rostliny vyšších ploidií posunuly nástup do této fenofáze oproti ostatním cytotypům dozadu, je tedy možné, že se již postupně přizpůsobily novému prostředí. Po triploidních a pentaploidních rostlinách se objevil stonek u hexaploidních a heptaploidních rostlin, u obou cytotypů byl zaznamenán stejný den nástupu.

Heptaploidní rostliny ukončily nástup do této fenofáze dříve, což ale může být způsobeno nápadně menším souborem.

Posledním cytotypem, u kterého se objevil stonek, byly tetraploidní rostliny. Výrazný skok od prvního pozorovaného cytotypu při rašení listů k poslednímu pozorovanému cytotypu při objevení stonku lze totiž částečně vysvětlit i přítomností škůdců. Brzké rašení tetraploidních rostlin totiž způsobilo, že byly nejdéle vystaveny plzákům (*Arion* sp.). To vedlo, u některých rostlin opakovaně, ke ztrátě listů, respektive k jejich zarovnání se zemí, i přes zákroky proti plzákům. Ze stejného důvodu asi došlo k zániku dvou tetraploidních rostlin v experimentu.

5.3 Otevření prvního květu

Otevření prvního květu bylo pozorováno od konce dubna (299. den experimentu, diploidní rostlina) do poloviny května (319. den experimentu, triploidní rostlina) na všech rostlinách, které vytvořily stvol, tedy 219 rostlinách. Fenologie cytotypů byla v případě této fenofáze lineární, tj. doba nástupu jednotlivých fenofází korelovala s rostoucím obsahem DNA rostlin.

Diploidní rostliny začaly kvést jako první a shodně s předchozími fenofázemi vykazovaly největší variabilitu (diploidní a pentaploidní rostliny byly posledními rostlinami, které vstoupily do fenofáze před triploidní populací PLA, která je diskutována níže). Fenologie rostlin z xerotermních a mezofilních stanovišť byla signifikantně odlišná. Výsledky pozorování souhlasí s Prokešovou (2019), nikoli ovšem s Hroudou (1980). Fenologie otevření prvního květu je dle Prokešové (2019) lineární, první pozorované rostliny diploidní, pak triploidní a na závěr pentaploidní. Je třeba ale stále počítat s tím, že je její pozorování ovlivněno smíšením diploidní a triploidní části populace PLA. Hrouda (1980) řadí diploidní rostliny na druhé místo za *O. divergens*, tedy společně vyhodnocené pentaploidní a hexaploidní rostliny.

Triploidní rostliny nastoupily po diploidních rostlinách zástupci populace LHO. Naproti tomu druhá triploidní populace PLA zahájila kvetení teprve poté, co se otevřel první květ u všech ostatních rostlin v experimentu, které vytvořily stvol. Dále se otevřely první květy u tetraploidních rostlin. Hrouda (1980) označuje triploidy a tetraploidy za nejpozdnější cytotypy s ohledem na kvetení. Tento výsledek tedy nesouhlasí s fenologií populace LHO a tetraploidů, ale populace PLA závěru vyhovuje.

O. divergens je podle Hroudy (1980) nejčasnějším druhem z komplexu *O. umbellatum*. Naopak Prokešová (2019) pozorovala otevření prvního květu

u pentaploidů jako u posledního cytotypu. Zde byly potvrzeny výsledky od Prokešové (2019) s tím dodatkem, že fenofáze nastoupila u hexaploidů později než u pentaploidů, avšak byla dříve dokončena. Hexaploidní rostliny, přidané všechny na pozemek ze skleníku a všechny pocházející ze stejného prostředí městských trávníků, totiž otevřely svůj první květ (všech 36 rostlin) v rámci pěti dnů.

Posledním cytotypem, který začal kvést, je pak heptaploidní cytotyp.

5.4 Otevření posledního květu

Poslední pozorovaná fenofáze v době ukončení bakalářské práce bylo otevření posledního květu. Délka fáze je nejkratší ze všech měřených fenofází, ale téměř shodná z fází otevření prvního květu. Poslední otevřený květ byl ve většině případu na vrcholu květenství. Několik diploidních rostlin mělo více květů na vrcholu květenství trvale zavřené a nefunkční jako důsledek napadení *Puccinia liliacearum*. V tom případě byl jako poslední květ označen ten zdravý květ, který se otevřel poslední.

Rozložení nástupu fenofáze jednotlivých cytotypů bylo téměř lineání, nástup tetraploidních a pentaploidních rostlin byl zaznamenán ve stejný den. Postupně tedy za sebou nastoupili diploidi, triploidi (LHO), tetraploidi a pentaploidi, hexaploidi, heptaploidi a následně opět triploidi (PLA). Experiment byl ukončen otevřením posledního květu zbývajících triploidních, pentaploidních a heptaploidních rostlin.

Prokešová (2019) sledovala jako závěrečnou fenofázi vypylení posledního prašníku prvního květu, proto pro fenofázi otevření posledního neexistuje žádné srovnání. Je třeba proto provést experiment v následujících sezónách a pořadí cytotypů potvrdit.

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zaobírala tématem fenologie zástupců komplexu *O. umbellatum* z území střední Evropy. Byla vypracována literární rešerše pojednávající o fenologii rostlin se zvláštním zřetelem na jarní fenologii a na fenologii jednoděložných geofytů. V rámci práce byl vytvořen pracovní list a návod k terénnímu cvičení, obojí určené jako pomůcka při výuce fenologie v biologických seminářích na středních školách. Výzkumnou částí práce bylo provedení fenologického common garden experimentu, sledujícího změny ve fenologii jednotlivých druhů *O. umbellatum* agg. v závislosti na měnící se ploidii rostliny a se zřetelem na původ rostlin.

Fenologie jednotlivých ploidií byly pro pozorované fenofáze signifikantně odlišné. Výsledky byly významně ovlivněny také původním stanovištěm, ze kterého byly rostliny do common-garden přineseny.

Při fázi rašení listů vzešly jako první rostliny vyšších ploidií. Byly nově přidány ze skleníku, kde rostliny nastupují do fenofází dříve. Pro další pozorované fenofáze tento trend ustoupil, jak se rostliny přizpůsobovaly prostředí common garden.

Diploidní rostliny vykazovaly pro všechny pozorované fenofáze vysokou fenologickou variabilitu. Bylo ukázáno, že je fenologie rozdílná pro diploidní rostliny z xerotermních a mezofilních oblastí, přičemž rostliny z teplejších oblastí jsou časnější. Podobně jsou ovlivněny i triploidní rostliny, kvůli příliš malému počtu zkoumaných populací toto ale nebylo možné spolehlivě ověřit.

Fenologické fáze otevření prvního květu a otevření posledního květu jsou lineární vzhledem k ploidii. Kvetení tedy začíná u diploidních rostlin, pokračuje u triploidních, tetraploidních, pentaploidních, hexaploidních rostlin a je uzavřeno u heptaploidních rostlin. Takový výsledek ovšem nesouhlasí s Hroudou (1980; 2010), který označil za nejčasnější ploidii pentaploidy, respektive pentaploidy společně s hexaploidy (*O. divergens*).

Provedený experiment potvrzuje výsledky Prokešové (2019) a rozšiřuje je o nové ploidie. Bylo by třeba experiment zopakovat v dalších sezónách, kdy by již měl být vyrovnán rozdíl mezi rostlinami přidanými ze skleníku a rostlinami z experimentu 2018/19. Bylo by také vhodné dále rozšířit experiment o zástupce z nových lokalit, aby mohl být lépe prozkoumán vliv xerotermního a mezofilního prostředí na fenologii v rámci ploidie.

LITERATURA

Adams B. T., Matthews S. N., Iverson L. R., Prasad A. M., Peters M. P. & Zhao K. (2021): Spring phenological variability promoted by topography and vegetation assembly processes in a temperate forest landscape. Agricultural and Forest Meteorology 308: 108578.

Allevato E., Saulino L., Cesarano G., Chirico G. B., D'Urso G., Bolognesi S. F., Rita A., Rossi S., Saracino A. & Bonanomi G. (2019): Canopy damage by spring frost in European beech along the Apennines: effect of latitude, altitude and aspect. Remote Sensing of Environment 225: 431–440.

Augspurger C. K. (2013): Reconstructing patterns of temperature, phenology, and frost damage over 124 years: Spring damage risk is increasing. Ecology 94: 41–50.

Badeck F.-W., Bondeau A., Böttcher K., Doktor D., Lucht W., Schaber J. & Sitch S. (2004): Responses of spring phenology to climate change. New Phytologist 162: 295–309.

Campbell J. B. & Wynne R. H. (2011): Introduction to remote sensing. Guilford Press, New York.

Cleland E. E., Chuine I., Menzel A., Mooney H. A. & Schwartz M. D. (2007): Shifting plant phenology in response to global change. Trends in Ecology & Evolution 22: 357–365.

de Villemereuil P., Gaggiotti O. E., Mouterde M., & Till-Bottraud I. (2016): Common garden experiments in the genomic era: new perspectives and opportunities. Heredity 116: 249–254.

Flynn D. F. B. & Wolkovich E. M. (2018): Temperature and photoperiod drive spring phenology across all species in a temperate forest community. New Phytologist 219: 1353–1362.

Ghelardini L., Berlin S., Weih M., Lagercrantz U., Gyllenstrand N. & Rönnberg-Wästljung A. C. (2014): Genetic architecture of spring and autumn phenology in *Salix*. BMC Plant Biology 14: 31.

Grime J. & Mowforth M. (1982): Variation in genome size – an ecological interpretation. Nature 299: 151–153.

Grime J. P., Shacklock J. M. L. & Band S. R. (1985): Nuclear DNA contents, shoot phenology and species co-existence in a limestone grassland community. New Phytologist 100: 435–445.

Hintze J. (2013): NCSS 9. NCSS, LLC. Kaysville, Utah, USA. www.ncss.com.

Hroneš M. & Uvírová A. (2020): Rozšíření rodu snědek (*Ornithogalum* L., *Asparagaceae*) v Olomouci. Zprávy Vlastivědného muzea v Olomouci 319: 5–15.

Hrouda L. (1980): Studium rodu *Ornithogalum* L. s. l. v Československu. Habilitační práce [depon. in Katedra botaniky PřF UK, Praha].

Hrouda L. (2010): *Ornithogalum* L. – snědek. In: Štěpánková J., Chrtek J. & Kaplan Z. (eds), Květena České republiky 8. Academia, Praha, s. 600–613.

Hrouda L. (2019): *Ornithogalum* L. – snědek. In: Kaplan Z., Danihelka J., Chrtek J. Jr., Kirschner J., Kubát K., Štech M. & Štepánek, J. (eds): Klíč ke květeně České republiky, druhé aktualizované a zcela přepracované vydání. Praha: Academia, s. 210–212.

Chytrý M., Danihelka J., Kaplan Z., Wild J., Holubová D., Novotný P., Řezníčková M., Rohn M., Dřevojan P., Grulich V., Klimešová J., Lepš J., Lososová Z., Pergl J., Sádlo J., Šmarda P., Štěpánková P., Tichý L., Axmanová I., Bartušková A., Blažek P., Chrtek J. Jr., Fischer F. M., Guo W.-Y., Herben T., Janovský Z., Konečná M., Kühn I., Moravcová L., Petřík P., Pierce S., Prach K., Prokešová H., Štech M., Těšitel J., Těšitelová T., Večeřa M., Zelený D. & Pyšek P. (2021): Pladias Database of the Czech Flora and Vegetation. Preslia 93: 1–87.

Kunzová P., Lepší M. & Koutecký P. (2020): Rozšíření snědků z okruhu snědku rozkladitého (*Ornithogalum umbellatum* agg.) v jižní části Čech. Sborník Jihočeského muzea v Českých Budějovicích, Přírodní vědy 60: 6–28.

Lapointe L. (2001): How phenology influences physiology in deciduous forest spring ephemerals. Physiologia plantarum 113: 151–157.

Levin D. A. (2002): The role of chromosomal change in plant evolution. Oxford University Press, New York.

Lieth H. (eds) (1974): Phenology and seasonality modeling. Springer Science & Business Media, New York.

Martínez-Azorín M., Crespo M. B. & Juan A. (2010): Taxonomic revision of *Ornithogalum* subg. *Ornithogalum* (*Hyacinthaceae*) in the Iberian Peninsula and the Balearic Islands. Plant Systematics and Evolution 289: 181–211.

Martínez-Azorín M., Crespo M. B., Juan A. & Fay M. F. (2011): Molecular phylogenetics of subfamily *Ornithogaloideae* (*Hyacinthaceae*) based on nuclear and plastid DNA regions, including a new taxonomic arrangement. Annals of Botany 107: 1–37.

Martínez-Azorín M., Crespo, M. B. & Juan, A. (2009): Nomenclature and taxonomy of *Ornithogalum divergens* Boreau (*Hyacinthaceae*) and related taxa of the polyploid complex of *Ornithogalum umbellatum* L. Candollea 64: 163–169.

Mercadal i Corominas G., Martínez-Azorín M. & Crespo, M. B. (2017): Confirmation of the presence of *Ornithogalum umbellatum* (*Hyacinthaceae*) in the Iberian Peninsula. Anales Del Jardín Botánico De Madrid 74: e049.

Penner S., Dror B., Aviezer I., Bar-Lev Y., Salman-Minkov A., Mandakova T., Šmarda P., Mayrose I. & Sapir, Y. (2020): Phenology and polyploidy in annual *Brachypodium* species (*Poaceae*) along the aridity gradient in Israel. Journal of Systematics and Evolution 58: 189–199.

Petit C., Lesbros P., Ge X. & Thompson J. D. (1997): Variation in flowering phenology and selfing rate across a contact zone between diploid and tetraploid *Arrhenatherum elatius* (*Poaceae*). Heredity 79: 31–40.

Pladias – databáze české flóry a vegetace. www.pladias.cz. [cit. 2022-05-19].

Prokešová M. (2019): Stanovištní nároky a fenologie zástupců okruhu snědku rozkladitého (*Ornithogalum umbellatum* agg.) v České republice. Bakalářská práce. [depon. in Katedra botaniky PřF UP, Olomouc].

Segraves K. A. & Thompson J. N. (1999): Plant polyploidy and pollination: floral traits and insect visits to diploid and tetraploid *Heuchera grossulariifolia*. Evolution 53: 1114–1127.

Štolfová K. (2017): Cytogeografie a morfologie okruhu snědku rozkladitého (*Ornithogalum umbellatum* agg.) ve východní části střední Evropy. Diplomová práce. [depon. in Katedra botaniky PřF UP, Olomouc].

Tang J., Körner C., Muraoka H., Piao S., Shen M., Thackeray S. J. & Yang, X. (2016): Emerging opportunities and challenges in phenology: a review. Ecosphere 7: e01436.

Veselý P., Bureš P., Šmarda P. & Pavlíček T. (2012): Genome size and DNA base composition of geophytes: the mirror of phenology and ecology. Annals of Botany 109: 65–75.

Wang C., Cao R., Chen J., Rao Y. & Tang Y. (2015): Temperature sensitivity of spring vegetation phenology correlates to within-spring warming speed over the Northern Hemisphere. Ecological Indicators 50: 62–68.

PŘÍLOHA 1

Populace označené hvězdičkou představují populace ze skleníku nově přidané do experimentu v roce 2021.

Diploidní populace

CEC: Česká republika, Olomouc, Čechovy sady, trávník, 217 m n. m., 49°35'33.7"N, 17°14'41.4"E, 26.4.2018 M. Hroneš & M. Prokešová

HRM: Česká republika, Hradec Králové, Malšovice, protipovodňová hráz Orlice, 230 m n. m., 50°12'35.8"N, 15°51'29.6"E, 2.5.2018 M. Hroneš

KOM: Česká republika, Komořany, Stepní stráň u Komořan, 272 m n. m., 49°11'53.3"N, 16°55'28.7"E, 11.5.2018 M. Hroneš & M. Prokešová

KOP: Česká republika, Mikulov, Svatý kopeček, 350 m n. m., 48°48'25.6"N, 16°39'0.9"E, 4.5.2018 M. Hroneš & M. Prokešová

KSV: Česká republika, Čelechovice na Hané, Kosířské lomy, opuštěný sad, 300 m n. m., 49°31'47.7"N, 17°5'4.1"E, 27.4.2018 M. Hroneš & M. Prokešová

MIK: Česká republika, Miroslav, Markův kopec, 288 m n. m., 48°56'28.3"N, 16°18'54.4"E, 4.5.2018 M. Hroneš & M. Prokešová

MIS: Česká republika, Mikulov, Svatý kopeček, les na severovýchodním svahu, 315 m n. m., 48°48'32.5"N, 16°39'10.1"E, 4.5.2018 M. Hroneš & M. Prokešová

MLK: Česká republika, Slatinice, Malý Kosíř, opuštěný sad, 310 m n. m., 49°33'18.1"N, 17°5'30.8"E, 27.4.2018 M. Hroneš & M. Prokešová

ORL: Česká republika, Hradec Králové, Malšova Lhota, louka na břehu řeky Orlice, 232 m n. m., 50°12'46.2"N, 15°52'47.1"E, 2.5.2018 M. Hroneš

PLA: Česká republika, Hradec Králové, trávníky na břehu Labe blízko místní části Plácky, 232 m n. m., 50°13'48.3"N, 15°49'25.2"E, 2.5.2018 M. Hroneš[1]

TER: Česká republika, Náměšť na Hané, Terezské údolí, 255 m n. m., 49°35'47.8"N, 17°2'33.6"E, 11.5.2018 M. Hroneš & M. Prokešová

TVA: Česká republika, Tvarožná, Santon, 285 m n. m., 49°11'17.7"N, 16°45'46.6"E, 11.5.2018 M. Hroneš & M. Prokešová

[1] Jedná se o smíšenou populaci triploidů a diploidů. Prokešová (2019) pracovala s populací jako triploidní. Přeměřením bylo zjištěno, že triploidní jsou pouze čtyři rostliny, zbývajících šest rostlin je diploidních.

Triploidní populace

***LHO:** Česká republika, Lhotka, suchý trávník ve svahu nad Olešnicí, 250 m n. m., 49°29'58.2"N, 17°24'52.6"E, 2.5.2019 M. Hroneš & M. Prokešová

PLA: Česká republika, Hradec Králové, trávníky na břehu Labe blízko místní části Plácky, 232 m n. m., 50°13'48.3"N, 15°49'25.2"E, 2.5.2018 M. Hroneš

***PRM:** Česká republika, Přerov, park Michalov, trávník, 210 m n. m., 49°27'29"N, 17°27'30.1"E, 26.3.2021 M. Hroneš & B. Trávníček

Tetraploidní populace

***NAD:** Maďarsko, Piliscsaba, okraj lesa na jihovýchodě vesnice, 235 m n. m., 47°37'10.1"N, 18°50'4.6"E, 2.5.2016 M. Hroneš & L. Kobrlová

***ŠTR:** Slovensko, Chľaba, trávníky a keře na severovýchodním okraji vesnice, 102 m n. m., 47°50'5"N, 18°49'35"E, 22.4.2016 B. Trávníček

Pentaploidní populace

MIR: Česká republika, Miroslav, akátový les severovýchodně od vesnice, 233 m n. m., 48°57'14.2"N, 16°20'15.3"E, 4.5.2018 M. Hroneš & M. Prokešová

NOV: Česká republika, Novosedly, akátový les severně od vesnice, 186 m n. m., 48°51'4"N, 16°30'28.9"E, 4.5.2018 M. Hroneš & M. Prokešová

***SVI:** Česká republika, Svitavy, zahradní trávník, 447 m n. m., 49°45'26.5"N, 16°27'22.5"E, 22.5.2016 M. Šrajbr

VEL: Česká republika, Olomouc, ulice Velkomoravská, trávník, 210 m n. m., 49°34'56.3"N, 17°14'51.3"E, 26.4.2018 M. Hroneš & A. Uvírová

Hexaploidní populace

***HNM:** Česká republika, Hradec nad Moravicí, městský trávník u nádraží, 285 m n. m., 49°52'40.2"N, 17°52'34.7"E, květen 2019 M. Hroneš & M. Prokešová

***OLC:** Česká republika, Olomouc, ulice Charkovská, trávník, 213 m n. m., 49°35'48.6"N, 17°16'16.6"E, 21.3.2021 M. Hroneš & A. Uvírová

***OPA:** Česká republika, Opava, ulice Otická, trávník, 285 m n. m., 49°55'43.1"N, 17°53'10"E, 15.5.2020 M. Hroneš & A. Uvírová

***PRB:** Česká republika, Přerov, ulice Bezručova, trávník, 209 m n. m., 49°27'26.7"N, 17°27'8"E, 26.3.2021 M. Hroneš & B. Trávníček

Heptaploidní populace

***CBU:** Česká republika, ulice Františka Halase, trávník, 390 m n. m., 48°57'30"N, 14°29'3"E, 5.4.2019 M. Hroneš, L. Kobrlová, P. Kunzová

***SOB:** Česká republika, Soběslav, trávník v parku blízko soutoku Lužnice a Černovického potoka, 400 m n. m., 49°15'26.5"N, 14°42'59.3"E, 6.4.2019 M. Hroneš & L. Kobrlová

PŘÍLOHA 2

Fenologie & jarní aspekt
Pracovní list

1. **Spoj pojem s příslušným popisem.**

Jarní aspekt	Každoročně se opakující jev v životě rostliny, související s vývinem nadzemních orgánů
Fenologie	Životní forma rostliny, která přežívá nepříznivé období pomocí zásobního orgánu pod zemí (např. cibule)
Fenologické fáze	Období jara před vyrašením listů stromů, kdy vyrůstají světlomilné rostliny
Geofyt	Vědní disciplína, sledující každoročně se opakující vývojové změny organismů v čase

2. **Doplň chybějící slova v textu.**

jarní geofyty – tulipány – globální oteplování – obiloviny – rašení – životní fáze – genetická výbava – winter chilling

Fenologie sleduje periodicky se opakující děje v životě organismů (rostlin). Tyto děje jsou ovlivněny jak vnitřními faktory (…… rostlin), tak faktory vnějšími (prostředím). Význam fenologie stoupá v poslední době s hrozbou …… Dlouholetá fenologická měření ukazují, jak změny klimatu ovlivňují nástupy různých …… rostlin, například …… nebo kvetení. Rostliny vyrůstající na jaře z přezimujících cibulí, tzv. ……, potřebují ke svému vyrašení projít fází chladu (……), jinak nevyrostou. Mezi tyto rostliny patří i často pěstované sněženky, …… a narcisy. Fenologie má i svá praktická využití. Nástup jednotlivých fenofází jednoděložných …… ovlivňuje aplikaci hnojiv, čas sklizně a podobně.

3. **Vyber rostliny jarního aspektu.**

bledule jarní, sněženka podsněžník, třezalka tečkovaná, orsej jarní, vikev ptačí, jetel rolní, zvonek rozkladitý, narcis, heřmánek pravý, řebříček obecný, šafrán (krokus), prvosenka jarní, kokoška pastuší tobolka, lilek brambor

4. **Seřaď fenofáze trav.**

metání – zralost – vzcházení – kvetení – sloupkování – odnožování

5. **Pojmenuj rostliny na obrázku a zařaď (jednoděložné/dvouděložné; pokud víš, i čeleď).**

6. **Domácí úkol – najdi nějaké pěstované jarní geofyty (např. modřence, narcisy, tulipány) ve svém okolí a zapiš, v jaké fenofázi se nacházejí (rašení listu, rašení stvolu, rozvinutí květu).**

…… – ……

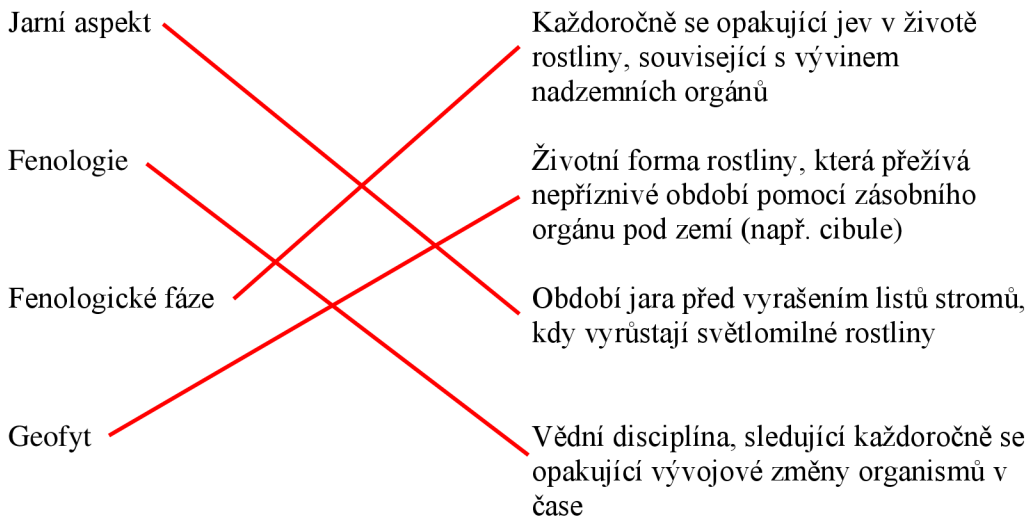
…… – ……

…… – ……

…… – ……

Fenologie & jarní aspekt
Pracovní list

1. **Spoj pojem s příslušným popisem.**



2. **Doplň chybějící slova v textu.**

~~jarní geofyty tulipány globální oteplování obiloviny rašení životní fáze genetická výbava winter chilling~~

Fenologie sleduje periodicky se opakující děje v životě organismů (rostlin). Tyto děje jsou ovlivněny jak vnitřními faktory (……genetickou výbavou…… rostlin), tak faktory vnějšími (prostředím). Význam fenologie stoupá v poslední době s hrozbou ……globálního oteplování…… Dlouholetá fenologická měření ukazují, jak změny klimatu ovlivňují nástupy různých ……životních fází…… rostliny, například ……rašení…… nebo kvetení. Rostliny vyrůstající na jaře z přezimujících cibulí, tzv. ……jarní geofyty……, potřebují ke svému vyrašení projít fází chladu (……winter chilling……), jinak nevyrostou. Mezi tyto rostliny patří i často pěstované sněženky, ……tulipány…….. a narcisy. Fenologie má i svá praktická využití. Nástup jednotlivých fenofází jednoděložných ……obilovin…… ovlivňuje aplikaci hnojiv, čas sklizně a podobně.

3. **Vyber rostliny jarního aspektu.**

bledule jarní, sněženka podsněžník, třezalka tečkovaná, orsej jarní, vikev ptačí, jetel rolní, zvonek rozkladitý, narcis, heřmánek pravý, řebříček obecný, šafrán (krokus), prvosenka jarní, kokoška pastuší tobolka, lilek brambor

4. **Seřaď fenofáze trav.**

   4. metání – 6. zralost – 1. vzcházení – 5. kvetení – 3. sloupkování – 2. odnožování

5. **Pojmenuj rostliny na obrázku a zařaď (jednoděložné/dvouděložné; pokud víš, i čeleď).**

křivatec žlutý
jednoděložné (liliovité)

sněženka podsněžník
jednoděložné (amarylkovité)

sasanka hajní
dvouděložné (pryskyřníkovité)

orsej jarní
dvouděložné (pryskyřníkovité)

6. **Domácí úkol – najdi nějaké pěstované jarní geofyty (např. modřence, narcisy, tulipány) ve svém okolí a zapiš, v jaké fenofázi se nacházejí (rašení listu, rašení stvolu, rozvinutí květu).**

   tulipán – rašení listu, rašení stvolu
   šafrán (krokus) – rozvinutí květu
   narcis – rašení stvolu
   sněženka – rozvinutí květu

PŘÍLOHA 3

Fenologie & jarní aspekt
Protokol terénního cvičení

Lokalita:
Datum, čas:
Teplota vzduchu:

Pozorované fenologické fáze: Rašení (rostliny, listů, stvolu)
Kvetení
Zrání plodů

Pozorované rostliny	Fenologická fáze rostliny

Poznámky:

Fenologie & jarní aspekt
Protokol terénního cvičení

Lokalita: Kravaře ve Slezsku, zámecký park
Datum, čas: 18.3.2022, 13:50-15:20
Teplota vzduchu: 9 °C (polojasno)

Pozorované fenologické fáze: Rašení (rostliny, listů, stvolu)
Kvetení
Zrání plodů

Pozorované rostliny	Fenologická fáze rostliny (více jedinců)
křivatec žlutý	kvetení, rašení stvolu, listu
dymnivka plná	rašení, kvetení
sasanka hajní	rašení, kvetení
orsej jarní	rašení listů, kvetení
ptačinec prostřední	kvetení
rozrazil laločnatý	kvetení, zrání plodů
snědek (z okruhu snědku rozkladitého)	rašení listů
rozrazil perský	zrání plodů
narcis	rašení listů, stvolu
plicník tmavý	kvetení
prvosenka vyšší	rašení stvolu