

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA BOTANIKY



**Cytogeografie a morfologie okruhu snědku
rozkladitého (*Ornithogalum umbellatum* agg.) ve
východní části střední Evropy**

Diplomová práce

Bc. Klára Štolfová

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Učitelství chemie a biologie pro SŠ

Vedoucí práce: doc. RNDr. Bohumil Trávníček, Ph.D.

Konzultant: RNDr. Michal Hroneš

OLOMOUC

2017

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím literatury a uvedla jsem všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Olomouci dne

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala především vedoucímu mé diplomové práce doc. RNDr. Bohumilovi Trávníčkovi, Ph.D. a konzultantovi RNDr. Michalovi Hronešovi za poskytnutí studijní literatury, pomoc při práci v laboratoři, spolupráci při sběru vzorků, odborné konzultace a motivující vedení při tvorbě této práce. Ráda bych ještě poděkovala za jejich čas, věcné připomínky a cenné rady, které mi věnovali.

Velké díky patří katedře botaniky Přf UP v Olomouci za přístup do laboratoře průtokové cytometrie včetně použití laboratorního vybavení a veškerých chemikálií. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat všem sběratelům snědků, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout. Práce vznikla za podpory interního grantu IGA PrF-2017-001.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Bc. Klára Štolfová

Název práce: Cytogeografie a morfologie okruhu snědku rozkladitého (*Ornithogalum umbellatum* agg.) ve východní části střední Evropy

Typ práce: Diplomová práce

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

Vedoucí práce: doc. RNDr. Bohumil Trávníček, Ph.D., katedra botaniky

Konzultant: RNDr. Michal Hroneš, katedra botaniky

Rok obhajoby: 2017

Abstrakt: Okruh *Ornithogalum umbellatum* agg. je ve střední Evropě podle literárních zdrojů zastoupen třemi významnými taxony *O. kochii*, *O. angustifolium* a *O. umbellatum*, založenými zejména na korelaci morfologických znaků se specifickou ploidií. Poslední taxon *O. umbellatum* je považován za vyhynulý na území České republiky. Rozšíření těchto taxonů/ploidních stupňů bylo v této práci stanoveno pomocí průtokové cytometrie. Byly zjištěny čtyři ploidní úrovně, a to diploidní ($2n = 2x = 18$), triploidní ($2n = 3x = 27$), tetraploidní ($2n = 4x = 36$) a pentaploidní ($2n = 5x = 45$). Diploidní rostliny, zařazené k taxonu *O. kochii*, jsou nejčastěji zastoupené a byly prokázány v ČR, Slovensku a Maďarsku. Triploidní rostliny, přiřazené k taxonu *O. angustifolium*, byly nalezeny v ČR a Německu. Tetraploidní rostliny, pracovníčně nazývané *O. „serotinum“*, byly zaznamenány na Slovensku a v Maďarsku. Pentaploidní rostliny, náležející k taxonu *O. umbellatum*, byly objeveny na území ČR, v Rakousku, Německu, Itálii, Maďarsku a na území Slovenska. Pentaploidi (druh *O. umbellatum*) byli považováni na území ČR za vyhynulé, nicméně jejich recentní výskyt u nás byl potvrzen. Variabilita ve velikosti genomu byla zjištěna především u diploidních a triploidních rostlin. U diploidů je tato variabilita pravděpodobně způsobená výskytem aneuploidie. Studium morfologické variability prokázalo signifikantní rozdíl mezi čtyřmi studovanými ploidiemi (diploidní, triploidní, tetraploidní a pentaploidní). Diploidi a tetraploidi se liší od triploidů a pentaploidů v tom, že netvoří dceřiné cibulky nebo jen vzácně v malém množství. Diploidi od tetraploidů a triploidi od pentaploidů od sebe odlišíme spíše znaky generativních orgánů (např. délkou semeníku).

Klíčová slova: *Ornithogalum kochii*, *Ornithogalum angustifolium*, polyploidie, průtoková cytometrie, morfometrika

Počet stran: 87

Počet příloh: 3

Jazyk: Český

Bibliographical identification**Author's first name and surname:** Bc. Klára Štolfová**Title:** Cytological and morphological variability of the Star-of-Bethlehem species complex (*Ornithogalum umbellatum* agg.) in the Czech Republic (Central Europe)**Type of thesis:** Master thesis**Department:** Department of Botany, Faculty of Science, Palacký University, Šlechtitelů 27, CZ-78371 Olomouc**Supervisor:** doc. RNDr. Bohumil Trávníček, Ph.D., Department of Botany**Consultant:** RNDr. Michal Hroneš, Department of Botany**The year of presentation:** 2017

Abstract: The *Ornithogalum umbellatum* species complex is represented by three notable taxa *O. kochii*, *O. angustifolium* a *O. umbellatum* in Central Europe according to literary sources. These taxa are mainly defined by correlation of their morphological traits and ploidy level. The latter taxon is considered to be extinct in the Czech Republic. Ploidy level distribution were determined using flow-cytometry. Four ploidy levels have been revealed: diploid ($2n = 2x = 18$), triploid ($2n = 3x = 27$), tetraploid ($2n = 4x = 36$) a pentaploid ($2n = 5x = 45$). The diploid plants belonging to the *O. kochii* has the strongest representation and has been proven to exist in the Czech Republic, Slovakia and Hungary. The triploid plants belonging to the *O. angustifolium* has been found in the Czech Republic and Germany. The tetraploid plants, provisionally named *O. „serotinum“*, has been noted in Slovakia and Hungary. The pentaploid plants belonging to the *O. umbellatum* has been discovered in the Czech Republic, Austria, Germany, Italy, Hungary and Slovakia. Considerable variability of the genome size has been discovered in the diploid and triploid plants. This variability is most likely caused by the presence of aneuploidy in diploids. The study of morphological variability has found a significant difference between the four studied cytotypes (diploid, triploid, tetraploid and pentaploid). The diploids and tetraploids differ from triploids and pentaploids in that they either do not produce bulbils, or only a small amount. Diploids from tetraploids and triploids from pentaploids can be distinguished by features of their reproductive organs (e.g., the length of the ovary).

Keywords: *Ornithogalum kochii*, *Ornithogalum angustifolium*, polyploidy, flow-cytometry, morphometrics**Number of pages:** 87**Number of appendices:** 3**Language:** Czech

OBSAH

1.	ÚVOD	8
2.	CÍLE PRÁCE	9
3.	TEORETICKÁ ČÁST	10
3.1	Polyploidie	10
3.2	Polyploidní komplexy u třídy Liliopsida	12
3.3	Polyploidní komplexy u rodu Ornithogalum	14
4.	MATERIÁL A METODIKA	17
4.1	Sběr rostlinného materiálu	17
4.2	Stanovení DNA ploidní úrovně a velikosti genomu.....	22
4.3	Stanovení počtu chromozomů.....	22
4.4	Morfometrická analýza a statistické zpracování	24
5.	VÝSLEDKY	26
5.1	Stanovení DNA ploidní úrovně	26
5.2	Stanovení počtu chromozomů.....	28
5.3	Stanovení velikosti genomu	29
5.4	Výsledky morfometrické analýzy.....	31
5.4.1	Jednocestná analýza variance (ANOVA)	34
5.4.2	Analýza hlavních komponent (PCA).....	36
5.4.3	Kanonická diskriminační analýza (CDA).....	37
6.	DIDAKTICKÁ ANALÝZA ODBORNÉHO TÉMATU	42
7.	DISKUZE	43
7.1	Zastoupení cytotypů a variabilita velikosti genomu Ornithogalum umbellatum agg. ve východní části střední Evropy.....	43
7.2	Morfologická variabilita populací Ornithogalum umbellatum agg. ve střední Evropě a jejich korelace s ploidní úrovní	45
7.3	Ornithogalum umbellatum agg. v ČR.....	54

8.	ZÁVĚR	57
9.	LITERATURA	59
10.	SEZNAM TABULEK	64
11.	SEZNAM OBRÁZKŮ	66
12.	PŘÍLOHY	68

1. ÚVOD

Rod *Ornithogalum*, který je zařazen do čeledi Hyacinthaceae, zahrnuje v širším pojetí až 300 druhů vyskytujících se v Evropě, západní Asie, v jižní Africe a také v Severní Americe (Öztürk et al. 2014). Ve střední Evropě jsou některé druhy pěstované jako impozantní okrasné rostliny a to především díky svým bílým květům. Některé druhy se využívají jako léčivé rostliny či krmivo pro zvířata, zatímco v Severní Americe jsou některé druhy považovány za plevel (Yilmaz 2014, Andrić et al. 2015). Pro celý rod *Ornithogalum* je velmi typický výskyt polyploidie, hybridizace a taktéž výskyt pohlavního i nepohlavního rozmnožování. U druhů diploidních je typické pohlavní rozmnožování pomocí semen a druhy polyploidní se naopak většinou rozmnožují nepohlavně pomocí dceřiných cibulek (Raamsdonk 1986). Tyto evoluční fenomény podstatně ovlivnily taxonomickou složitost tohoto rodu. Při určování jeho zástupců jsou rostliny často determinovány chybně, nebo se řada floristů snaží o determinaci zcela vyhýbá.

Předložená diplomová práce navazuje na bakalářskou práci, která sloužila jako výchozí bod ke studiu polyploidního komplexu snědku rozkladitého *Ornithogalum umbellatum* agg. ve střední Evropě (Štolfová 2015). Do komplexu patří druhy snědek Kochův (*Ornithogalum kochii* PARL.), snědek chocholičnatý (*Ornithogalum angustifolium* BOREAU), taxonomicky doposud formálně nepopsaný typ provizorně nazývaný *Ornithogalum „serotinum“* ined. a snědek rozkladitý (*Ornithogalum umbellatum* L.), z nichž poslední je považován za vyhynulý druh na našem území. Taxon *Ornithogalum „serotinum“* uvádí Hrouda (1980) ve své práci jako *Ornithogalum ruthenicum* subsp. *serotinum* nom. inval.

V následujících částech této diplomové práce, která je zaměřena na území východní části střední Evropy, je stručně popsán jev polyploidie, jsou rozebrány její typy a její důsledky v evoluci rostlin. Dále je stručně rozebrán vliv polyploidie na polyploidní komplexy u jednoděložných rostlin a u rodu *Ornithogalum*. Praktická část je zaměřena na rozšíření a zastoupení jednotlivých ploidních stupňů komplexu snědku rozkladitého (*Ornithogalum umbellatum* agg.) ve východní části střední Evropy, studium velikosti genomu u jednotlivých cytotypů a zkoumání morfologické variability u jednotlivých populací. Celkové studium těchto odborných problémů může přinést cenné poznatky pro správnou taxonomickou klasifikaci této složité skupiny.

2. CÍLE PRÁCE

Tato diplomová práce se zabývá biosystematickou problematikou polyploidního komplexu *Ornithogalum umbellatum* agg. ve východní části střední Evropy.

Práce by měla přispět k odpovědím na následující otázky:

- 1) Jaké je rozšíření a zastoupení jednotlivých ploidních stupňů ve východní části střední Evropy (Česká republika, Maďarsko, Rakousko a Slovensko)?
- 2) Liší se jednotlivé ploidie velikostí monoploidního genomu? Existuje variabilita velikosti genomu na jednotlivých ploidních úrovních?
- 3) Jaký je charakter morfologické variability vybraných populací *O. umbellatum* agg. na uvedeném území?
- 4) Korelují morfologické znaky se zjištěným ploidním stupněm a je tak možné je použít k determinaci jednotlivých ploidních stupňů?

3. TEORETICKÁ ČÁST

3.1 Polyploidie

Polyploidie je stav, kdy se v jádře buňky nacházejí více než dvě homologické chromozomové sady. Je považována za jeden z klíčových procesů v evoluci rostlin. Jedná se o velmi častý jev v rostlinné říši, zatímco v živočišné říši je velmi vzácný (Walters & Briggs 2001, Gregory 2011, Šafářová 2011, Weiss-Schneeweiss et al. 2013).

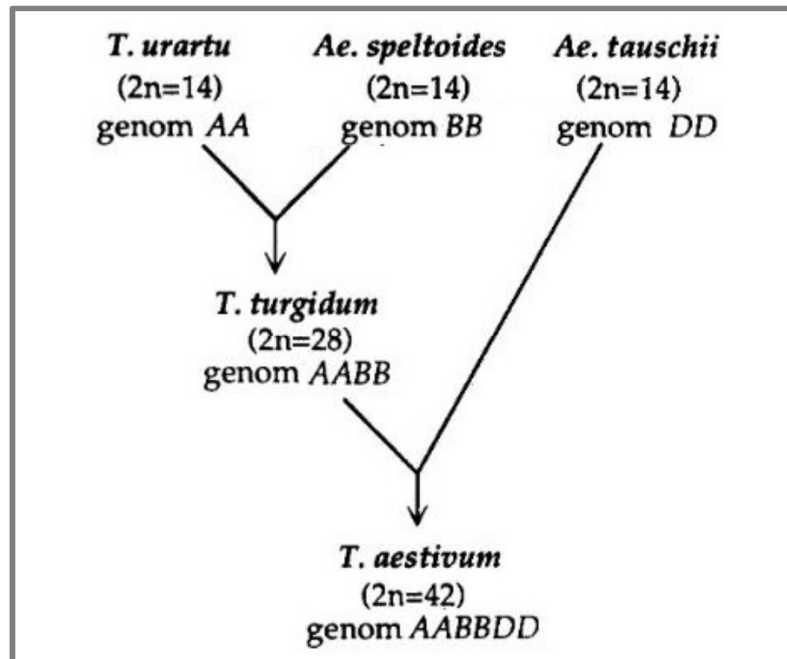
Polyploidie naprosto chybí nebo hrála velmi malou roli při rozvoji diverzity u jätrovek, hlevíků a nahosemenných rostlin, naopak velmi se rozšířila u zelených řas, plavuní, kapradin a krytosemenných rostlin (Weiss-Schneeweiss et al. 2013). První odhady uváděly u krytosemenných rostlin celkem 47 % polyploidních druhů u dvouděložných 43 % a u jednoděložných 58 % druhů (Grant 1981). Některé poznatky ukazují, že polyploidních druhů krytosemenných rostlin může být až 70 % (Ramsey & Schemske 1998).

Polyploidie zahrnuje mnohem více než jen splynutí dvou genomů – může vzniknout hybridizací a následným zdvojením genomu nebo splynutím neredukovaných gamet (Ramsey & Schemske 1998, Barker et al 2016). Jsou známé dva typy polyploidie: autopolyploidie a allopolyploidie. Při autopolyploidii z diploidního jedince, který nese dvě homologní chromozomové sady, může zdvojením chromozomů vzniknout autotetraploid se čtyřnásobkem haploidní chromozomové sady (Ramsey & Schemske 1998, Walters & Briggs 2001). Přesněji řečeno, diploidní rostlina získá při vzniku zygoty od každého rodiče haploidní chromozomovou sadu, označeno jako diploidní stav (AA). Je-li taková rostlina vystavená např. tepelnému šoku, může dojít k narušení normálního průběhu mitózy. Následkem čehož vznikne místo dvou diploidních buněk, s diploidním počtem chromozomu, jediná diploidní buňka obsahující čtyřnásobek haploidní chromozomové sady (AAAA; Walters & Briggs 2001, Sambamurty 2010). Autopolyploidní rostliny mohou vznikat i jinými mechanismy, například splynutím dvou neredukovaných gamet (AA + AA). Autopolyploidie se mohou podílet na tvorbě polyploidních semen (AAAA; Walters & Briggs 2001).

Při allopolyploidii dochází ke splynutí nestejných chromozomových sad, nejčastěji po mezidruhé hybridizaci. To znamená, že tyto chromozomové sady pocházejí od dvou i více druhů (Ramsey & Schemske 1998, Walters & Briggs 2001, Suda

2009, Tvrzníková 2014). Případný kříženec dvou druhů s genomy AA a BB může být zcela neplodný, neboť genomy A a B jsou natolik odlišné, že se jejich chromozomy nemohou spárovat během meiózy. Je-li tato rostlina např. vystavená teplotnímu šoku, dojde k narušení normálního průběhu mitózy, vznikne diploidní buňka s čtyřnásobek haploidní chromozomové sady (AABB). Tato hybridní rostlina může při meióze vytvořit významné množství neredukovaných gamet (AB) vaječných a pylových buněk a po jejich splynutí vznikají polyploidní zárodky v semenech (Walters & Briggs 2001, Sambamurty 2010). Takovým rostlinám se říká amfidiploidní nebo amfiploidní (Walters & Briggs 2001). Neredukované gamety jsou důležité jak pro tvorbu autopolyploidů, tak i pro tvorbu allopolyploidů. Ale jejich nízká frekvence v nehybridních systémech naznačuje, že mají větší vliv na rychlost tvorby autopolyploidů než allopolyploidů. Míra tvorby autopolyploidů je velmi vysoká a je možná častější, než se dříve předpokládalo (Ramsey & Schemske 1998, Barker et al 2016).

Jeden z nejznámějších příkladů allopolyploidního taxonu je *Primula kewensis* (AABB), která je produktem mezidruhové hybridizace *P. floribunda* (AA) a *P. verticillata* (BB); Walters & Briggs 2001).



Obrázek 1: Vznik *T. aestivum* z druhů *T. urartu*, *Aegilops speltoides* a *Ae. tauschii* (Feldman et al 1997)

Po vzniku polyploida nastávají cytologické změny, které mohou zahrnovat chromozomové přestavby, změny genové exprese, divergence duplikovaných genů a vývoj směrem k diploidizaci. Příkladem mohou být tetraploidní i hexaploidní druhy rodu *Triticum* jež jsou allopolyploidy, které vznikly mezidruhovým křížením následovaným spontánními chromozomovými přestavbami a faktickou diploidizací, díky čemuž se cytologicky v podstatě chovají jako diploidní druhy. Příkladem je jeden z nejvýznamnějších kulturních druhů – hexaploidní *Triticum aestivum* (obr. č. 1; Feldman et al 1997).

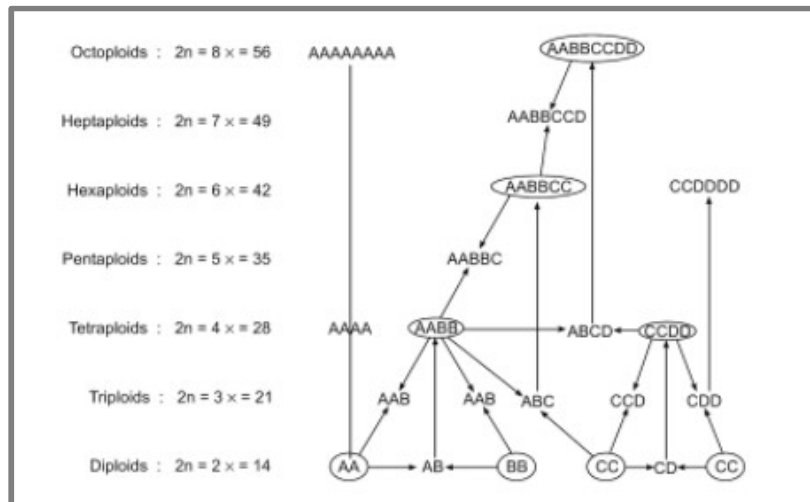
S přestavbami uvnitř jádra souvisí změna celkové velikosti jaderného genomu. Nové genové kombinace umožňují polyploidům jinou a často širší odpověď vůči životnímu prostředí. Násobení počtu chromozomů má vliv na způsob reprodukce, stoupá význam vegetativního rozmnožování a samoopylení (Levin 2002, Šafařová 2011, Weiss-Schneeweiss et al. 2013, Tvrzníková 2014).

3.2 Polyploidní komplexy u třídy *Liliopsida*

Polyploidie je u jednoděložných rostlin více rozšířená než u dvouděložných a je u nich velmi častým jevem (Weiss-Schneeweiss et al. 2013). Také je prokázáno, že polyploidie je častější u víceletých rostlin a geofytů než u jednoletek (Suárez – Santiago et al. 2007, Veselý et al 2012).

Polyploidní sérií neboli polyploidním komplexem rozumíme evolučně spjatou skupinu organismů, jejíž zástupci reprezentují různé stupně ploidie. Vzájemný vztah mezi různými ploidními úrovněmi v rámci této skupiny je mnohdy velmi komplikovaný (obr. č. 2).

Strukturu takových komplexů lze pochopit pouze studiem jejich vzniku, rozmnožování a geografického rozšíření. Poměrně často se polyploidní komplex skládá z několika diploidních druhů, které hybridizovaly a vytvořily polyploidní řadu diploid, triploid, tetraploid, pentaploid, hexaploid, heptaploid a oktoploid (Sambamurty 2010).



Obrázek 2: Vznik polyploidního komplexu ze čtyř diploidních druhů (Sambamurty 2010).

Pro jednoděložné rostliny jsou nejtypičtější základní chromozomová čísla o rozsahu $x = 6$ až 12 (Grant 1981). Například základní chromozomová čísla u čeledi Poaceae jsou nejčastěji $x = 5, 6$ a 7 (Stebbins 1985). Do čeledi Poaceae můžeme zařadit významné kulturní druhy, z nichž je řada polyploidních. Například čtveřice nejrozšířenějších hospodářských plodin, tedy pšenice, kukuřice, rýže a sója (Tvrzníková 2014).

U dobře prozkoumaného rodu *Allium*, jež patří do čeledi Amaryllidaceae je polyploidie rozšířená napříč celým rodem. Známí jsou polyploidie od triploidů po oktoploidy, heptaploidní a oktoploidní cytotyp je však velmi vzácný. Základní chromozomové číslo v rodu se pohybuje od $x = 7$ po $x = 11$ (Šafářová 2011). K nejčastějším chromozomovým počtům patří $2n = 24, 32, 40, 48, 56$ a 64 (Duchoslav et al. 2013). Detailně studován byl druhový okruh *Allium oleraceum* agg., který představuje polyploidní komplex s ploidními úrovněmi $2n = 24, 32, 40, 48$ (Duchoslav et al. 2013). Na území České republiky jsou známy tři ploidní úrovně $2n = 32, 40, 48$, tj. tetra-, penta- a hexaploidy, rostoucí v cytotypově smíšených i homogenních populacích (Jandová 2010). Jednotlivé ploidní úrovně u *A. oleraceum* agg. jsou si morfologicky velmi podobné. Dají se rozlišit pouze obtížně na základě následujících znaků: produkce dceřiných cibulek, tvorba květů, papilnatost listů, velikost průduchů, velikost okvětních lístků, šířka a délka listů a dále také na základě klíčivosti semen a v podílu pučících dceřiných cibulek. Nejlepší klíčivosti semen dosahují hexaploidní rostliny, zatímco dceřiné cibulky nejlépe pučí u pentaploidů a nejhůře u hexaploidů. Fenologicky se

jednotlivé druhy taktéž liší, nejdříve vykvétají tetraploidi a nejpozději hexaploidi (Jandová 2010, Šafářová 2011, Duchoslav et al. 2013).

U rodu *Muscari*, zařazeného obvykle do čeledi Hyacinthaceae je taktéž známo mnoho druhů s řadou různých ploidních úrovní. Např. okruh *M. neglectum* tvoří polyploidní komplex, u kterého jsou známy cytotypy od diploidního až po oktoploidní. Hlavní morfologické znaky, které slouží k odlišení jednotlivých ploidních úrovní, jsou šířka a barva mateřských cibulí, produkce dceřiných cibulek, délka a šířka stvolů, počet listů a jejich délka. U fertálních květů se sleduje délka jejich květní stopky, barva listů, šířka okvěti a barva, u sterilních květů se pozoruje jejich počet a barva (Suárez-Santiago et al. 2007).

Diploidní druhy tohoto komplexu, *Muscari atlanticum* Boiss. & Reut. a *M. cazorlanum* Soriano & al. se vyznačují velkým podílem sterilních květů a také vzácnou tvorbou dceřiných cibulí. Naopak polyploidní druhy mají sterilních květů málo a tvoří obvykle větší množství dceřiných cibulí (Suárez-Santiago et al. 2007).

Některé polyploidní komplexy nemusí mít známé diploidní druhy (např. komplex *Allium oleraceum*), zatímco u dalších druhů se diploidní taxon vyskytuje (Duchoslav et al. 2013). Jednotlivé ploidní stupně se v rámci komplexů mohou morfologicky dostatečně lišit, a pak jsou zpravidla hodnocené jako samostatné druhy, zatímco u jiných polyploidních komplexů je morfologické odlišení velmi složité. Ačkoliv u okruhu *Ornithogalum umbellatum* jsou ploidní stupně většinou chápány jako samostatné druhy (Hrouda 1980, Hrouda 2002, Hrouda 2011), jejich jednoznačné odlišení pouze podle morfologických znaků bývá mnohdy obtížné a řada floristů se často této determinaci vyhýbá.

3.3 Polyploidní komplexy u rodu *Ornithogalum*

U rodu *Ornithogalum* je polyploidie poměrně častým jevem. V rámci skupin morfologicky příbuzných druhů existují polyploidní řady. Často je udáváno více základních chromozomových čísel i pro jeden druh, což je pravděpodobně způsobeno aneuploidii nebo dysploidii. Například pro taxon *O. gussonei* Ten. je typické základní chromozomové číslo 7 a 8. Základní chromozomová čísla v rodu *Ornithogalum* jsou $x = 3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, (17)$ (Hrouda 1980).

Do okruhu snědku rozkladitého *Ornithogalum umbellatum* agg. jsou řazeny taxony *Ornithogalum kochii*, *O. angustifolium*, *O. „serotinum“* a *O. umbellatum*. Taxony

tohoto okruhu mají základní chromozomové číslo $x = 9$ (Hrouda 1980, Hermann 2002, Štolfová 2015). Pro celou skupinu je různými autory uváděná celá řada chromozomových počtů od $2n = 18$ až po $2n = 108$ (Gadella 1970, Hrouda 1980, Raamsdonk 1986, Dostál 1989, Guervin 1994, Hermann 2002, Hrouda 2011). Přestože byla v poslední době publikovaná řada cytologických studií zabývajících se podrobněji chromozomovými počty i studiem karyotypu, nelze označit jejich závěry za jednoznačné.

Hlavním problémem komplexu *Ornithogalum umbellatum* je nejen to, že skupina není pouze jednoduchou polyploidní řadou, ale vyskytuje se zde i mnoho dalších cytologických problémů, jako jsou aneuploidie, dysploidie, polysomie, častý výskyt B-chromozomů, teritoriální difference v karyotypu se stejným počtem chromozomů a také fakt, že vztah mezi cytologickými a morfologickými znaky je většinou nedostatečně vyjasněný (Hrouda 1980).

Z okruhu *Ornithogallum umbellatum* se ve střední Evropě vyskytuje taxon *Ornithogalum kochii* PARL., který je diploidní s chromozomovým počtem $2n = 18$. Velmi vzácně byly u diploidních populací pozorovány i aneuploidní počty $2n = 17, 19, 21$, což znamená, že v karyotypu je přítomen navíc jeden či více nepárových chromozomů. Taktéž může dojít k případu, že jeden nebo více chromozomů chybí. Tento aneuploidní stav pravděpodobně nikterak neovlivňuje fenotyp rostliny (Hrouda 1980). Druh je charakteristický tím, že mateřská cibule by měla být vejčitého nebo podlouhle vejčitého tvaru. Dceřiné cibulky by měly chybět. Listy by se měly vyskytovat v počtu 4–8, měly by být čárkovité, poměrně široké, dosahující vrcholu květenství nebo být kratší. Květenství by mělo být chocholík složený z 5–15 květů. Listeny by měly být kratší než 1/2 délky květní stopky (Hrouda 2011).

Další zástupce je *Ornithogalum angustifolium* BOREAU, který je triploidní s chromozomovým počtem $2n = 27$ a pravděpodobně se vyskytuje v západní části střední Evropy. Mateřská cibule u tohoto taxonu by měla být vejcovitě kulovitěho tvaru, obvykle delší než široká. Dceřiné cibulky by se měly vyskytovat v počtu 5–15, měly by být válcovité a vždy by měly tvořit listy. Listy mateřské cibule by měly být dlouhé, přesahující vrchol květenství. Listy dceřiných cibulek by měly být úzké a kratší. Květenství by mělo být chocholík složený z 6–12 květů. Listeny by měly být kratší než 1/2 délky květní stopky (Hrouda 2011).

Třetím zástupcem je tetraploidní typ nazývaný pracovním *O. „serotinum“* s chromozomovým počtem $2n = 36$. Měl by být charakteristický tím, že oproti

triploidnímu a pentaploidnímu taxonu je tento druh menšího vzrůstu. Mateřská cibule by se měla vyskytovat bez dceřiných cibulek nebo jen s 1–3 podlouhle vejčitými cibulkami, vytvářejícími někdy tenké listy. Květenství by mělo být chocholík s 8–20 květy (Hrouda 1980).

Posledním zástupcem pojednávaného okruhu je taxon *O. umbellatum* L. je udáván jako pentaploid a hexaploid s chromozomovými počty $2n = 45, 54$ (Hrouda 2011, Štolfová 2015) a má se vyskytovat zejména ve východní polovině střední Evropy. V České republice je považován za vyhynulý (Grulich 2012). Druh je charakteristický výskytem malých kulovitých dceřiných cibulek na bázi mateřské cibule, které netvoří listy, samotná mateřská cibule by měla být kulovitého tvaru, spíše širší než dlouhá. Listy by se měly vyskytovat v počtu 5–8, měly by být čárkovité a přesahující vrchol květenství. Květenství by mělo být chocholík, složený z 6–20 květů. Listeny by měly být dlouhé, dosahují 2/3 délky květních stopek (Hrouda 2011).

4. MATERIÁL A METODIKA

4.1 Sběr rostlinného materiálu

Sběr rostlinného materiálu pro morfometrickou a cytologickou analýzu probíhal v letech 2013–2017 na území České republiky, Maďarska, Slovenska, Německa, Rakouska a Itálie. Celkem bylo analyzováno 317 jedinců (cytologicky analyzováno 317 jedinců a morfometricky 156 jedinců). Rostliny pro morfometrickou analýzu byly sbírány v době kvetení, tj. zhruba od dubna do konce května. V terénu bylo 156 jedinců změřeno morfometricky. Každý jedinec byl odebrán do samotného označeného mikrotenového sáčku, aby nedošlo ke smíchání rostlin a poté kultivován ve skleníku katedry botaniky PřF UP v Olomouci. Každý jedinec byl samostatně zasazen, pečlivě označen a zapsán do databáze. V databázi byl pak označen podle názvu lokality třípísmennou zkratkou následovanou pořadovým číslem jedince (tab. č. 1). Až poté byly z cibule odebrány do zkumavky s destilovanou vodou kořínky pro cytologickou analýzu.

Tabulka 1: Počty studovaných jedinců pro morfometrickou a cytologickou analýzu (stanovení DNA ploidní úrovně, velikost genomu a stanovení počtu chromozomů) podle lokalit a taxonů (K – *O. kochii* (2x), A – *O. angustifolium* (3x), S – *O. „serotinum“* (4x), U – *O. umbellatum* (5x), C – celkem počty změřených jedinců, jednotlivé země jsou uvedeny zkratkami před názvem lokality.

Lokalita	Morfometrická analýza					Stanovení DNA ploidní úrovně					Velikost genomu					Stanovení počtu chromozomů				
	K	A	S	U	C	K	A	S	U	C	K	A	S	U	C	K	A	S	U	C
HU, Arpás (ARP)	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HU, Győr – Segitőház (GSE)	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HU, Egyed (EGY)	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HU, Hövej (HOV)	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HU, Fót (FOT)	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HU, Budapešť (BUD)	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HU, Balatonfüred (BAL)	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HU, Zalaegerszeg (ZAL)	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HU, Répcelak (REP)	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HU, Csapod (CSA)	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HU, Fertőd (FER)	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IT, S. Polo Di Chianti (ILC)	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SK, Kozárovce (KOZ)	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HU, Marcali (MAR)	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HU, Balatonszentgyörgy (BSG)	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HU, Nick (NIC)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HU, Csíkvánd (CSI)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabulka 1: Pokračování. Počty studovaných jedinců pro morfometrickou a cytologickou analýzu (stanovení DNA ploidní úrovně, velikost genomu a stanovení počtu chromozomů) podle lokalit a taxonů (K – *O. kochii* (2x), A – *O. angustifolium* (3x), S – *O. „serotinum“* (4x), U – *O. umbellatum* (5x), C – celkem počty změřených jedinců, jednotlivé země jsou uvedeny zkratkami před názvem lokality).

Lokalita	Morfometrická analýza					Stanovení DNA ploidní úrovně					Velikost genomu					Stanovení počtu chromozomů				
	K	A	S	U	C	K	A	S	U	C	K	A	S	U	C	K	A	S	U	C
HU, Győr (GYO)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HU, Kemenesszentpéter (KEM)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SK, Nitra (ZOB)	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
HU, Kóspallag (KOS)	0	0	3	0	3	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HU, Letkés (LET)	0	0	1	3	4	0	0	1	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CZ, Černilov (KAL)	0	6	0	0	6	0	6	0	0	6	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
HU, Pilisszentiván (PIL)	0	0	0	5	5	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HU, Fenyőfő (FEN)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HU, Varkeszo (VAR)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CZ, Šlapanice (SLA)	10	0	0	0	10	15	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SK, Vinosady (VIN)	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
HU, Adorjánháza (ADO)	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HU, Pápa (PAP)	0	0	0	0	0	6	0	0	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CZ, B. p. Sv. Antonínkem (BLA)	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CZ, Drnholec (DRN)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CZ, Tvarožná (TVA)	20	0	0	0	20	20	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CZ, Komořany (KOM)	20	0	0	0	20	22	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabulka 1: Pokračování. Počty studovaných jedinců pro morfometrickou a cytologickou analýzu (stanovení DNA ploidní úrovně, velikost genomu a stanovení počtu chromozomů) podle lokalit a taxonů (K – *O. kochii* (2x), A – *O. angustifolium* (3x), S – *O. „serotinum“* (4x), U – *O. umbellatum* (5x), C – celkem počty změřených jedinců, jednotlivé země jsou uvedeny zkratkami před názvem lokality).

Lokalita	Morfometrická analýza					Stanovení DNA ploidní úrovně					Velikost genomu					Stanovení počtu chromozomů				
	K	A	S	U	C	K	A	S	U	C	K	A	S	U	C	K	A	S	U	C
SK, Chřaba (ŠTR1,2)	0	0	0	0	0	0	0	12	5	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SK, Belá (ŠTR3)	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SK, Bajtava (ŠTR4)	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SK, Kamenín (ŠTR5)	0	0	0	0	0	10	0	0	5	15	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
HU, Piliscsaba (NAD)	0	0	8	0	8	0	0	8	0	8	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0
SK, Chřaba (CHL)	0	0	7	0	7	0	0	7	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CZ, Moravský Písek (PIS)	5	0	0	0	5	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CZ, Olomouc – Neředín (NER)	10	0	0	0	10	10	0	0	0	10	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
A, Innsbruck (INN)	0	0	0	9	9	0	0	0	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CZ, Náměšť na Hané (TER)	5	0	0	0	5	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CZ, Olomouc (VEL)	0	0	0	6	6	0	0	0	6	6	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0
CZ, Olomouc (FLO)	10	0	0	0	10	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CZ, Srbsko (KAR)	10	0	0	0	10	10	0	0	0	10	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
CZ, Hradec Králové (PLA)	0	8	0	0	8	0	8	0	0	8	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
CZ, Svitavy (SVI)	0	0	0	10	10	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabulka 1: Pokračování. Počty studovaných jedinců pro morfometrickou a cytologickou analýzu (stanovení DNA ploidní úrovně, velikost genomu a stanovení počtu chromozomů) podle lokalit a taxonů (K – *O. kochii* (2x), A – *O. angustifolium* (3x), S – *O. „serotinum“* (4x), U – *O. umbellatum* (5x), C – celkem počty změřených jedinců, jednotlivé země jsou uvedeny zkratkami před názvem lokality).

Lokalita	Morfometrická analýza					Stanovení DNA ploidní úrovně					Velikost genomu					Stanovení počtu chromozomů				
	K	A	S	U	C	K	A	S	U	C	K	A	S	U	C	K	A	S	U	C
CZ, Opolany (OSK)	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D, Johannashall (JOH)	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D, Brachwitz (BRA)	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CZ, Předboj (PRE)	0	0	0	0	0	7	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELKEM	90	14	19	33	156	168	16	35	98	317	3	2	2	2	9	2	0	0	0	2

4.2 Stanovení DNA ploidní úrovně a velikosti genomu

Pro stanovení DNA ploidní úrovně byl odebrán vzorek zdravého kořene od každé analyzované rostliny. Odebrané analyzované vzorky byly uloženy po jednom do plastové kyvety s destilovanou vodou a ihned změřeny na průtokovém cytometru.

Měření bylo provedeno pomocí průtokového cytometru metodou vnitřního standardu se známým obsahem DNA (Doležel et al. 2007). Jako standardy se známým obsahem DNA byly použity listy žita (*Secale cereale* L. 'Daňkovské' 2C = 16,19 pg; Doležel et al. 2007) a listy bobu (*Vicia faba* L. 'Inovec' 2C = 26,9 pg; Doležel et al. 2007). Odebraný vzorek kořene byl nejprve očištěn a zbaven kořenové špičky. Očištěná část kořene, asi 1 cm dlouhá, byla společně s přibližně stejným množstvím standardu nasekána a homogenizována ostrou žiletkou v Petriho misce v 1000 µl pufru LB01 o pH = 7,8 pro analýzu ploidie: v případě analýzy velikosti genomu bylo napipetováno pouze 300 µl pufru. Složení pufru bylo následující: 15mM Tris, 2mM Na₂EDTA, 0,5mM spermin tetrahydrochlorid, 80mM KCl, 20mM NaCl, 0,1 % (v/v) Triton X-100, 15mM β-merkaptioetanol (Doležel et al. 2007) s přidavkem 10 g PVP (polyvinylpyrrolidon). Vzniklý homogenát byl přefiltrován přes nylonový filtr do kyvety. Pro stanovení DNA ploidní úrovně bylo do homogenátu napipetováno 50 µl DAPI (4,6-diamidin-2-fenylindol). Vzorek byl analyzován na průtokovém cytometru ML CyFlow (Partec GmbH, Münster) se zeleným laserem Cobolt Samba (532 nm, 100 mW; Cobolt AB, Stockholm). U každého vzorku bylo změřeno 3000 jader, v případě nízké koncentrace jader v připraveném vzorku bylo zaznamenáváno jen 2000 jader.

Pro stanovení velikosti genomu bylo do homogenátu napipetováno 30 µl fluorochromu propidium jodid (PI), který se váže interkalárně na řetězec DNA (Doležel et al. 2007). Vzorek byl analyzován v průtokovém cytometru BD Accuri C6 (BD Biosciences, San Jose), s laserem BD AccuriTM C6 Blue Laser (20mW) emitujícím světlo vlnové délky 488 nm. U každého vzorku bylo změřeno 5000 jader. Každý vzorek byl připraven a analyzován alespoň třikrát. Výsledná velikost genomu byla vypočítána jako průměr těchto měření.

4.3 Stanovení počtu chromozomů

Počet chromozomů byl stanoven u vybraných rostlin v kultivaci a sloužil především ke kalibraci výsledků z průtokového cytometru. Stanovení probíhalo přípravou roztlakových preparátů kořenových špiček. Prvním krokem stanovení počtu

chromozomů bylo předpůsobení na vzorek. Předpůsobení snižuje viskozitu cytoplazmy a tím narušuje strukturu dělicího vřeténka, mitotický cyklus je tak blokován ve stádiu metafáze, která je pro pozorování chromozomů nejvhodnější. Předpůsobení také způsobuje zkrácení chromozomů a tím dochází k zřetelnějšímu rozlišení jejich ramének (Krahulcová 1998). K předpůsobení byl použit 8-hydroxychinolin. Předpůsobení chemikáliemi se provádělo ve tmě při laboratorní teplotě po dobu 7 hodin.

Dalším krokem byla fixace, která má provést rychlé a šetrné usmrcení tkání tak, aby zůstala zachovaná neporušená struktura chromozomů (Krahulcová 1998). Jako fixační médium byla použita čerstvá směs 96 % ethanolu a koncentrované kyseliny octové v poměru 3:1. Vzorky ve fixáži byly uchovány při 4°C po dobu 12 hodin.

Macerace byla další krok. Jejím účelem je rozrušení střední lamely, která spojuje buňky v pletivu navzájem (Krahulcová 1998). Jako macerační činidlo byla použita směs 35 % kyseliny chlorovodíkové a 96 % ethanolu v poměru 1:1. Působení probíhalo po dobu 2 minut při pokojové teplotě.

Kořínky byly poté opláchnuty destilovanou vodou a položeny na čisté podložní sklo. Z kořínku byla odříznuta žiletkou kořenová špička s meristematickým pletivem. Posledním krokem bylo obarvení a roztlak objektu. Ke kořenové špičce byla přidána kapka barviva Fe-acetokarmínu a ponechána působit 2 minuty. Nakonec bylo opatrně přiloženo krycí sklíčko a kořenová špička byla mírným tlakem roztlačena.

Vzniklé roztlakové preparáty byly pozorovány pod mikroskopem (zvětšení 400x).

4.4 Morfometrická analýza a statistické zpracování

Analýza morfologických znaků byla provedena na vzorcích 19 populací, celkem bylo změřeno 156 jedinců. Na každé rostlině bylo měřeno 23 znaků. Měření těchto znaků uvedených v tabulce č. 2 bylo prováděno na živých rostlinách již v terénu pomocí papírového metru a posuvného digitálního měřítka. Získané údaje byly zapisovány do připravených tabulek. Měření generativních znaků bylo prováděno na každém jedinci na čtyřech květech (od dolních květů po nejhornější) a poté všechny hodnoty byly zprůměrovány. Pro všechny znaky u každého jedince byly v programu MS Excel vypočítány aritmetický průměr, směrodatná odchylka, hodnoty maxima a minima. Rozpětí variability kvantitativních znaků bylo znázorněno graficky pomocí box plotů a rozdíly mezi studovanými ploidními stupni byly testovány pomocí neparametrické jednocestné analýzy variance ANOVA (Kruskal-Wallisův test) v programu NCSS 2007 (Hintze 2008). Variabilita celého testovaného souboru byla analyzována v programu CANOCO for Windows verze 5 (ter Braak & Šmilauer 2002) metodou standardizované a centrované PCA (analýza hlavních komponent). Před provedením samotné analýzy byla v programu NCSS 2007 vypočítána korelační matice pro všechny znaky za pomoci Pearsonova koeficientu, která sloužila ke zjištění, zda spolu nejsou jednotlivé znaky příliš (> 95 %) korelované a lze je v mnohorozměrných analýzách použít. Poslední byla provedena kanonická diskriminační analýza (CDA) v programu NCSS 2007, která slouží k ověření použité klasifikace (Hintze 2008).

Tabulka 2: Seznam znaků měřených na rostlině a použité jednotky (Znaky měřené na generativních orgánech byly měřeny vždy na čtyřech květech. Měřeno bylo od dolních květů, postupně k horním květům. Na každém květu bylo měřeno: délka květní stopky, délka listeny, délka a šířka vnějšího okvěti, délka a šířka vnitřního okvěti, šířka lemu, délka nitky tyčinky, šířka nitky tyčinky na vrcholu a bázi, výška semeníku).

Znak	Jednotka/Označení
Délka mateřské cibule	mm
Šířka mateřské cibule	mm
Přítomnost dceřiných cibulek	0/1
0 – ne, 1 – ano	
Listy dceřiných cibulek	0/1
0 – ne, 1 – ano	

Tabulka 2: Pokračování seznamu znaků měřených na rostlině a použité jednotky (Znaky měřené na generativních orgánech byly měřeny vždy na čtyřech květech. Měřeno bylo od nejhornějšího květu, postupně k dolním květům. Na každém květu bylo měřeno: délka květní stopky, délka listenu, délka a šířka vnějšího okvěti, délka a šířka vnitřního okvěti, šířka lemu, délka nitky tyčinky, šířka nitky tyčinky na vrcholu a bázi, výška semeníku).

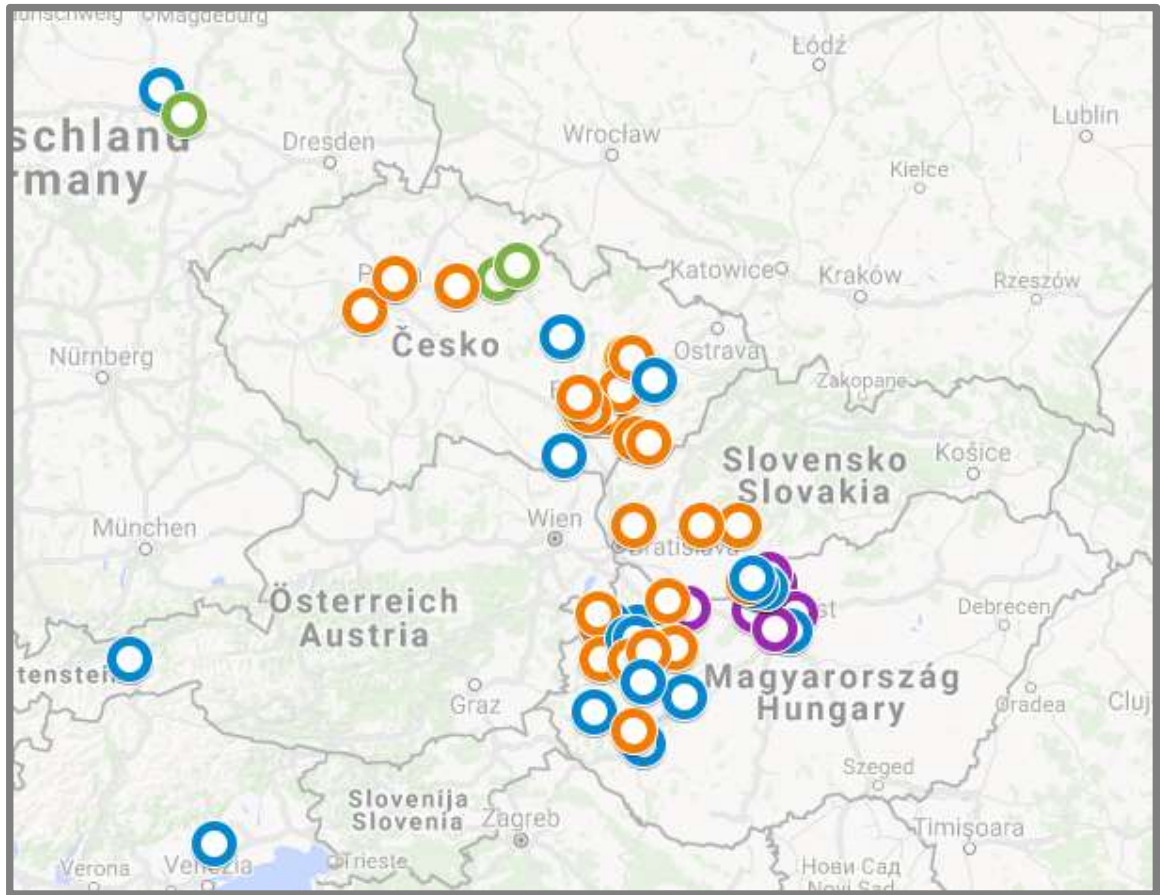
Znak	Jednotka/Označení
Délka dceřiných cibulek	mm
Šířka dceřiných cibulek	mm
Počet listů mateřské cibule	-
Délka listu mateřské cibule	mm
Šířka listu mateřské cibule	cm
List přesahující vrchol květenství	0/1
0 – ne, 1 – ano	
Délka stvolu s květenstvím	cm
Počet květů	-
Délka květní stopky	mm
Délka listenu	mm
Délka vnějšího okvěti	mm
Šířka vnějšího okvěti	mm
Délka vnitřního okvěti	mm
Šířka vnitřního okvěti	mm
Šířka lemu	mm
Délka nitky tyčinky	mm
Šířka nitky tyčinky na bázi	mm
Šířka nitky tyčinky na vrcholu	mm
Výška semeníku	mm

5. VÝSLEDKY

5.1 Stanovení DNA ploidní úrovně

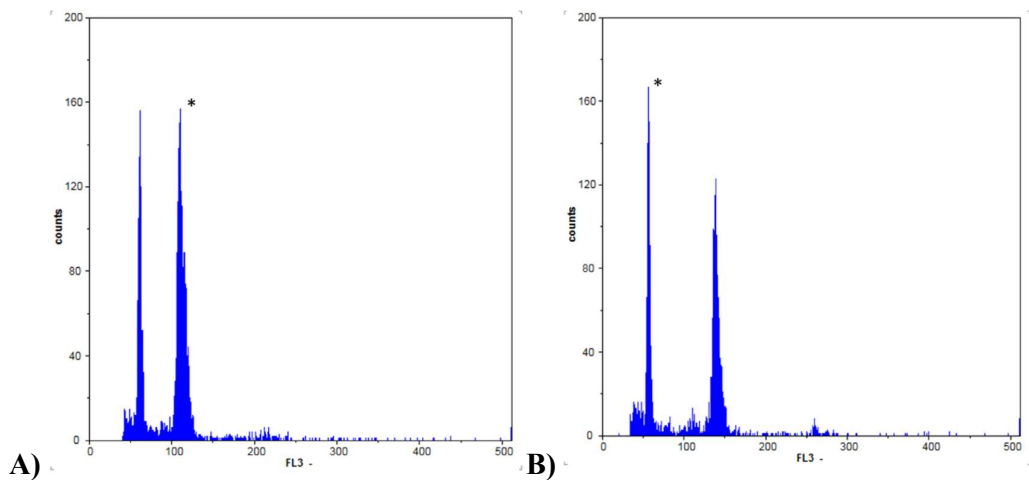
Metodou průtokové cytometrie byly analyzovány vzorky z 55 populací *Ornithogalum umbellatum* agg, celkem 317 jedinců z území střední Evropy. Z území Maďarska bylo změřeno 24 populací, z území Slovenska 9 populací, z České republiky 16 populací, 2 populace pak z Německa, po 1 populaci z Rakouska a Itálie (obr. č. 3). Konkrétní lokality s počty analyzovaných jedinců jsou uvedeny v příloze č. 1. a na obrázku č. 4 můžete vidět výstupy měření z průtokového cytometru.

Celkem byly nalezeny čtyři ploidní úrovně, a to diploidní (2x), triploidní (3x), tetraploidní (4x) a pentaploidní (5x). Z celkového počtu 317 rostlin tedy bylo na základě ploidie 168 rostlin přiřazeno k druhu *O. kochii*, 16 rostlin k *O. angustifolium*, 35 k *O. „serotinum“* a 98 rostlin k *O. umbellatum*. Diploidní populace patřící k druhu *O. kochii* ($2n = 2x = 18$) byly nalezeny na území České republiky, jihozápadní části Slovenska a západní části Maďarska (obr. č. 3). Triploidní populace patřící k druhu *O. angustifolium* ($2n = 3x = 27$) byly nalezeny v severní části České republiky a ve východní části Německa (obr. č. 3). Tetraploidní populace taxonu *O. „serotinum“* ($2n = 4x = 36$) byly nalezeny na území Maďarska, především v severním okolí města Budapešť a v okolí Štúrova na Slovensku (obr. č. 3). Pentaploidní populace druhu *O. umbellatum* ($2n = 5x = 45$) byly nalezeny na jihovýchodě České republiky, v Rakousku, Německu, Itálii a na severovýchodě Maďarska a na území Slovenska (obr. č. 3). Především v Maďarsku se pak vyskytovaly také cytotypově smíšené populace.



Obrázek 3: Vyznačení výskytu populací, u jejichž vzorků byla stanovena ploidie (zdroj: Google maps)

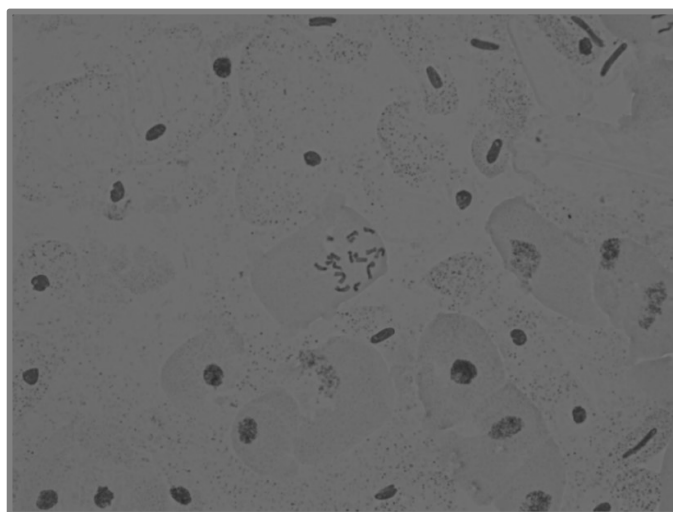
● *O. kochii* (2x), ● *O. angustifolium* (3x), ● *O. serotinum* (4x), ● *O. umbellatum* (5x)



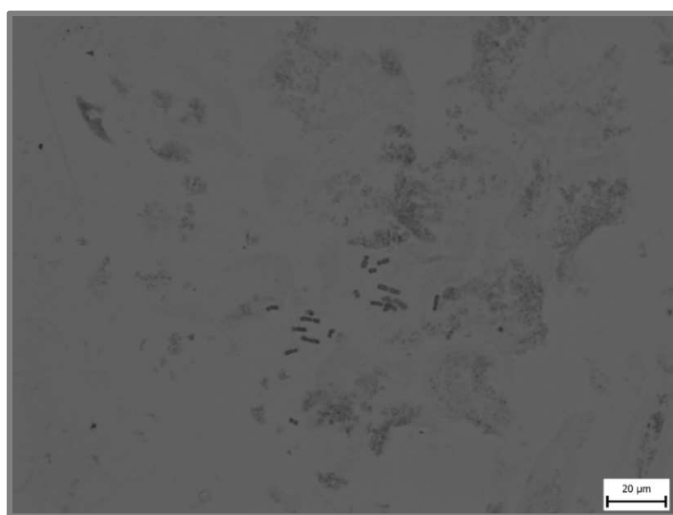
Obrázek 4: Příklady výstupů z měření na průtokovém cytometru, hvězdičkou je označen standard. **A)** taxon *O. kochii* – Lokalita FLO, standard *Vicia*, **B)** taxon *O. „serotinum“* – Lokalita NAD, standard *Secale*

5.2 Stanovení počtu chromozomů

Stanovení počtu chromozomů bylo provedeno u dvou diploidních jedinců ze Slovenska (z okolí města Nitra označeno jako ZOB2, obr. č. 5; a z okolí obce Vinosady, označení VIN1, obr. č. 6). U jedince ZOB2 byl nalezen počet chromozomů $2n = 18$, zatímco u jedince VIN1 byly spočteny chromozomy s aneuploidním počtem $2n = 19$, kdy v karyotypu byl přítomen navíc jeden nepárový chromozom (obr. č. 5 a 6). Data z průtokového cytometru byla kalibrována pomocí diploidních rostlin VIN1 a ZOB2. Příslušnost rostlin k dalším ploidním úrovním pak byla odvozena od těchto počtů a údajů v literatuře (Hrouda 1980, Hrouda 2011).



Obrázek 5: Výsledek karyologické analýzy; znázornění diploidního jedince ($2n = 18$) z lokality ZOB2



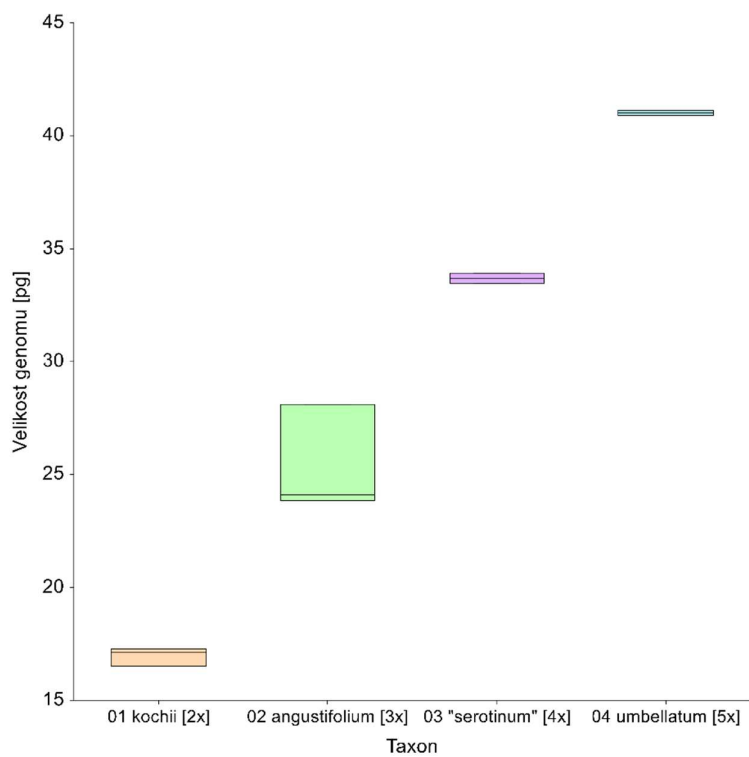
Obrázek 6: Výsledek karyologické analýzy, znázornění diploidního jedince s aneuploidním počtem chromozomů ($2n = 19$), lokalita VIN1

5.3 Stanovení velikosti genomu

Velikost genomu byla stanovena u diploidních, triploidních, tetraploidních i pentaploidních rostlin (tab. č. 3). Velikost genomu diploidů byla stanovena u dvou rostlin označených jako NER8 a KAR1, pocházejících z území ČR a rostliny ŠTR40 pocházející ze Slovenska. Velikost genomu rostliny ze Slovenska se liší přibližně o 0,6 pg od velikosti genomu u rostlin pocházejících z České republiky. U triploidů byla velikost genomu stanovena u dvou rostlin z rozdílných populací v České republice – PLA7 a KAL6. U těchto dvou rostlin byla zjištěna výrazná variabilita ve velikosti genomu (přibližně 15 %). U tetraploidů byla velikost genomu stanovena u dvou rostlin (NAD14 a NAD18) pocházejících ze stejné populace na Slovensku, přičemž rozdíl byl velmi malý. Velikost genomu u pentaploidů byla stanovena u dvou rostlin pocházejících z České republiky z populace VEL. Variabilita ve velikosti genomu je opět zanedbatelná (tab. č. 3 a obr. č. 7).

Tabulka 3: Přehled vzorků *Ornithogalum umbellatum* agg. se zjištěnými hodnotami velikosti genomu

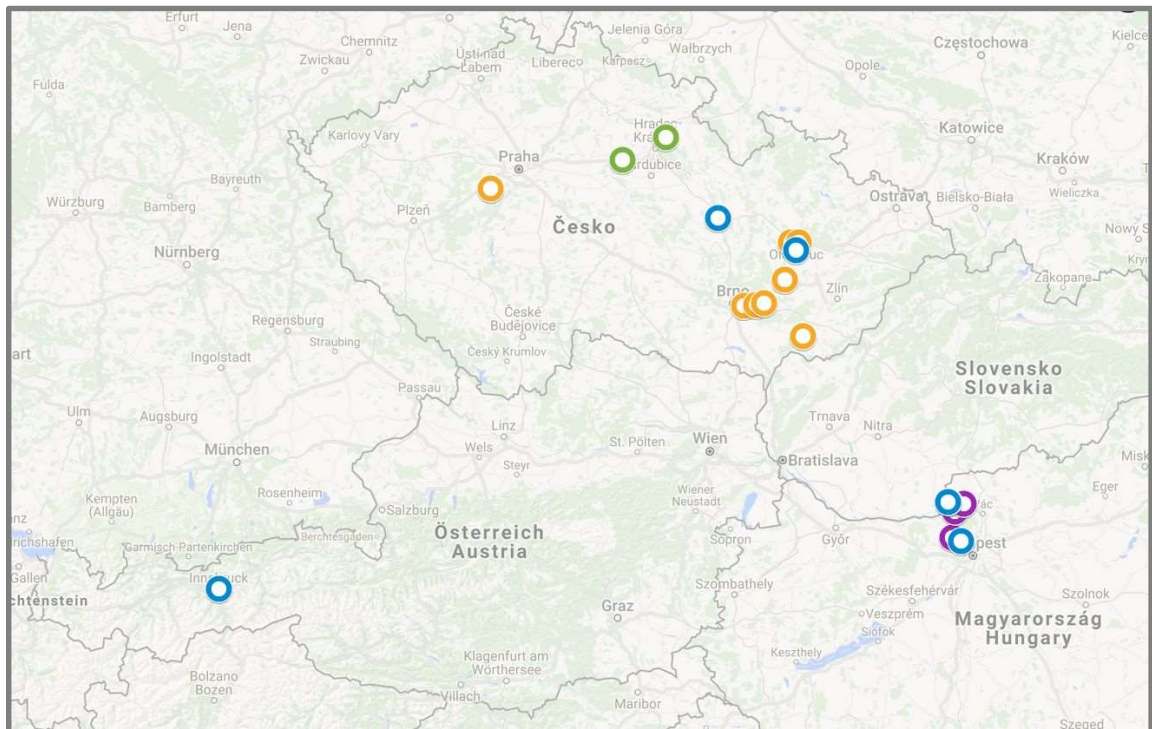
Jedinec	Taxon	2C [pg]	± SD	1Cx [pg]
NER8	<i>O. kochii</i>	17,1	0,08	8,6
KAR1	<i>O. kochii</i>	17,3	0,11	8,6
ŠTR40	<i>O. kochii</i>	16,5	0,02	8,3
PLA7	<i>O. angustifolium</i>	28,1	0,19	9,3
KAL6	<i>O. angustifolium</i>	23,8	0,02	7,9
NAD14	<i>O. „serotinum“</i>	33,9	0,12	8,5
NAD18	<i>O. „serotinum“</i>	33,5	0,08	8,4
VEL2	<i>O. umbellatum</i>	41,1	0,18	8,2
VEL3	<i>O. umbellatum</i>	40,9	0,20	8,2



Obrázek 7: Zjištěná variabilita velikosti genomu jednotlivých taxonů

5.4 Výsledky morfometrické analýzy

Morfometrická analýza byla provedena u vzorků z 19 populací (celkem 156 jedinců), z čehož 8 populací bylo *O. kochii*, 2 populace *O. angustifolium*, 4 populace *O. „serotinum“* a 5 populací *O. umbellatum*. U 8 populací *O. kochii* (diploidní taxon) bylo celkem změřeno 90 jedinců, u 2 populací *O. angustifolium* (triploidní taxon) bylo změřeno 14 jedinců, u 4 populací *O. serotinum* (tetraploidní taxon) bylo změřeno 19 jedinců a u 5 populací *O. umbellatum* (pentaploidní taxon) bylo změřeno 33 jedinců (obr. č. 8). Celkem bylo sledováno 23 znaků na každé rostlině (viz. tab. č. 2). V tabulce č. 4 až 6 je uvedený přehled variability kvalitativních i kvantitativních znaků. U kvalitativních znaků bylo stanoveno procentuální zastoupení u jednotlivých taxonů. U kvantitativních znaků je pro každý taxon uvedena hodnota průměru (μ), směrodatná odchylka (SD), minimální (min) a maximální (max) hodnota daného změřeného znaku.



Obrázek 8: Vyznačení výskytu morfometricky analyzovaných populací (zdroj: Google maps)

● *O. kochii* (2x), ● *O. angustifolium* (3x), ● *O. serotinum* (4x), ● *O. umbellatum* (5x)

Tabulka 4: Zastoupení zjištěných hodnot kvalitativních znaků u jednotlivých taxonů (0 – počet jedinců bez vyjádření daného znaku, 1 – počet jedinců s vyjádřením daného znaku, C – celkový počet jedinců, % – procento počtu jedinců)

ZNAK	<i>O. kochii</i>				<i>O. angustifolium</i>				<i>O. „serotinum“</i>				<i>O. umbellatum</i>			
	0	1	C	%	0	1	C	%	0	1	C	%	0	1	C	%
Přítomnost mateřských cibulek	75	15	90	17	2	12	14	86	12	7	19	37	7	26	33	79
Přítomnost listů dceřiných cibulek	79	11	90	12	4	10	14	71	16	3	19	16	9	24	33	73
List přesahující vrchol květenství	36	64	90	71	6	8	14	57	1	18	19	95	19	14	33	42

Tabulka 5: Hodnoty naměřených kvantitativních znaků vegetativních orgánů (μ – průměr, SD – směrodatná odchylka, min – minimální a max – maximální hodnota)

ZNAK	<i>O. kochii</i>				<i>O. angustifolium</i>				<i>O. serotinum</i>				<i>O. umbellatum</i>			
	μ	SD	min	max	μ	SD	min	Max	μ	SD	min	max	μ	SD	min	max
Délka mateřské cibule	23,71	6,49	12,65	40,48	31,94	3,47	25,65	36,76	24,75	4,23	18,34	35,84	24,87	3,19	19,73	30,88
Šířka mateřské cibule	14,53	3,25	8,55	25,00	15,95	1,15	13,48	17,69	16,48	3,81	10,39	24,75	21,52	4,86	11,44	38,69
Délka dceřiné cibulky	11,34	7,71	1,76	28,66	17,41	7,62	2,89	26,68	12,49	6,24	4,49	21,65	10,46	5,33	1,89	25,88
Šířka dceřiné cibulky	6,70	2,18	3,41	12,29	7,64	3,22	4,80	12,68	7,78	4,31	3,80	16,34	6,93	3,01	3,37	16,75
Počet listů mateřské cibule	4,47	7,29	1,00	15,00	5,07	1,32	3,00	8,00	4,21	2,55	1,00	11,00	6,67	2,85	3,00	15,00
Délka listu mateřské cibule	21,97	6,03	10,00	40,00	34,21	4,13	29,00	45,20	26,37	7,43	16,2	43,00	26,82	5,53	15,00	38,00
Šířka listu mateřské cibule	2,73	0,82	1,16	5,390	4,31	0,82	2,81	5,85	3,06	0,98	1,74	6,26	4,54	1,59	1,34	7,90
Délka stvolu s květenstvím	19,12	5,37	6,50	35,00	28,63	4,82	20,06	41,60	17,89	6,16	9,00	33,30	25,27	5,53	14,20	34,00

Tabulka 6: Hodnoty naměřených kvantitativních znaků generativních orgánů (μ – průměr, SD – směrodatná odchylka, min – minimální a max – maximální hodnota)

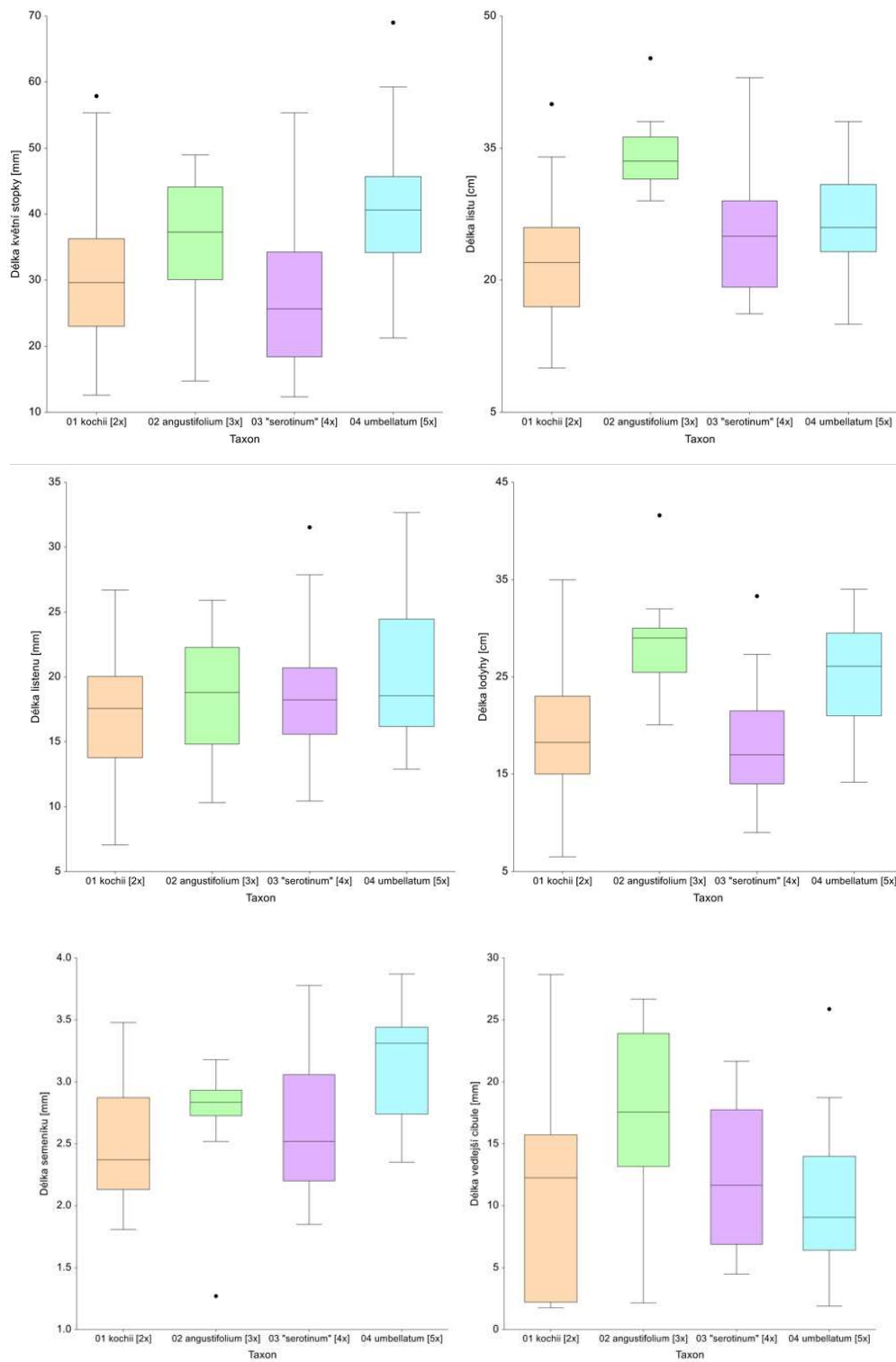
ZNAK	<i>O. kochii</i>				<i>O. angustifolium</i>				<i>O. „serotinum“</i>				<i>O. umbellatum</i>			
	μ	SD	Min	max	μ	SD	min	Max	μ	SD	Min	Max	μ	SD	min	max
Počet květů	10,19	3,83	4,00	25,00	5,29	1,38	2,00	7,00	10,00	3,84	4,00	17,00	8,27	4,01	3,00	18,00
Délka květní stopky	29,69	10,10	12,59	57,88	36,30	9,91	14,73	48,99	27,60	11,6	12,53	55,34	40,66	10,0	21,26	69,00
Délka listenu	16,70	4,88	7,05	26,70	18,66	4,94	10,29	25,90	18,95	4,72	10,44	31,53	20,18	5,27	12,91	32,70
Délka vnějšího okvěti	15,04	2,00	11,14	19,62	16,72	21,7	8,39	19,32	15,13	2,77	9,92	20,41	18,63	2,87	13,79	24,14
Šířka vnějšího okvěti	4,23	0,81	2,55	5,99	5,29	0,80	2,93	6,16	4,13	0,69	2,90	5,54	5,29	0,90	3,10	7,40
Délka vnitřního okvěti	13,84	1,84	9,79	18,90	15,47	2,79	7,26	18,55	13,10	2,49	8,33	17,66	16,95	2,78	12,12	21,59
Šířka vnitřního okvěti	3,61	0,72	2,22	6,13	4,80	0,73	2,62	5,70	3,57	0,68	2,41	5,04	4,88	2,00	2,81	14,90
Šířka lemu	1,01	0,19	0,67	1,65	1,32	0,28	0,86	1,87	1,22	0,43	0,76	2,87	1,09	0,38	0,59	1,83
Délka nitky tyčinky	8,37	0,94	6,42	10,62	8,72	1,68	4,99	10,87	7,98	1,25	5,68	10,21	10,93	1,97	6,57	13,47
Šířka nitky tyčinky na bázi	1,60	0,27	1,05	2,27	1,951	0,37	1,09	2,34	1,39	0,22	1,08	1,85	1,78	0,36	1,08	2,44
Šířka nitky tyčinky na vrcholu	1,04	0,27	0,55	1,77	1,04	0,27	0,55	1,77	0,62	0,17	0,42	1,17	0,74	0,19	0,38	1,22
Výška semeníku	2,49	0,42	1,81	3,48	2,74	0,45	1,27	3,18	2,65	0,57	1,85	3,78	3,14	0,41	2,35	3,87

5.4.1 Jednocestná analýza variance (ANOVA)

Rozdíly v průměrné hodnotě znaků mezi jednotlivými ploidiemi byly testovány za pomoci Kruskal-Wallisova testu. Pro analýzu bylo použito 19 populací, s celkem 156 jedinců (90 diploidních, 14 triploidních, 19 tetraploidních a 33 pentaploidních jedinců). V analýze jednocestné variance byly použity všechny kvantitativní měřené znaky – viz tabulka č. 2. Neparametrická ANOVA prokázala signifikantní rozdíl mezi ploidiemi u všech 18 znaků z 20, kromě šířky dceřiné cibulky a délky listenu (tab. č. 7), signifikantní rozdíl v hodnotě znaku u alespoň jednoho taxonu je zvýrazněné tučně. Rozpětí variability vybraných studovaných znaků je znázorněno pomocí krabičkových diagramů na obrázku č. 9.

Tabulka 7: Výsledky jednocestné analýzy variance pro jednotlivé kvantitativní znaky (χ^2 – hodnota testu, p – statistická významnost)

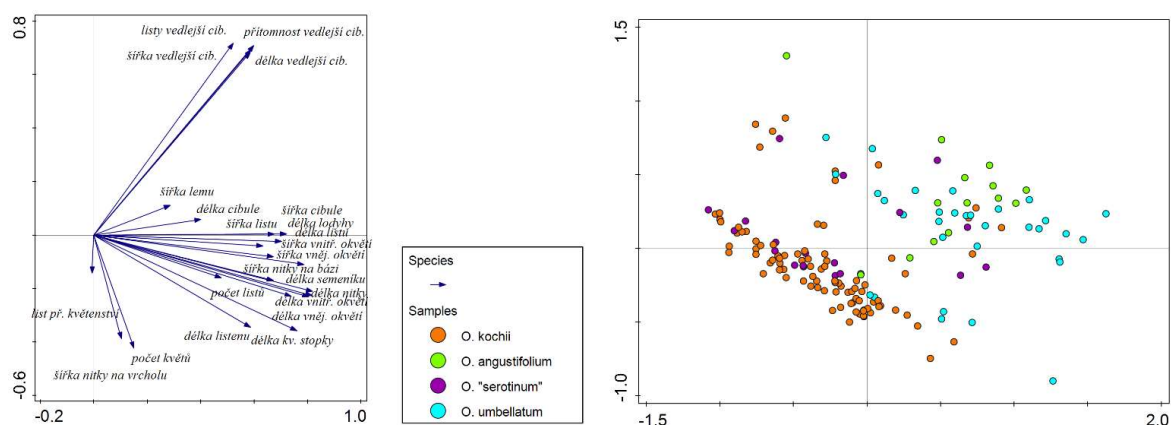
ZNAK	χ^2	p
Délka mateřské cibule	26,49	< 0,001
Šířka mateřské cibule	53,63	< 0,001
Délka dceřiné cibulky	8,083	< 0,001
Šířka dceřiné cibulky	0,991	0,803
Počet listů mateřské cibule	13,72	0,003
Délka listu mateřské cibule	42,75	< 0,001
Šířka listu mateřské cibule	51,15	< 0,001
Délka stvolu s květenstvím	45,62	< 0,001
Počet květů	25,81	< 0,001
Délka květní stopky	29,49	< 0,001
Délka listenu	7,171	0,066
Délka vnějšího okvěť	38,69	< 0,001
Šířka vnějšího okvěť	43,82	< 0,001
Délka vnitřního okvěť	37,18	< 0,001
Šířka vnitřního okvěť	44,99	< 0,001
Šířka lemu	14,15	0,003
Délka nitky tyčinky	39,45	< 0,001
Šířka nitky tyčinky na bázi	30,14	< 0,001
Šířka nitky tyčinky na vrcholu	54,25	< 0,001
Výška semeníku	38,69	< 0,001



Obrázek 9: Variabilita vybraných kvantitativních znaků jednotlivých ploidních úrovní znázorněná krabičkovými diagramy.

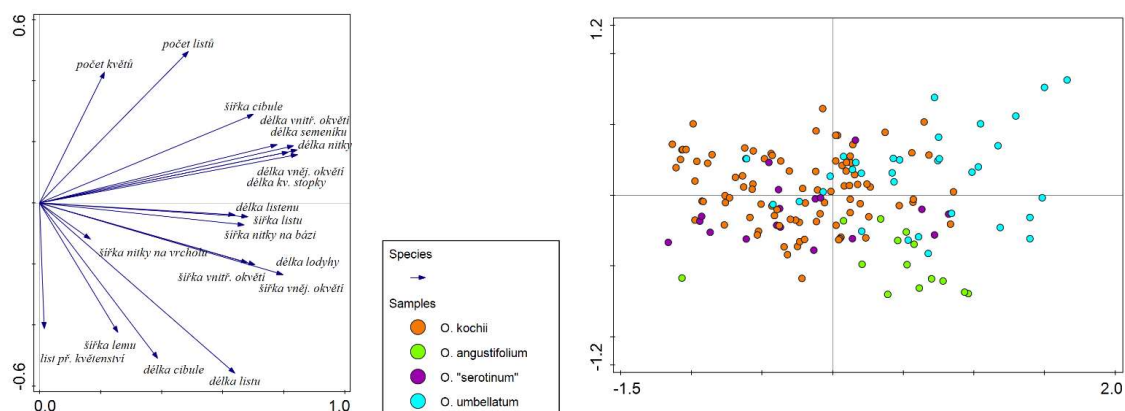
5.4.2 Analýza hlavních komponent (PCA)

K testování hlavních směrů variability ve studovaném souboru byla použita analýza hlavních komponent (PCA). Vzájemná korelace jednotlivých znaků nepřesahovala 95 % a proto byly pro analýzu použity všechny znaky (příloha č. 3). Při analýze celého datového souboru se od sebe oddělily dvě skupiny zejména na základě přítomnosti/nepřítomnosti dceřiných cibulí. První osa v této analýze vysvětlovala 37,68 % variability, druhá osa pak 12,41 % a třetí osa 7,56 % (obr. č. 10).

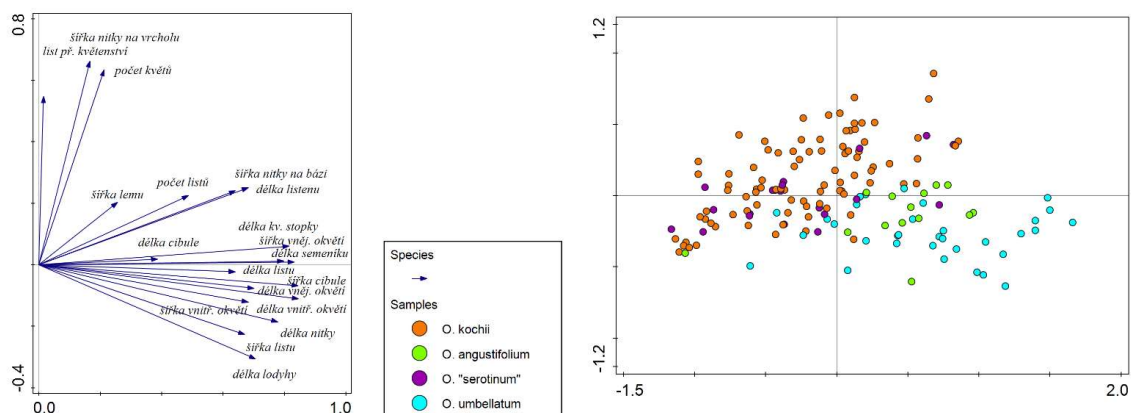


Obrázek 10: PCA ordinační diagram pro všechny znaky (vlevo) a jedince (vpravo)

Po odstranění kvalitativních znaků z analýzy se ukázala tendence k oddělení triploidních a pentaploidních rostlin od diploidů a tetraploidů podél první osy, podél druhé osy se pak od sebe oddělovaly triploidní a pentaploidní rostliny. První osa v této analýze vysvětlovala 40,75 % variability, druhá osa pak 9,18 % a třetí 7,82 % (obr. č. 11 a 12).



Obrázek 11: PCA ordinační diagram s použitím pouze kvantitativních znaků (vlevo) a všech jedinců (vpravo)



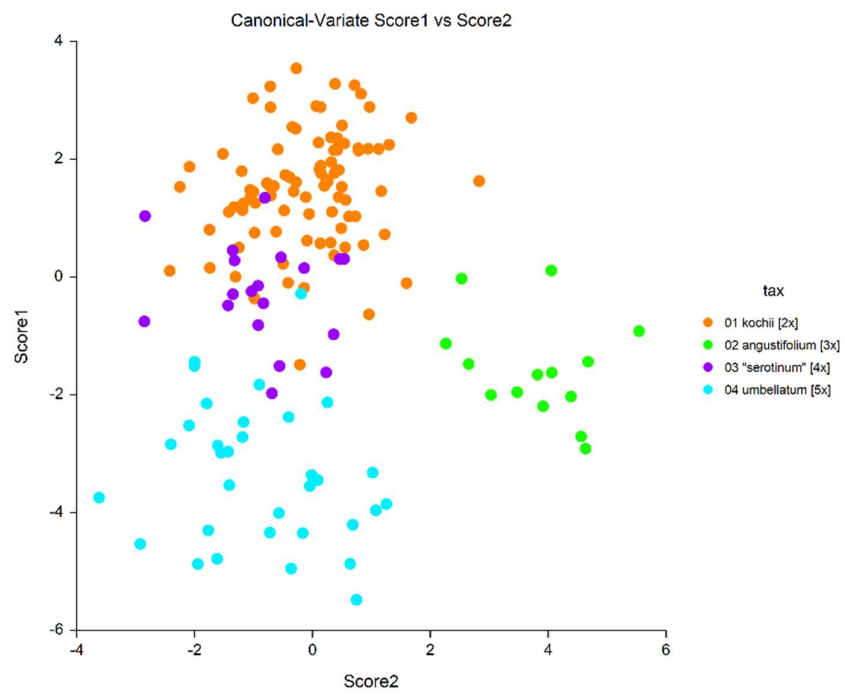
Obrázek 12: PCA ordinační diagram s použitím pouze kvantitativních znaků (vlevo) a všech jedinců (vpravo), zobrazena je 1. a 3. osa

5.4.3 Kanonická diskriminační analýza (CDA)

Kanonická diskriminační analýza ukázala signifikantní rozdíl mezi všemi čtyřmi studovanými ploidiemi. Podle první kanonické osy se oddělují dvě hlavní skupiny – diploidi a tetraploidi od triploidů a pentaploidů. Podél druhé kanonické osy se odlišují triploidi od pentaploidů. Podél třetí kanonické osy došlo k odlišení diploidních jedinců od tetraploidních. Analýza prokázala signifikantní rozdíl mezi studovanými skupinami (obr. č. 13). Největší váhu při tvorbě diskriminační funkce měly znaky tvorba dceřiných cibulek a přítomnost jejich listů, šířka nitky tyčinky na vrcholu a bázi a výšku semeníku (tab. č. 9).

Tabulka 8: Analýza kanonických proměnných v rámci hodnocení všech cytotypů. Eigenvalue – vlastní čísla matice; F – hodnota testu; Wilks'Lambda – statistická významnost diskriminační funkce.

Fm	Eigenvalue	F	P	Wilks'Lambda
1	4,052988	11,4	< 0,001	0,036810
2	1,603232	7,9	< 0,001	0,186000
3	1,065257	6,7	< 0,001	0,484201



Obrázek 13: Kanonická diskriminační analýza pro jednotlivé jedince podle ploidie

Tabulka 9: Hodnoty standardizovaných kanonických koeficientů morfologických znaků použitých v diskriminační analýze. Zvýrazněné znaky mají největší podíl na tvorbě diskriminační funkce.

Znak	Osa 1	Osa 2	Osa 3
Délka mateřské cibule	-0,027268	0,702795	2,062651
Šířka mateřské cibule	-0,123805	0,043668	0,021556
Přítomnost dceřiných cibulek	-0,030213	-0,094292	-0,030134
Listy dceřiné cibulky	-1,237201	-1,407360	-0,144318
Délka dceřiné cibulky	0,027360	-0,001538	-1,739217
Šířka dceřiné cibulky	-0,059689	-0,111195	0,110234
Počet listu mateřské cibule	0,143163	0,033536	0,026782
Délka listu mateřské cibule	-0,050248	0,056437	-0,136673
Šířka listu mateřské cibule	-0,251569	0,045638	0,094114
List přesahující vrchol květenství	0,631170	0,311242	0,148861
Délka stvolu s květenstvím	0,067098	-0,110051	-0,068396
Počet květů	0,157377	0,063943	0,078699
Délka květní stopky	-0,036532	-0,080713	-0,020360
Délka listenu	0,041775	-0,031613	0,011919
Délka vnějšího okvěti	-0,265937	-0,265937	0,267969
Šířka vnějšího okvěti	-0,238219	-0,238219	-0,004559
Délka vnitřního okvěti	0,357599	0,036361	-0,499494
Šířka vnitřního okvěti	-0,074001	0,018259	0,074314
Šířka lemu	0,604885	-0,162955	0,749864
Délka nitky tyčinky	-0,321311	-0,661995	-0,087159
Šířka nitky tyčinky na bázi	-0,219678	3,569886	-0,716730
Šířka nitky tyčinky na vrcholu	2,497056	-0,404054	-2,685272
Výška semeníku	-0,751769	-1,813705	1,585677

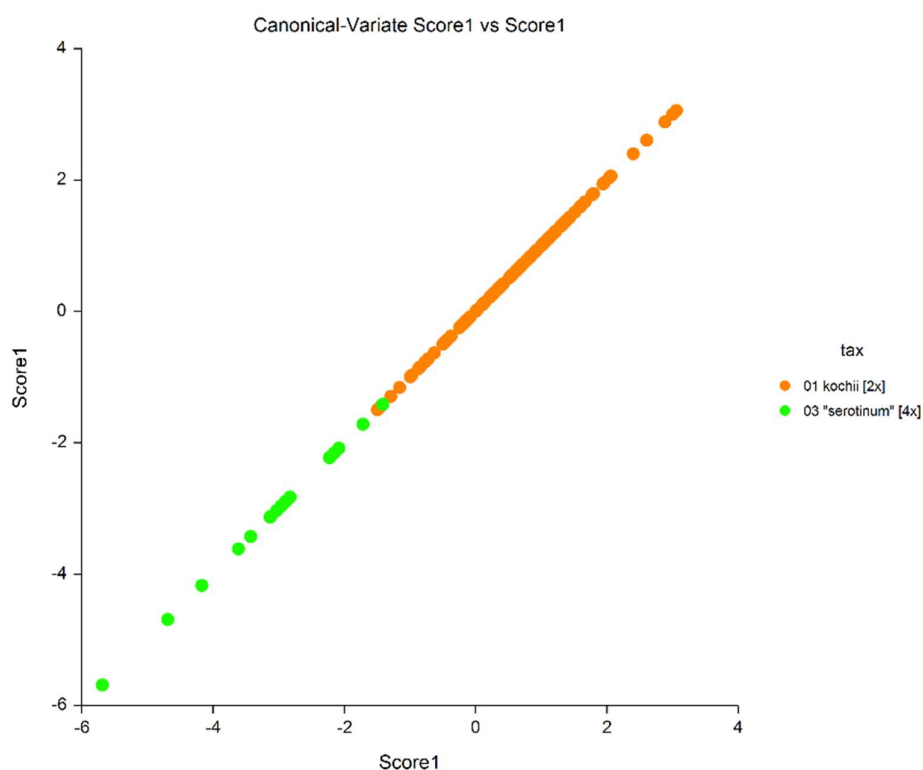
Tabulka 10: Hodnoty korelací měřených kvalitativních znaků s příslušnou kanonickou proměnnou (osou).

Znak	Osa 1	Osa 2	Osa 3
Délka mateřské cibule	-0,149428	0,239295	0,118128
Šířka mateřské cibule	-0,446607	-0,340143	-0,108702
Přítomnost dceřiných cibulek	-0,012043	-0,560979	-0,057526
Listy dceřiné cibulky	-0,466218	-0,000579	-0,655394
Délka dceřiné cibulky	0,167756	0,681778	0,675881
Šířka dceřiné cibulky	-0,200875	0,112861	0,090129
Počet listu mateřské cibule	0,328174	0,129371	-0,313295
Délka listu mateřské cibule	-0,263767	0,272677	0,562310
Šířka listu mateřské cibule	0,298674	0,326333	-0,168360
List přesahující vrchol květenství	0,366340	-0,052077	0,070442
Délka stvolu s květenstvím	0,585966	0,349118	-0,373430
Počet květů	-0,375369	-0,300521	0,2930322
Délka květní stopky	0,206862	0,261844	-0,209214
Délka listenu	-0,156543	-0,156543	0,059021
Délka vnějšího okvěti	-0,633002	0,151258	0,637839
Šířka vnějšího okvěti	-0,194837	0,035419	-0,003729
Délka vnitřního okvěti	0,801801	0,081529	-1,119956
Šířka vnitřního okvěti	-0,082604	0,020382	0,082953
Šířka lemu	0,172433	0,213761	0,213761
Délka nitky tyčinky	-0,425262	-0,876165	-0,115357
Šířka nitky tyčinky na bázi	-0,063499	1,031901	-0,207176
Šířka nitky tyčinky na vrcholu	0,595758	-0,096401	-0,640663
Výška semeníku	-0,333850	-0,805441	0,704177

Diskriminační analýza byla taktéž provedena pouze pro diploidní a tetraploidní populace (obr. č. 14). Analýza opět prokázala signifikantní rozdíl mezi studovanými skupinami. Na tvorbě diskriminační funkce se v tomto případě výrazně podílely především znaky přítomnost dceřiných cibulek, šířka lemu, šířka nitky tyčinky na vrcholu a výška semeníku (viz tab. č. 12).

Tabulka 11: Analýza kanonických proměnných v rámci hodnocení diploidního a tetraploidního cytotypu. Eigenvalue – vlastní čísla matice; F – hodnota testu; Wilks'Lambda – statistická významnost diskriminační funkce.

Fm	Eigenvalue	F	P	Wilks'Lambda
1	1,950194	7,2	0,00000	0,338961



Obrázek 14: Grafické oddělení diploidů (*O. kochii*) od tetraploidů (*O. „serotinum“*) v kanonické diskriminační analýze

Tabulka 12: Hodnoty standardizovaných kanonických koeficientů morfologických znaků použitých v diskriminační analýze. Zvýrazněné znaky mají největší podíl na tvorbě diskriminační funkce.

Tabulka 13: Hodnoty korelací měřených kvalitativních znaků s příslušnou kanonickou proměnnou (osou) pro obě hodnocené skupiny

Znak	Osa 1	Znak	Osa 1
Délka mateřské cibule	-0,024049	Délka mateřské cibule	-0,148541
Šířka mateřské cibule	-0,059752	Šířka mateřské cibule	-0,2003393
Přítomnost dceřiných cibulek	0,606853	Přítomnost dceřiných cibulek	0,606853
Listy dceřiné cibulky	0,379752	Listy dceřiné cibulky	0,379752
Délka dceřiné cibulky	-0,115659	Délka dceřiné cibulky	-0,115659
Šířka dceřiné cibulky	-0,034060	Šířka dceřiné cibulky	-0,034060
Počet listu mateřské cibule	0,223967	Počet listu mateřské cibule	0,223967
Délka listu mateřské cibule	-0,098147	Délka listu mateřské cibule	-0,098147
Šířka listu mateřské cibule	0,105981	Šířka listu mateřské cibule	0,105981
List přesahující vrchol květenství	0,020973	List přesahující vrchol květenství	0,020973
Délka stvolu s květenstvím	0,095176	Délka stvolu s květenstvím	0,095176
Počet květů	-0,019832	Počet květů	-0,019832
Délka květní stopky	-0,015495	Délka květní stopky	-0,015495
Délka listenu	0,051832	Délka listenu	0,051832
Délka vnějšího okvěti	-0,287434	Délka vnějšího okvěti	-0,287434
Šířka vnějšího okvěti	-0,207063	Šířka vnějšího okvěti	-0,207063
Délka vnitřního okvěti	0,493651	Délka vnitřního okvěti	0,493651
Šířka vnitřního okvěti	0,357954	Šířka vnitřního okvěti	0,357954
Šířka lemu	-0,989434	Šířka lemu	-0,989434
Délka nitky tyčinky	-0,060349	Délka nitky tyčinky	-0,060349
Šířka nitky tyčinky na bázi	0,303262	Šířka nitky tyčinky na bázi	0,303262
Šířka nitky tyčinky na vrcholu	3,596866	Šířka nitky tyčinky na vrcholu	3,596866
Výška semeníku	-1,471073	Výška semeníku	-1,471073

6. DIDAKTICKÁ ANALÝZA ODBORNÉHO TÉMATU

K této diplomové práci je vypracovaný didaktický materiál na téma rod snědek. Je složený z pracovního listu, testové části a pracovní části. Tento didaktický materiál je navržený pro střední školy.

V pracovním listu se nachází stručný přehled o botanickém rodu snědek, charakteristika polyploidie a jednoduchý přehled o jednotlivých zástupcích okruhu snědku rozkladitého, tedy snědku rozkladitého, Kochova a chocholičnatého.

Testová část je složena tak, aby studenti dovedli odpovědět na otázky v závislosti na předešlém pracovním listu.

V poslední praktická část je složena ze dvou úloh. První úloha je morfometrická, která spočívá v odběru vzorků jednotlivých taxonů, nalezení morfologických znaků vhodných k determinaci, jejich změření a následné snaze o určení taxonu. Druhá část spočívá v mikroskopování připravených roztakových preparátů kořenových špiček jednotlivých taxonů. Poté stanovení počtu chromozomu a určení taxonu z okruhu snědku rozkladitého. Celý text lze nalézt v příloze č. 2 .

7. DISKUZE

7.1 Zastoupení cytotypů a variabilita velikosti genomu *Ornithogalum umbellatum* agg. ve východní části střední Evropy

Diploidní populace ($2n = 18$) byly zjištěny na území Maďarska, na území Slovenska a území České republiky. Jedná se o poměrně hojně rozšířený ploidní stupeň, což souhlasí s údaji uvedenými v literatuře (Hrouda 2011). Rostliny odpovídající této ploidii podle literatury dále zasahují do jižního Polska, východního Rakouska, dále se nacházejí v severní Itálii, Rumunsku a Bulharsku (Herrmann 2002). U diploidní rostliny ZOB2 (lokalita Nitra) byl stanoven počet chromozomů $2n = 18$, který odpovídá euploidnímu diploidnímu počtu uváděnému v literatuře (Hrouda 1980, Herrmann 2002, Hrouda 2011). U rostliny VIN1 (lokalita Vinosady) byl zjištěn aneuploidní počet ($2n = 19$). I tento aneuploidní počet odpovídá údajům uvedeným v literatuře (tj. $2n = 18, 19, 21$; Hrouda 1980, Herrmann 2002, Hrouda 2011). Tento ploidní stupeň odpovídá taxonu *Ornithogalum kochii*. Na území Maďarska u města Pápa a Slovenska města Kamenín byla taktéž nalezena smíšená populace s pentaploidními rostlinami ($2n = 45$).

Triploidní populace ($2n = 27$) byly nalezeny pouze tři, a to na území České republiky (u obce Černilov a v Hradci Králové) a Německa (u obce Brachwitz). Podle literatury tento cytotyp z České republiky zasahuje na území Německa, což se nám podařilo ověřit a dále do západního Polska, jižní Francie a severního Španělska, jižní Francie a na území Dánska (Raamsdonk 1986). Tato ploidní úroveň odpovídá taxonu *Ornithogalum angustifolium*. U této ploidní úrovně nebyla prozatím nalezena smíšená populace s jiným cytotypem.

Tetraploidní populace ($2n = 36$) byly zjištěny na území severního Maďarska a jižního Slovenska v okolí Štúrova. V této oblasti jsou patrně poměrně hojné. Populace této ploidní úrovně zasahují z území Slovenska až na Balkánský poloostrov, karyologické údaje odpovídající zřejmě také této ploidní úrovni jsou známy z Polska a z Holandska (Hrouda 1980). Tato ploidie patrně odpovídá nepopsanému taxonu nazývanému zde pracovním *Ornithogalum „serotinum“*. Populace tohoto taxonu se s *O. kochii* velmi často nachází na podobných lokalitách, jelikož mají velmi podobnou ekologii. Tetraploidi pravděpodobně dávají přednost mírně vlhčím stanovištím, jako jsou světlé lesy (akátiny,

doubravy), než je obvyklé u druhu *O. kochii*, který se nejčastěji nachází v xerothermních travinných společenstvech. Tetraploidů již do xerothermních travinných společenstev nezasahují (Hrouda 1980). Tato ploidní úroveň byla nalezena i ve smíšené populaci s pentaploidními ($2n = 45$) rostlinami na třech lokalitách. Jedna pocházela z Maďarska z města Budapešť a druhá z obce Letkés, třetí ze Slovenska od obce Chľaba.

Pentaploidů ($2n = 45$) byly zaznamenány na území České republiky, Maďarska, Slovenska, Německa, Rakouska a Itálie. Zřejmě dále zasahuje i do Francie, Belgie, Nizozemska a jižní Anglie. Pravděpodobně chybí v Polsku (Hrouda 2011). Tato ploidní úroveň podle všeho odpovídá taxonu *Ornithogalum umbellatum*. Často se nachází ve smíšených populacích s dalšími ploidiemi. Smíšené populace s diploidy byly nalezeny na dvou lokalitách na území Maďarska a Slovenska. Další smíšené populace byly s tetraploidy ($2n = 36$), a to na třech lokalitách na území Maďarska a Slovenska. Tento druh, *Ornithogalum umbellatum*, je často v literatuře uváděn i jako hexaploid ($2n = 54$) a s tím, že rozšíření hexaploidních rostlin by mělo být velice podobné pentaploidům ($2n = 45$; Hrouda 1980, Hrouda 2011). V rámci této práce však nebyly hexaploidní rostliny nalezeny a lze tak předpokládat, že se ve studované oblasti nevyskytují.

Variabilita velikosti genomu byla stanovena u diploidních, triploidních, tetraploidních i pentaploidních rostlin (tab. č. 3). Diploidní rostliny jsou ve velikosti genomu poměrně variabilní (tab. č. 3). K této variabilitě ve velikosti genomu pravděpodobně dochází z důvodu výskytu aneuploidie, která je pro tento taxon typická (tj. $2n = 17, 19, 21$; Hrouda 1980, Herrmann 2002, Hrouda 2011) a byla potvrzena i vlastním roztlakovým preparátem. Výrazná variabilita ve velikosti genomu byla zjištěna u triploidních rostlin, které se jako jediné liší od všech ostatních ploidních úrovní, i ve velikosti monoploidního genomu (tab. č. 3). Tuto variabilitu je možné vysvětlit buď výskytem aneuploidie, i přesto že nejsou v literatuře známy žádné aneuploidní chromozomové počty (Hrouda 1980, Hrouda 2011, Mercadal et al. 2017). Další možností je zvýšený výskyt repetitivních sekvencí v DNA v jednom ze vzorků (Bennetzen et al. 2005). Poslední možností by pak mohl být allopolyploidní vznik triploida z rodičů s různými velikostmi genomu. U tetraploidů (*O. „serotinum“*) a pentaploidů (*O. umbellatum*) je variabilita ve velikosti genomu zanedbatelná (obr. č. 7). Velikost monoploidního genomu všech ostatních ploidních úrovní (diploidní, tetraploidní, pentaploidní) je přibližně stejná.

7.2 Morfologická variabilita populací *Ornithogalum umbellatum* agg. ve střední Evropě a jejich korelace s ploidní úrovní

Mezi nejčastější uváděné diagnostické znaky vegetativních orgánů *O. umbellatum* agg. patří délka a šířka mateřské cibule, přítomnost dceřiných cibulek, přítomnost listu dceřiné cibulky, přítomnost volných či srostlých šupin na mateřské cibuli, délka stvolu, počet listů, délka a šířka listu mateřské cibule. Mezi znaky generativních orgánů je zařazen tvar květenství, počet květů, délka květní stopky, délka listenu, délka okvětních lístků, šířka lemu, šířka nitky tyčinky na bázi a na vrcholu, výška semeníků a tvar tobolky (Hrouda 1980, Hrouda 2011).

Po provedené morfologické analýze byly tyto morfologické znaky rozděleny na dvě skupiny: hodnocené znaky, které do jisté míry odlišují alespoň některý ze sledovaných taxonů (ploidních stupňů) a na znaky, které nesouvisí s ploidním stupněm a nelze je tak využít pro odlišení jednotlivých druhů. Mezi tyto znaky, které nevykazují žádnou odlišnost, můžeme zařadit přítomnost šupin na mateřské cibuli, zda jsou srostlé či volné, a tvar květenství, délku listenu a šířku dceřiné cibulky.

U většiny znaků u čtyř studovaných ploidních stupňů byl prokázán signifikantní rozdíl v jejich hodnotě a zároveň nebyl prokázán trend lineárního nárůstu hodnoty znaku se zvyšující se ploidní úrovní, který bývá častým pravidlem (Otto 2007, Balao et al. 2011).

Podle výsledků prezentovaných v této práci můžeme rozdělit, v závislosti na přítomnosti dceřiných cibulek, tento polyploidní komplex do dvou skupin: první skupinu tvoří diploidní a tetraploidní ploidní stupeň (cibulky se obvykle netvoří nebo jen v malém počtu) a do druhé skupiny řadíme ploidní stupeň triploidní s pentaploidním (cibulky se obvykle tvoří ve větším počtu). Ploidní úrovně se pak od sebe dále liší dalšími kvantitativními znaky.

Diploidi (*O. kochii*) a tetraploidi (*O. „serotinum*) jsou druhy, které jsou menšího vzrůstu. Délka stvolu se pohybuje u obou taxonů v průměru 18–25 cm, někdy může být trochu šikmý či polehlý na bázi. V literatuře je uváděná hodnota délky stvolu pro druh *O. kochii* 10–30 cm (Hrouda 2011) a druh *O. „serotinum*“ 20–30 cm (Hrouda 1980).

Zjištěné rozměry mateřské cibule (délka 24 mm a šířka okolo 14–16 mm; tab. č. 5) souhlasí s údaji pro *O. kochii* v literárních zdrojích (délka mateřské cibule 12–30 mm

a šířka 10–18 mm; Hrouda 2011). Pro taxon *O. „serotinum“* nejsou tyto hodnoty uvedeny v žádném z relevantních zdrojů. Listy se vyskytují v počtu v 4–11 (tab. č. 5), ale jedná se o velmi variabilní znak. Hrouda (2011) uvádí hodnotu 4–6 pro *O. kochii* a Hrouda (1980) pro *O. „serotinum“* 6–8. Listy přesahují květenství u 71 % analyzovaných jedinců, což příliš nesouhlasí s literaturou: pro *O. kochii* je uváděno, že listy obvykle dosahují vrcholu květenství nebo jsou kratší (Hrouda 2011) a pro *O. „serotinum“* taktéž (Hrouda 1980). Délka listu je 22–35 cm a šířka 2,7–3,9 mm (tab. č. 5). Hrouda (2011) uvádí, že u diploida (*O. kochii*) jsou listy 15–25 cm dlouhé a 2–4 mm široké a Hrouda (1980) uvádí pro tetraploida (*O. „serotinum“*) listy 3–5 mm široké, délku však nezmiňuje. Hodnoty se více méně shodují.

Květenství je složeno z 10–14 květů. Hodnoty se opět více méně shodují s literaturou (pro *O. kochii* 5–15 květů a pro *O. „serotinum“* 8–20 květů; Hrouda 1980, Hrouda 2011). Z průměrovaná hodnota délky květní stopky je (13)30–40(58) mm; (tab. č. 6). V literatuře je uvedeno rozpětí znaku pro *O. kochii* 25–70 mm (Hrouda 2011) a pro *O. „serotinum“* 50–90 mm (Hrouda 1980). Zjištěné hodnoty pro *O. kochii* tedy relativně souhlasí s hodnotami uváděnými v literatuře, zatímco hodnoty pro *O. „serotinum“* se s hodnotami uváděnými literatuře příliš neshodují, jsou o něco nižší. Hrouda (1980) pro *O. „serotinum“* uvádí rozměry dolních květních stopek a naše zjištěné hodnoty jsou zprůměrované, proto toto tvrzení je nerelevantní.

Délka vnějších okvětních lístků se pohybuje okolo 15 mm a šířka 4 mm, délka vnitřních okvětních lístků je okolo 13 mm a šířka okolo 3 mm. Šířka bílého lemu vnějších okvětních lístků je 1,0–1,5 mm. Délka nitky tyčinky se pohybuje okolo 8 mm (tab. č. 6). V literatuře jsou uváděné hodnoty pro diploidní taxon *O. kochii*: délka vnějšího okvětních lístků je 10–15 mm a šířka 4–6 mm, délka okvětních lístků je 9–14 mm a šířka okolo 3,5–5,5 mm. Šířka lemu je uváděna jako užší než 1 mm. Délka nitky tyčinky se pohybuje okolo 6–8 mm (Hrouda 2011). Hodnoty se tedy více méně shodují. Pro tetraploidní taxon *O. „serotinum“* tyto hodnoty nejsou v literatuře uvedené a nelze je tedy porovnat.

Za pomoci diskriminační analýzy byl prokázán signifikantní rozdíl ve čtyřech znacích, mezi těmito ploidními úrovněmi, tedy mezi taxony *O. kochii* a *O. „serotinum“*. Největší morfologické rozdíly mezi diploidy a tetraploidy v analýze byly ve znacích přítomnost dceřiných cibulek, šířka tyčinky a délka semeníku. U diploidního cytotypu se dceřiné cibulky vyskytují vzácně (17 %) v malém počtu a v případě že se vyskytují, jejich

délka se pohybuje zhruba v rozpětí 14–17 mm a šířka 11–20 mm (tab. č. 6). Jedinou výjimku tvoří populace PRE, kde měly rostliny větší množství dceřiných cibulek. Tato populace byla poněkud netypická i z pohledu ekologických nároků diploidů. Rostliny zde byly nalezeny v ruderálním porostu (Trávníček pers. com.). Tvorba cibulek tak může být do jisté míry podmíněna stanovištními podmínkami, avšak toto tvrzení bude vyžadovat další studium. V literárních zdrojích se uvádí, že dceřiné cibulky u tohoto taxonu chybějí nebo velmi vzácně se vytvářejí (Hrouda 1980). Šířka nitky tyčinky na bázi je v průměru okolo 1,6 mm a na vrcholu je okolo 1,0 mm. V literatuře je uváděno, že nitky tyčinek jsou k vrcholu zúžené (Hrouda 2011), což tomuto odpovídá, avšak konkrétní hodnoty uvedeny nejsou. Délka semeníku se pohybuje v průměru okolo 2,5 mm. Uváděná výška semeníku v literatuře je 4–6 mm (Hrouda 2011). Hodnoty se tedy zcela liší.

U tetraploidních rostlin se dceřiné cibulky vyskytují taktéž vzácně (19 %), v případě že se vykytují, jejich délka je 12–19 mm a šířka 8–10 mm (tab. č. 5). V literárních zdrojích je uváděno, že mateřská cibule se vykytuje bez dceřiných cibulek nebo jen ve velmi malém množství (Hrouda 1980). Šířka nitky tyčinky na bázi je v průměru 1,4 mm a na vrcholu 0,6 mm. Výška semeníku je v průměru 2,6 mm (tab. č. 6). Tyto hodnoty nejsou uvedené v literatuře, takže je nelze srovnat s hodnotami analyzovanými. Hrouda (1980) dále uvádí rozdíly mezi diploidními a tetraploidními rostlinami zejména ve velikosti pylových zrn, délce prašníků a průduchů, tvaru nitek a rozdílné době květu (*O. „serotinum“* kvete o 10–14 dnů později než *O. kochii*).

Triploid (*O. angustifolium*) a pentaploid (*O. umbellatum*) jsou druhy, které jsou většího vzrůstu než předešlé dva diskutované taxony. Jejich délka stvolu se pohybuje okolo 25–28 cm u obou taxonů (tab. č. 5). V literárních zdrojích je uváděno, že taxon *O. angustifolium* je vysoký 25–30 cm a *O. umbellatum* 15–30 cm (Hrouda 2011).

Mateřská cibule je mohutnější než u předchozích dvou taxonů, její délka se pohybuje okolo 16–21 mm a šířka 16–17 mm u *O. angustifolium* (tab. č. 5). U taxonu *O. umbellatum* je mateřská cibule 24–27 mm dlouhá a 21–27 mm široká (tab. č. 5). Hrouda (2011) uvádí pro *O. angustifolium* délku mateřské cibule 15–30 mm a šířku 12–25 mm, zatím co autor Mercadal et al. (2017) uvádí, že mateřské cibule mají délku 16–20 mm a šířku 15–18 mm a Herrmann (2002) uvádí, že délka je 14–38 mm a šířka 7–28 mm. Naměřené výsledky se shodují nejvíce se studií Mercadal et al. (2017).

U *O. umbellatum* je uváděna délka mateřská cibule 15–30 mm a šířka 15–35 mm

(Hrouda 2011). Autor uvádí větší rozpětí hodnot, ale jinak se hodnoty poměrně dobře shodují. Můžeme vidět, že hodnota šířka a délka cibule se podobá a tím pádem je mateřská cibule u tohoto druhu skoro stejně široká jako dlouhá.

U obou taxonů se velmi často vyskytují dceřiné cibulky. U triploida (*O. angustifolium*) je délka dceřiné cibule 17–24 mm a šířka je 7–12 mm a u pentaploida (*O. umbellatum*) jsou cibulky 10–17 mm dlouhé a 7–9 mm široké (tab. č. 5), tvořící listy asi u 70 % studovaných jedinců u obou taxonů (tab. č. 4). V literárních zdrojích je uvedeno pro *O. angustifolium*, že dceřiné cibulky vždy tvoří listy (Hrouda 2011) a jejich délka je 6–8 mm a šířka je 4–6 mm (Mercadal et al. 2017) a u *O. umbellatum*, že nevytváří listy a zůstávají několik let v latentní formě (Hrouda 2011). S posledním údajem však nelze souhlasit, protože u *O. umbellatum* byly zaznamenány listy dceřiných cibulek u 70 % studovaných jedinců.

Listy mateřské cibule se u obou taxonů vyskytují v počtu v průměru 5–8. Jejich délka u triploida je okolo 34–38 cm a šířka je 4,5 mm (tab. č. 5). List většinou nepřesahuje květenství. Hrouda (2011) uvádí, že listy se vyskytují v počtu 6–7 a jejich délka je 15–25 cm a šířka 2–5 mm. Listy dosahují vrcholu květenství, nebo jsou delší. Tyto hodnoty neodpovídají našemu měření, protože uváděná hodnota délky listu je menší. Mercadal et al. (2017) pro tento taxon uvádí, že listy mají délku 13–15 cm a šířku 2,5–4 mm a Herrmann (2002) uvádí, že listy mají délku větší než 28 cm a šířku 2,5–5,0 mm. Hodnoty délky listu se taktéž liší, pravděpodobně se jedná o znak, který je často ovlivněný podmínkami stanoviště, např. (Herrmann 2002) uvádí, že jedinci na vlhké lokalitě jsou větší, silnější a mají delší listy, květy a větší počet květů, zatímco na lokalitách suchých, s mělkou vrstvou půdy jsou jedinci menší, gracilní, s úzkými listy a menšími květy.

U pentaploida jsou listy zastoupeny v počtu 6–9, jejich délka je 27–32 cm a šířka 4,5 mm (tab. č. 5), list většinou nepřesahuje květenství (tab. č. 4). V literatuře je uvedeno, že listy vyrůstají z hlavní cibule v počtu 5–8 a mají délku 20–30 cm a šířku 3–6 mm, dosahují k vrcholu květenství nebo jsou delší (Hrouda 2011). Tyto hodnoty odpovídají zjištěným hodnotám.

U taxonu *O. angustifolium* květenství je složeno přibližně z 5–7 květů, délka průměrné hodnoty květní stopky je 30–40 mm. Délka vnějších okvětních lístků 16–18 mm a šířka 5,2–6,0 mm. Délka vnitřních okvětních lístků 15–18 mm a šířka 4,8–5,5 mm. Šířka bílého lemu okvětních lístků je 1,3–1,5 mm. Délka nitky tyčinky je zhruba 8,7–10,3

mm. Šířka nitky tyčinky na bázi se pohybuje okolo 1,9–2,3 mm a na vrcholu 1,0–1,3 mm. Výška semeníku je 2,7 mm (tab. č. 6).

U taxonu *O. angustifolium* se v literatuře uvádí, že květenství je složen z 6–12 květů, délka květní stopky je 25–60 mm. Délka vnějších okvětních lístků je 12–18 mm a šířka je 5–7 mm. Délka vnitřních okvětních lístků je 11–17 mm a šířka je 4–6 mm. Délka nitky tyčinky je 6–8,8 mm a šířka 4–6 mm a nitky jsou tak k vrcholu zúžené. Výška semeníku je 4,0–5,5 mm (Hrouda 2011).

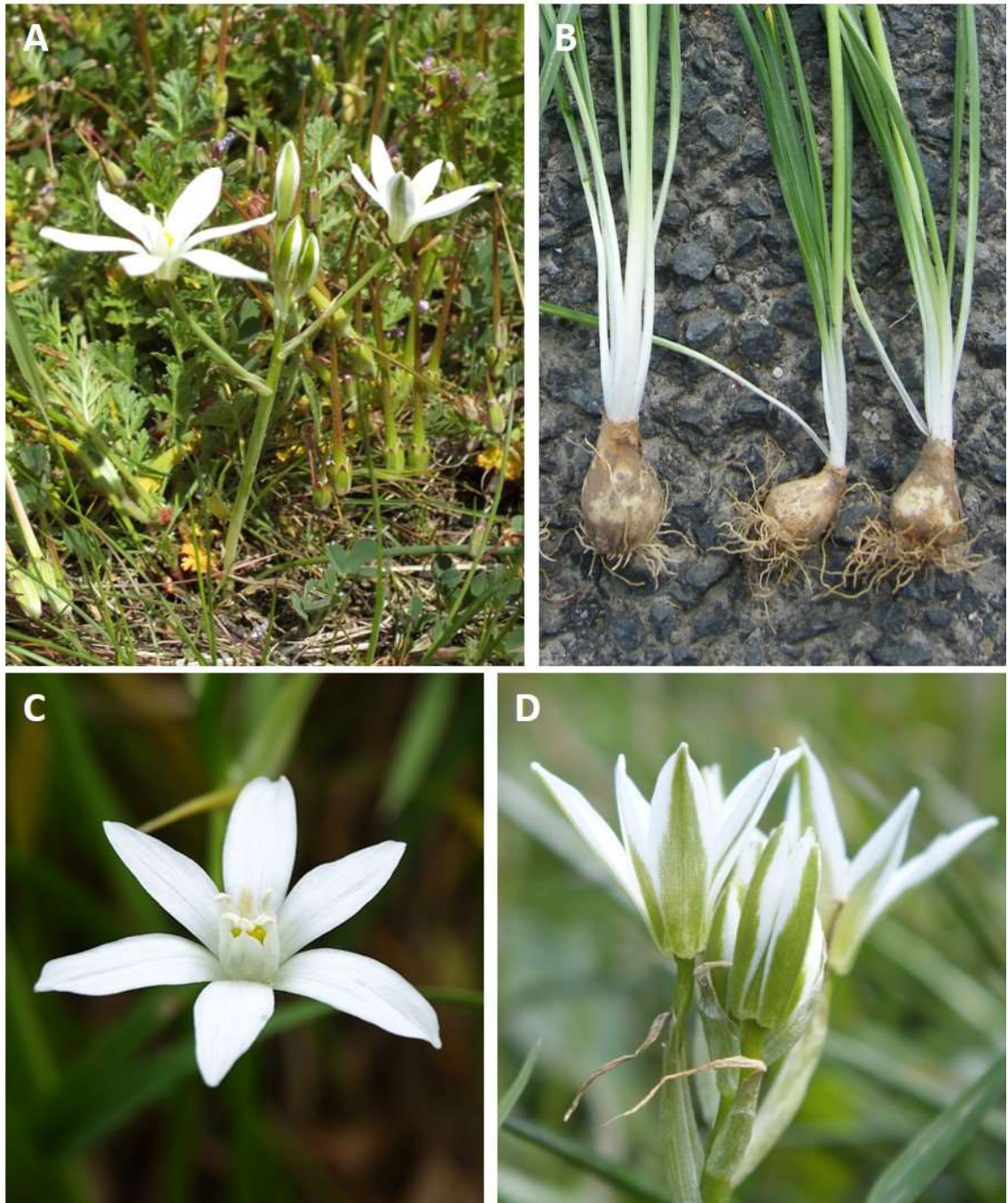
Mercadal et al. (2017) taktéž uvádí, že květenství je složeno z počtu 4–7 květů, průměrně je květní stopka dlouhá 26–42 mm, vnější okvětní lístky jsou 18–24 mm dlouhé a 5–8 mm široké, vnitřní okvětní lístky jsou 8–16 mm dlouhé a 3–6 mm široké, nitka tyčinky je dlouhá 9–13 mm a nejširší v bazální části, semeník je 8–14 mm dlouhý. Uváděné hodnoty délky semeníku se naměřenými hodnotami neshodují u obou autorů, jsou o něco vyšší.

U pentaploidní taxonu (*O. umbellatum*) je 8–12 květů a průměrná hodnota délky květní stopky je okolo 40–50 mm. Délka vnějších okvětních lístků je 18–21 mm a šířka 5,3–6,1 mm. Délka vnitřních okvětních lístků je 17–20 mm a šířka 4,8–5,0 mm. Šířka lemu vnějších okvětních lístků je 1,0–1,4 mm. Délka nitky tyčinky je okolo 10,9–12,0 mm. Šířka nitky tyčinky na bázi se pohybuje okolo 1,8–2,1 mm a na vrcholu 0,7–0,9 mm. Výška semeníku je 3,1 mm.

Hrouda (2011) uvádí, že květenství je složeno z 8–15 květů, dolní květní stopka je 40–80 mm dlouhá, vnější okvětní lístky jsou 14–22 mm dlouhé a 5,5–7,5 mm široké, bílý lem okvěti je širší než 1 mm, vnitřní okvětní lístky jsou dlouhé 12–18 mm a široké 5–7 mm, nitky tyčinek jsou 6,5–9,0 mm dlouhé a semeník je 4–6 mm dlouhý.

Provedená diskriminační analýza prokázala signifikantní rozdíl mezi oběma ploidiemi (triploidní *O. angustifolium* a pentaploidní *O. umbellatum*) v pěti znacích. Hlavní rozdíl mezi těmito ploidiemi je v šířce mateřské cibule, ve velikosti dceřiných cibulek, v počtu květů v květenství, délce dolní květní stopce a délce semeníku. Poslední diagnostický znak pravděpodobně nemá takovou váhu při určování, jelikož zjištěné hodnoty vůbec neodpovídají hodnotám uváděným v literatuře. Jednotlivé taxony z okruhu *Ornithogalum umbellatum* agg. lze determinovat podle následujícího určovacího klíče:

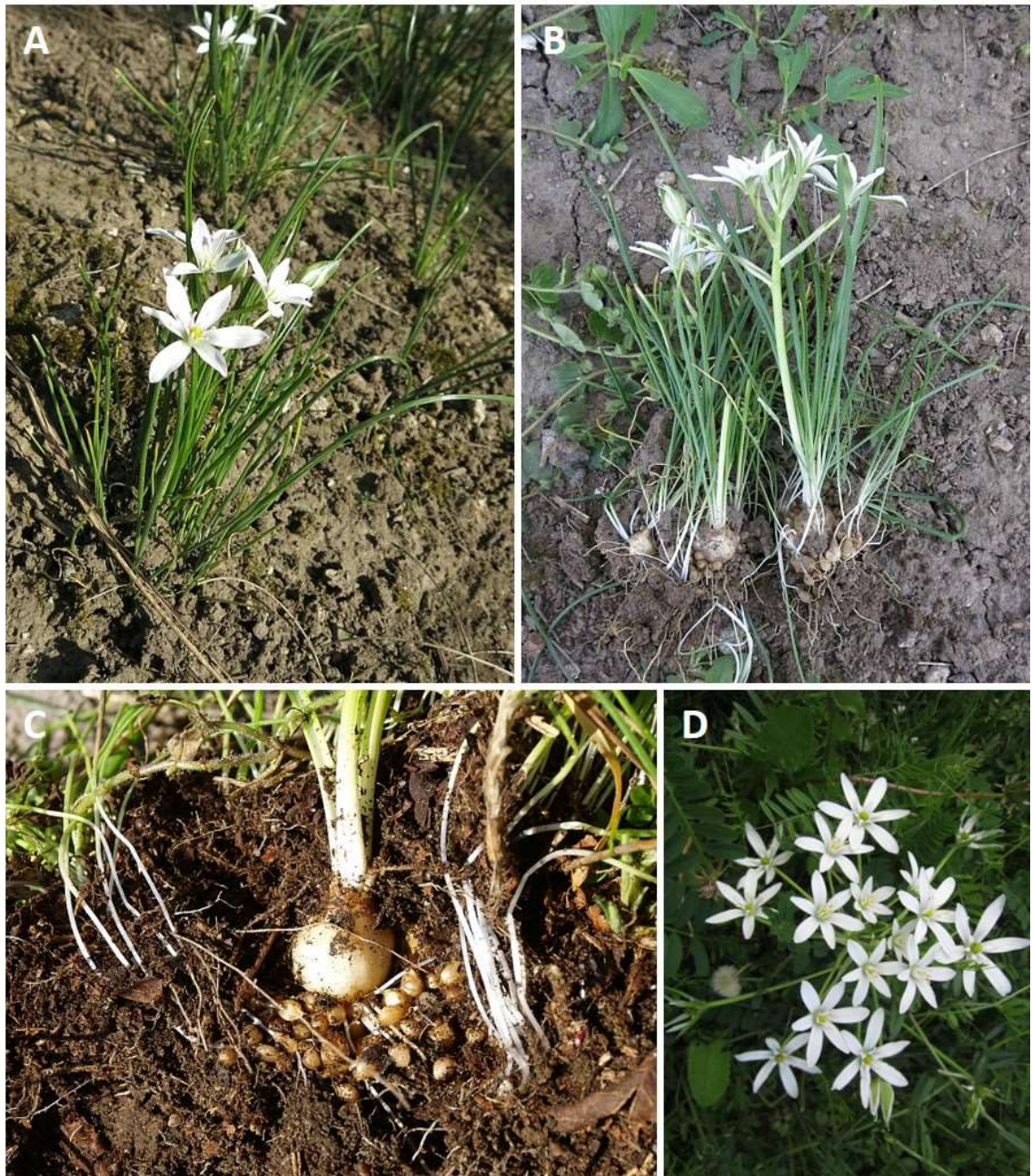
- 1a** Rostliny menšího vzrůstu, (6,5)19–25(35) cm vysoké, dceřiné cibulky chybějí nebo jen v malém počtu se vyskytující, listy obvykle přesahují květenství, chocholíky mnohokvěté, složené z (4)10–13(25) květů.....2
- 1b** Rostliny většího vzrůstu, (14)25–34(42) cm vysoké, dceřiné cibulky jsou téměř vždy početné, listy obvykle nepřesahují květenství, chocholíky často chudokvěté, složené z (3)8–12(18) květů.....3
- 2a** Mateřská cibule (12)24–30(40) mm dlouhá a (9)15–18(25) mm široká, listy v počtu (1)4–11(15), (10)22–28(40) cm dlouhé, (1,2)2,7–3,5(5,4) mm široké, dolní květní stopka (13)30–40(58) mm dlouhá, listen dolní květní stopky (7)17–22(27) mm dlouhý, bílý lem na spodní straně dolních okvětních lístků (0,7)1,0–1,2(1,7) mm široký, nitka tyčinky na bázi široká (1,0)1,6–1,9(2,3) mm a na vrcholu široká (0,6)1,0–1,3(1,8) mm.....*Ornithogalum kochii* (obr. č. 15)
- 2b** Mateřská cibule (18)25–28(36) mm dlouhá a (10)16–20(25) mm široká, listy v počtu (1)4–7(11), (16)26–33(43) cm dlouhé, (1,7)3,0–4,0(6,3) mm široké, dolní květní stopka (13)28–50(55) mm dlouhá, listen dolní květní stopky (10)19–24(31) mm dlouhý, bílý lem na spodní straně vnějších okvětních lístků (0,8)1,2–1,6(2,9) mm široký, nitka tyčinky na bázi široká (1,1)1,4–1,6(1,9) mm a na vrcholu široká (0,4)0,6–0,8(1,2) mm.....*Ornithogalum „serotinum“*
- 3a** Mateřská cibule delší než široká, (26)32–36(37) mm dlouhá, (14)16–17(18) mm široká, dceřiné cibulky (2,8)17,4–25,0(26,7) mm dlouhé, listy mateřské cibule v počtu (3)5–6(8), (29)34–38(45) cm dlouhé, květenství složené z (2)5–6(7) květů, dolní květní stopka (15)36–45(49) mm dlouhá, vnější okvětní lístky (8)17–18(19) mm dlouhé a (2,9)5,3–6,1(6,2) mm široké, bílý lem na spodní straně okvěti (0,9)1,3–1,6(1,9) mm široký, nitka tyčinky (4,9)8,7–10,4(10,9) mm dlouhá, na vrcholu (0,5)1,0–1,3(1,7) mm široká, semeník (1,3)2,7–3,0(3,1) mm dlouhý.....*Ornithogalum angustifolium* (obr. č. 16)
- 3b** Mateřská cibule přibližně stejně široká jako dlouhá, (20)25–28(31) mm dlouhá, (11)22–27(39) mm široká, dceřiné cibulky (1,9)10,5–15,8(25,9) mm dlouhé, listy mateřské cibule v počtu (3)7–13(15), (15)27–33(38) cm dlouhé, květenství je složené z (3)8–12(18) květů, dolní květní stopka (21)41–51(69) mm dlouhá, vnější okvětní lístky (14)19–22(24) mm dlouhé a (3,1)4,9–6,9(14,9) mm široké, bílý lem na spodní straně vnějšího okvětního lístku (0,4)1,1–1,5(1,8) mm široký, nitka tyčinky (6,6)10,9–11,8(13,5) mm dlouhá, na vrcholu (0,4)0,7–0,9(1,2) mm široká, semeník (2,4)3,1–3,5(3,9) mm dlouhý.....*Ornithogalum umbellatum* (Obr. č. 17)



Obrázek 15: Morfologická stavba taxonu *O. kochii*: A – habitus (populace TVA), B – mateřská cibule (CSA), C – líc okvěti (PIS), D – rub okvěti (TVA)



Obrázek 16: Morfologická stavba *O. angustifolium*: A – habitus, B – mateřská cibule s dceřinými cibulkami, C – rub okvěti, D – líc okvěti (vše populace PLA)



Obrázek 17: Morfologická stavba taxonu *O.umbellatum*: A, B – habitus (populace ŠTR), C – mateřská cibule s dceřinými cibulkami (DRN), D – květenství (VEL)

7.3 *Ornithogalum umbellatum* agg. v ČR

Na území České republiky jsou známy tři druhy polyploidního komplexu *Ornithogalum umbellatum* agg.: *O. kochii*, *O. angustifolium* a *O. umbellatum* (obr. č. 18; Hrouda 2011). Poslední jmenovaný druh je v recentní literatuře považován za vyhynulý v ČR (Hrouda, 2011, Grulich 2012).



Obrázek 18: Mapa výskytů lokalit taxonů okruhu *Ornithogalum umbellatum* v ČR, u nichž byla analyzována ploidní úroveň

● *O. kochii*, ● *O. angustifolium*, ● *O. umbellatum*

Diploidní druh *Ornithogalum kochii* byl zjištěn na území jižní a střední Moravy, v severozápadních a středních Čechách a v Polabí, což souhlasí s údaji uváděnými v literatuře (Hrouda 2011). V České republice se jedná o velmi rozšířený cytotyp a patrně představuje nejrozšířenější ploidní úroveň tohoto komplexu. Vyskytuje se především v teplejších oblastech na suchých, výslunných stanovištích, jako jsou stráně, meze louky, pastviny, křoviny (obr. č. 19; Hrouda 2011).

Triploidní taxon *O. angustifolium* se v České republice vyskytuje na území Čech především v povodí Labe (Hrouda 2011), což lze potvrdit dvěma populacemi, které zde byly nalezeny na lokalitě Kaltouz u obce Černilov, nedaleko města Hradec Králové a druhá populace na břehu Labe v Hradci Králové. Stanoviště, kde se tyto populace

nacházely, byly jednak vlhké louky u rybníka na okraji lesa a jednak poměrně suchý břeh řeky Labe. Pro tento taxon jsou uváděny jako typické stanoviště vlhké, hlinité a živinami bohaté biotopy, často se nacházející v povodí Labe (obr. č. 19; Hrouda 2011).

Poslední taxon *O. umbellatum* byl doposud považován za vyhynulý druh na našem území (Hrouda 2011, Grulich 2012). V rámci této diplomové práce však byl pentaploidní cytotyp nalezen na území ČR ve třech populacích, ve městě Svitavy, v Olomouci na trávníku ulice Velkomoravská a na jižní Moravě v akátině u obce Drnholec. Hrouda (2011) uvádí, že by se tento druh měl vyskytovat zejména ve vlhčích lokalitách podél komunikací, zasahovat do lučních porostů a lužních lesů. Lokality, kde se tento taxon nacházel, byly sekundárního původu (v trávníku nedaleko silnice, akátina) a byly spíše mezofilní až mírně vysychavé lokality. S autorem tudíž nemůžeme souhlasit. Zatímco Suda (2009) uvádí, že stanoviště polyploidních taxonů jsou zpravidla více variabilní. V dalších literárních zdrojích jsou pro tento taxon uváděny i jiné stanoviště, jako jsou louky, parky, sady, pole, vinice a jiné (Hrouda 1980, Raamsdonk 1986; obr. č. 19). S těmito autory můžeme spíše souhlasit.

Tento druh byl pravděpodobně označen za vyhynulý, protože jeho (nikterak vzácný) výskyt byl přehlížený. Přehlížení může být dáno jednak tím, že jeho populace mohou být po dlouhou dobu pouze sterilní, jelikož pro pentaploidní cytotyp je typické hlavně vegetativní rozmnožování pomocí dceřiných cibulek, jednak značnou podobností, a tím i možnou záměnou, s dalšími dvěma druhy, zejména s *O. angustifolium* (Hrouda 2011). Pro tuto záměnu může svědčit především to, že některé rozlišovací znaky, které jsou pro tento druh uváděné nejsou příliš spolehlivé, jak bylo popsáno výše (např. přítomnost vs. nepřítomnost listů dceřiných cibulek, výška semeníku atd.).



Obrázek 19: Ukázky obvyklých stanovišť s výskytem zástupců *O. umbellatum* agg.: A – suchý trávník (*O. kochii*, CZ, Tvarožná, PP Santon), B – narušovaný břeh (*O. angustifolium*, CZ, Hradec Králové), C – okraj cesty (*O. umbellatum*, SK, Belá)

8. ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývá cytologickou a morfologickou variabilitou *Ornithogalum umbellatum* agg. ve východní části střední Evropy. Pomocí průtokové cytometrie bylo zmapováno zastoupení jednotlivých ploidních stupňů tohoto okruhu v jeho populacích ve východní části střední Evropy (Česká republika, Maďarsko, Rakousko a Slovensko). U vybraných vzorků byla stanovena jejich velikost genomu. Dále byl u vybraných vzorků populací stanoven rozsah morfologické variability ve 23 znacích, které jsou obvykle používány pro odlišení ploidních stupňů (a potažmo taxonů) u uvedené skupiny. Zvláštní pozornost byla věnována otázce, nakolik korelují morfologické znaky se zjištěným ploidním stupněm a je tak možné je použít k determinaci jednotlivých taxonů. K této diplomové práci byl také vypracovaný učební text pro žáky středních škol, který je složen ze třech částí: pracovní list, testová část a praktické cvičení s využitím pro střední školy (příloha č. 2).

Na základě analýzy vzorků tohoto komplexu pomocí průtokové cytometrie byla potvrzena velká cytologická variabilita, kde byly zjištěny čtyři ploidní úrovně, které odpovídají diploidní (2x), triploidní (3x), tetraploidní (4x) a pentaploidní (5x). Ukázalo se, že morfologické znaky většinou poměrně dobře korelují s ploidií populací a je tedy možné jednotlivé ploidní stupně považovat za samostatné taxony, jak je to v současné literatuře obvyklé (byť tato otázka vyžaduje ještě další podrobnější průzkum na ještě rozsáhleším souboru vzorků). Diploidní rostliny (považované za druh *Ornithogalum kochii*) jsou velmi rozšířené, byly potvrzeny na území České republiky, jihozápadní části Slovenska a západní části Maďarska. Triploidní rostliny (hodnocené jako druh *Ornithogalum angustifolium*) byly zaznamenány na území severní části České republiky a ve východní části Německa. Tetraploidní rostliny (pracovně nazývané provizorním druhovým jménem *Ornithogalum „serotinum“*) byly objeveny na území Slovenska a severního Maďarska. Pentaploidní rostliny (odpovídající druhu *Ornithogalum umbellatum*) byly nalezeny na jihovýchodě České republiky, v Rakousku, Německu, Itálii, na severovýchodě Maďarska a na území Slovenska. Druh *O. umbellatum* byl doposud považován za vyhynulý na území České republiky, nicméně byl v rámci tohoto výzkumu potvrzen ve třech poměrně vitálních populacích a je velmi pravděpodobné, že v budoucnosti budou nalezeny další lokality jeho výskytu.

Variabilita velikosti genomu byla stanovena u čtyř ploidních úrovní: 2x, 3x, 4x a 5x. U diploidů (*O. kochii*) byla zjištěna variabilita, jež byla pravděpodobně způsobena výskytem aneuploidie ($2n = 17, 19, 21$), která je podle literatury typická pro tento druh a byla i potvrzena vlastním roztlakovým preparátem. U triploidů (*O. angustifolium*) byla zjištěna výrazná variabilita v obsahu DNA, jelikož zde není (v souladu s literaturou) předpokládaný výskyt aneuploidie, lze předpokládat, že se tento cytotyp se liší i od ostatních cytotypů i ve velikosti monoploidního genomu. U tetraploidů (*O. „serotinum“*) a pentaploidů (*O. umbellatum*) se variabilita ve velikosti genomu ukázala být zanedbatelná.

V morfometrické analýze byly dobře odlišeny vzorky populací čtyř ploidních úrovní: 2x (*O. kochii*), 3x (*O. angustifolium*), 4x (*O. „serotinum“*) a 5x (*O. umbellatum*). U většiny znaků (kvantitativních i kvalitativních, vegetativních i generativních orgánů) byl prokázán signifikantní rozdíl v jejich hodnotě mezi jednotlivými skupinami (ploidiemi/taxony) a zároveň nebyl prokázán trend lineárního nárůstu hodnoty kvantitativních znaků se zvyšující se ploidní úrovní.

Po provedené morfologické analýze bylo zjištěno, že tento polyploidní komplex můžeme rozdělit na dvě přirozené skupiny. První skupinu tvoří diploidní a tetraploidní cytotyp (*O. kochii* a *O. „serotinum“*). Bylo zjištěno, že tato skupina obvykle vedle mateřské cibule netvoří dceřiné cibulky nebo jen zpravidla v malém počtu. Do druhé skupiny řadíme triploidní a pentaploidní cytotyp (*O. angustifolium* a *O. umbellatum*), u kterých se dceřiné cibulky tvoří ve větším počtu. Tetraploidní *O. „serotinum“* se od diploidního *O. kochii* liší především širším bílým lemem okvětních lístků, nitkami tyčinek na bázi a na vrcholu a delším semeníkem. Triploidní cytotyp *O. angustifolium* se od pentaploidního *O. umbellatum* liší zejména mateřskou cibulí, která je obvykle menší, delší než široká, většími dceřinými cibulkami, menším průměrným počtem květů v květenství, širšími nitkami v jejich horní části a kratším semeníkem. Tato zjištění jsou z velké části v souladu s literárními údaji.

9. LITERATURA

Andrić A., Kočiš Tubić N., Rat M. & Vidaković O. D. (2015): Diversity and genetic structure of *Ornithogalum* L. (Hyacinthaceae) populations as revealed by RAPD–PCR markers–Genetika 47: 275–288.

Baker M. S., Arrigo N., Baniaga A. E., Li Z. & Levin D. A. (2016): On the relative abundance of autopolyploids and allopolyploids–New Phytologist, 210: 391–398.

Balao F., Herrera J. & Talavera S. (2011): Phenotypic consequences of polyploidy and genom size at the microevolutionary scale: a multivariate morphological approach–New Phytologist, 192: 256–265.

Bennetzen J. F., MA J., Devos K. M. (2005): Mechanisms of Recent Genome Size Variation in Flowering Plants–Annals of Botany, 95: 127-132.

Czapik R. (1968): Chromosome numbers of *Ornithogalum umbellatum* L. from three localities in England–Watsonia 6: 345-349.

Doležel J., Greilhuber J. & Suda J. (2007): Estimation of nuclear DNA content in plants using flow cytometry. –Nature Protocols 2: 2233-2244.

Dostál J. (1989): Nová květena ČSSR 2.–Academia, Praha, 1563 s.

Duchoslav M., Šafářová L. & Jandová M. (2013): Role of adaptive and non-adaptive mechanisms forming complex patterns of genome size variation in six cytotypes of polyploid *Allium oleraceum* (Amaryllidaceae) on a continental scale–Annals of Botany 111: 419–431.

Feldman M., Liu B., Segal G., Abbo S. Levy A. A. & Vega J. M. (1997): Rapid elimination of low-copy DNA sequences in polyploid wheat: A possible mechanism for differentiation of homoeologous chromosomes–Genetics 147: 1381–1387.

Gadella T. W. J. (1970): Enige aantekeningen betreffende *Ornithogalum umbellatum* L.–*Gorteria* 5: 18-19.

Grant V. (1981): In *Plant speciation*. Columbia University Press, New York, 563 p.

Gregory T. R. (2011), *The evolution of the genome*, Academic Press, 768 p.

Guervin C., le Coq C., Esclapez M. & Moret J. (1994): Intra-individual variations of chromosomes and DNA content in meristems of adventitious roots of *Ornithogalum umbellatum* L.–*Caryologia* 47: 315-323.

Grulich V. (2012): Red List of vascular plants of the Czech Republic: 3rd edition–*Preslia* 84: 631–645.

Herrmann N. (2002): Biological Flora of Central Europe: „*Ornithogalum angustifolium*“ nom. prov., Syn. p.p. *O. orthophyllum* ssp. *kochii* = *O. kochii* Parl., *O. gussonei* Ten.).–*Flora* 197: 409–428.

Hintze J. (2013): NCSS 9. – NCSS, LLC. Kaysville, Utah, USA, URL: <http://www.ncss.com>.

Hrouda L. (1980): Studium rodu *Ornithogalum* L. s. l. v Československu.–Ms., PŘF UK, Praha, 347 s.

Hrouda L. (2002): Hyacinthaceae (excl. *Scilla*).–In.: Kubát K., Hrouda L., Chrtek J. jun., Kaplan Z., Kirschner J. & Štěpánek J. (eds), *Klíč ke květeně České republiky*, Academia, Praha, 928 s.

Hrouda L. (2011): *Ornithogalum* L.–In.: Štěpánková J., Chrtek J. & Kaplan Z. (eds), *Květena České republiky* 8, Academia, Praha, 712 s.

Jandová M. (2010): Cytogenetická studie generativního potomstva polyploidního komplexu *Allium oleraceum*, Diplomová práce, Univerzita Palackého, Olomouc.

Krahulcová A. (1998): Karyologie cévnatých rostlin, Průhonice.

Levin A. D. (2002): The role of chromosomal change in plant evolution, Oxford University Press, 29:460-461.

Mercadal 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(1): e049.

Otto S. P. (2007): The evolutionary consequences of polyploidy–Cell.2007.10.022.

Öztürk D., Koyuncu O., Yaylacı K. Ö., Özgüşi K., Sezer O. & Tokur S. (2014): Comparative anatomical studies on twelve *Ornithogalum* (Asparagaceae) species (eleven nonendemic, one endemic) belonging to subgen. *Ornithogalum* and subgen. *Beryllis*, growing naturally in Eskişehir (Central Anatolia-Turkey)–Journal of Scientific Research and Reviews 3: 40–49.

Raamsdonk L. W. D. van (1986): Biosystematic studies on the *umbellatum-angustifolium* complex of the genus *Ornithogalum* (Liliaceae). II. Genome characterization and evolution–Nordic Journal of Botany 6: 525–544.

Raamsdonk L. W. D. van & Heringa J. (1987): Biosystematic studies on the *umbellatum-angustifolium* complex in the genus *Ornithogalum* (Liliaceae). III. Morphological analysis. – Nordic Journal of Botany 7: 631–637.

Ramsey J. & Schemske D. W. (1998): Pathways, mechanisms, and rates of polyploid formation in flowering plants, Annual Review of Ecology and Systematics, 29: 467–501.

Sambamurty A. V. S. S. (2010): Taxonomy of Angiosperms, – I. K. International Pvt Ltd, 908 p.

ter Braak C. J. F. & Šmilauer P. (2002): CANOCO reference manual and user's guide to Canoco for Windows: software for canonical community ordination (Version 4.5). - Microcomputer Power, Ithaca, USA, 500 s.

Weiss–Schneeweiss H., Emadzade K., Jang S. T. & Schneewiss M.G. (2013): Evolutionary consequences, constraints and potential of polyploidy in plants, Cytogenetic and Genome Research 140: 137–150.

Stebbins G. L. (1985): Polyploidy, hybridization and the invasion of new habitats–Annals of the Missouri Botanical Garden 72: 824–832.

Suárez–Santiago V. N., Salinas M. J., Romero–García A. T., Garrido–Ramos, M. A., Herrán R., Ruiz–Rejón C., Ruiz–Rejón M. & Blanca G. (2007): Polyploidy, the major speciation mechanism in *Muscari* subgenus *Botryanthus* in the Iberian Peninsula, Taxon 56: 1171–1184.

Suda J. (2009): Darwinova „odporná záhada“ po 130 letech aneb souvisí polyploidie s rozmanitostí krytosemenných rostlin–Živa 2009(5):204–208.

Šafářová L. (2011): Polyploidní komplex *Allium oleraceum* L. v Evropě, Dizertační práce, Univerzita Palackého, Olomouc.

Štolfová K. (2015): Cytologická a morfologická variabilita zástupců okruhu snědku rozkladitého (*Ornithogalum umbellatum* agg.) v České republice. Bakalářská práce – Univerzita Palackého, Olomouc.

Tvrzníková E. (2014), Polyploidie v evoluci rostlin a její důsledky, Bakalářská práce, Masarykova univerzita, Brno.

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.

Walters S.M. & Briggs D. (2001): *Proměnlivost a evoluce rostlin*, Olomouc.

Yilmaz G. (2014): Seed micromorphology of *Ornithogalum refractum* and *Ornithogalum fimbriatum* (Hyacinthaceae) from Turkey. - *Biological Diversity and Conservation* 7: 110–114.

10. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Počty studovaných jedinců pro morfometrickou a cytologickou analýzu (stanovení DNA ploidní úrovně, velikost genomu a stanovení počtu chromozomů) podle lokalit a taxonů (K – <i>O. kochii</i> (2x), A – <i>O. angustifolium</i> (3x), S – <i>O. „serotinum“</i> (4x), U – <i>O. umbellatum</i> (5x), C – celkem počty změřených jedinců, jednotlivé země jsou uvedeny zkratkami před názvem lokality).....	18
Tabulka 2: Seznam znaků měřených na rostlině a použité jednotky (Znaky měřené na generativních orgánech byly měřeny vždy na čtyřech květech. Měřeno bylo od dolních květů, postupně k horním květům. Na každém květu bylo měřeno: délka květní stopky, délka listenu, délka a šířka vnějšího okvětí, délka a šířka vnitřního okvětí, šířka lemu, délka nitky tyčinky, šířka nitky tyčinky na vrcholu a bázi, výška semeníku).....	24
Tabulka 3: Přehled vzorků <i>Ornithogalum umbellatum</i> agg. se zjištěnými hodnotami velikosti genomu.....	29
Tabulka 4: Zastoupení zjištěných hodnot kvalitativních znaků u jednotlivých taxonů (0 – počet jedinců bez vyjádření daného znaku, 1 – počet jedinců s vyjádřením daného znaku, C – celkový počet jedinců, % – procento počtu jedinců).....	32
Tabulka 5: Hodnoty naměřených kvantitativních znaků vegetativních orgánů (μ – průměr, SD – směrodatná odchylka, min – minimální a max – maximální hodnota)	32
Tabulka 6: Hodnoty naměřených kvantitativních znaků generativních orgánů (μ – průměr, SD – směrodatná odchylka, min – minimální a max – maximální hodnota)	33
Tabulka 7: Výsledky jednocestné analýzy variance pro jednotlivé kvantitativní znaky (χ^2 – hodnota testu, p – statistická významnost).....	34
Tabulka 8: Analýza kanonických proměnných v rámci hodnocení všech cytotypů. Eigenvalue – vlastní čísla matice; F – hodnota testu; Wilks'Lambda – statistická významnost diskriminační funkce.....	37
Tabulka 9: Hodnoty standardizovaných kanonických koeficientů morfologických znaků použitých v diskriminační analýze. Zvýrazněné znaky mají největší podíl na tvorbě diskriminační funkce.	39
Tabulka 10: Hodnoty korelací měřených kvalitativních znaků s příslušnou kanonickou proměnnou (osou).	39
Tabulka 11: Analýza kanonických proměnných v rámci hodnocení diploidního a	

tetraploidního cytotypu. Eigenvalue – vlastní čísla matice; F – hodnota testu; Wilks'Lambda – statistická významnost diskriminační funkce.	40
Tabulka 12: Hodnoty standardizovaných kanonických koeficientů morfologických znaků použitých v diskriminační analýze. Zvýrazněné znaky mají největší podíl na tvorbě diskriminační funkce.	41
Tabulka 13: Hodnoty korelací měřených kvalitativních znaků s příslušnou kanonickou proměnnou (osou) pro obě hodnocené skupiny	41

11. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Vznik <i>T. aestivum</i> z druhů <i>T. urartu</i> , <i>Aegilops speltoides</i> a <i>Ae. tauschii</i> (Feldman et al 1997).....	11
Obrázek 2: Vznik polyploidního komplexu ze čtyř diploidních druhů (Sambamurty 2010).....	13
Obrázek 3: Vyznačení výskytu populací, u jejichž vzorků byla stanovena ploidie (zdroj: Google maps).....	27
Obrázek 4: Příklady výstupů z měření na průtokovém cytometru, hvězdičkou je označen standard. A) taxon <i>O. kochii</i> – lokalita FLO, standard <i>Vicia</i> , B) taxon <i>O. „serotinum“</i> – Lokalita NAD, standard <i>Secale</i>	27
Obrázek 5: Výsledek karyologické analýzy; znázornění diploidního jedince ($2n = 18$) z lokality ZOB2.....	28
Obrázek 6: Výsledek karyologické analýzy, znázornění diploidního jedince s aneuploidním počtem chromozomů ($2n = 19$), lokalita VIN1	28
Obrázek 7: Zjištěná variabilita velikosti genomu jednotlivých taxonů	30
Obrázek 8: Vyznačení výskytu morfometricky analyzovaných populací (zdroj: Google maps)	31
Obrázek 9: Variabilita vybraných kvantitativních znaků jednotlivých ploidních úrovní znázorněná krabičkovými diagramy.	35
Obrázek 10: PCA ordinační diagram pro všechny znaky (vlevo) a jedince (vpravo) ...	36
Obrázek 11: PCA ordinační diagram s použitím pouze kvantitativních znaků (vlevo) a všech jedinců (vpravo)	36
Obrázek 12: PCA ordinační diagram s použitím pouze kvantitativních znaků (vlevo) a všech jedinců (vpravo), zobrazena je 1. a 3. osa.....	37
Obrázek 13: Kanonická diskriminační analýza pro jednotlivé jedince podle ploidie ...	38
Obrázek 14: Grafické oddělení diploidů (<i>O. kochii</i>) od tetraploidů (<i>O. „serotinum“</i>) v kanonické diskriminační analýze	40
Obrázek 15: Morfologická stavba taxonu <i>O. kochii</i> : A – habitus (populace TVA), B – mateřská cibule (CSA), C – líc okvětí (PIS), D – rub okvětí (TVA).....	51
Obrázek 16: Morfologická stavba <i>O. angustifolium</i> : A – habitus, B – mateřská cibule s dceřinými cibulkami, C – rub okvětí, D – líc okvětí (vše populace PLA).....	52

- Obrázek 17:** Morfologická stavba taxonu *O.umbellatum*: A, B – habitus (populace ŠTR), C – mateřská cibule s dceřinými cibulkami (DRN), D – květenství (VEL).....53
- Obrázek 18:** Mapa výskytů lokalit taxonů okruhu *Ornithogalum umbellatum* v ČR, u nichž byla analyzována ploidní úroveň54
- Obrázek 19:** Ukázky obvyklých stanovišť s výskytem zástupců *O. umbellatum* agg.: A – suchý trávník (*O. kochii*, CZ, Tvarožná, PP Santon), B – narušovaný břeh (*O. angustifolium*, CZ, Hradec Králové), C – okraj cesty (*O. umbellatum*, SK, Belá)56

12. PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Přehled lokalit vzorků *Ornithogalum umbellatum* agg. s uvedením ploidie nalezených rostlin

ID	Ploidie populace	Počet jedinců	Země	Lokalita	Nadmořská výška	GPS	Datum sběru	Sběratel	
1	ARP	5	3	HU	Arpás, břeh řeky Rába	115	47.5122222N,17.4019442E	2013	G. Király
2	GSE	2	5	HU	Győr-Segitöház, písečné pastviny na severním okraji města	120	47.7186811N, 17.6932092E	2013	G. Király
3	EGY	5	2	HU	Egyed, lest západně od města	120	47.524525N, 17.3228431E	2013	G. Király
4	HOV	5	2	HU	Hövej	120	47.5538131, 17.0217628E	2013	G. Király
5	FOT	4	2	HU	Fót	190	47.3719444N, 19.1231111E	12.3.2013	B. Trávníček & G. Király
6	BUD	4 5	1 3	HU	Budapešť, Pesthidekút	285	47.330211N, 18.5834111E	12.3.2013	B. Trávníček & G. Király
7	BAL	5	6	HU	Balatonfüred, městské trávníky	155	46.9652778N, 17.8858333E	13.3.2013	B. Trávníček & G. Király

Příloha č. 1: Pokračování přehledu lokalit vzorků *Ornithogalum umbellatum* agg. s uvedením ploidie nalezených rostlin

ID	Ploidie populace	Počet jedinců	Země	Lokalita	Nadmořská výška	GPS	Datum sběru	Sběratel	
8	ZAL	5	4	HU	Zalaegerszeg, trávníky v parku severovýchodní části města	160	46.8469444N, 16.8597222E	26.4.2013	B. Trávníček
9	REP	5	7	HU	Répcelak, suchý trávník u silnice	140	47.4122222N, 17.0036108E	28.4.2013	B. Trávníček
10	CSA	2	2	HU	Csapod, okraje lesa u silnice Csapod Círák	140	47.5013889N, 16.9697225E	28.4.2013	B. Trávníček
11	FER	2	3	HU	Fertőd, trávníky v parku na ulici Joseph Haydn	140	47.6216667N, 16.8702775E	28.4.2013	B. Trávníček
12	ILC	5	2	IT	S. Polo Di Chianti, II Colle	236	43.6205N, 11.9919E	11.5.2013	D. Horák
13	KOZ	2	3	SK	Kozárovce	190	48.3033333N, 18.5302781E	22.3.2014	B. Trávníček & V. Žíla
14	MAR	5	4	HU	Marcali	140	46.5788889N, 17.4080556E	5.4.2014	B. Trávníček & G. Király
15	BSG	2	5	HU	Balatonszentgyörgy	125	46.6913889N, 17.2797222E	5.4.2014	B. Trávníček & G. Király

Příloha č. 1: Pokračování přehledu lokalit vzorků *Ornithogalum umbellatum* agg. s uvedením ploidie nalezených rostlin

ID	Ploidie populace	Počet jedinců	Země	Lokalita	Nadmořská výška	GPS	Datum sběru	Sběratel
16	NIC	2	HU	Nick	140	47.387719N, 17.000572E	2013	G. Király
17	CSI	2	HU	Csíkvánd	123	47.476791N, 17.439819E	2013	G. Király
18	GYO	4	HU	Győr	123	47.663712N, 17.644568E	2013	G. Király
19	KEM	5	HU	Kemenesszentpéter	128	47.422316N, 17.286731E	2013	G. Király
20	FEN	2	HU	Fenyőfő	290	47.3250N, 17.7572E	2013	G. Király
21	VAR	5	HU	Várkesző	120	47.4316N, 17.3291E	2013	G. Király
22	ZOB	2	SK	Nitra, Zoborská lesostep	310	48.3511594N, 18.0815356E	13.3.2015	B. Trávníček & M. Hroneš
23	PIL	5	HU	Pilisszentiván	290	47.6109N, 18.8663E	16.5.2015	M. Hroneš & L. Kobrlová

Příloha č. 1: Pokračování přehledu lokalit vzorků *Ornithogalum umbellatum* agg. s uvedením ploidie nalezených rostlin

ID	Ploidie populace	Počet jedinců	Země	Lokalita	Nadmořská výška	GPS	Datum sběru	Sběratel	
24	KOS	4	3	HU	Kóspallag, Pusztatorony	210	47.8507031N, 18.9458239E	16.5.2015	M. Hroneš & L. Kobrlová
25	LET	4	4	HU	Letkés, levý břeh řeky Ipel	115	47.8659411N, 18.7918706E	16.5.2015	M. Hroneš & L. Kobrlová
26	KAL	3	6	CZ	Černilov, les Kaltouz, mokrá louka na jihozápadním okraji lesa	253	50.283455N, 15.9321728E	22.5.2015	L. Kobrlová
27	SLA	2	5	CZ	Šlapanice, PP Velký hájek	221	49.1766439N, 16.7210078E	13.3.2015	B. Trávníček & M. Hroneš
28	SLA	2	10	CZ	Šlapanice, PP Velký hájek	221	49.17661N, 16.72154E	29.4.2016	B. Píchalová & K.Štolfová
29	VIN	2	3	SK	Vinosady, Holubyho lesostep	172	48.3225069N, 17.2793986E	13.3.2015	M. Hroneš & B. Trávníček
30	ADO	2	5	HU	Adorjánháza, blízko města Celldömölk	133	47.2469444N, 17.2216667E	18.4.2015	B. Trávníček, G. Király & J. Zámečník
31	PAP	2	6	HU	Pápa, trávník v parku	149	47.3338889N, 17.4702778E	19.4.2015	B. Trávníček, G. Király & J. Zámečník

Příloha č. 1: Pokračování přehledu lokalit vzorků *Ornithogalum umbellatum* agg. s uvedením ploidie nalezených rostlin

ID	Ploidie populace	Počet jedinců	Země	Lokalita	Nadmořská výška	GPS	Datum sběru	Sběratel	
32	BLA	2	5	CZ	Blatnice pod Sv. Antonínkem, trávníky okolo kostela	211	48.9591158N, 17.4740800E	14.3.2016	M. Hroneš & L. Kobrlová
33	DRN	5	1	CZ	Drnholec	184	48.8602942N, 16.4741203E	23.3.2016	M. Hroneš & L. Kobrlová
34	TVA	2	20	CZ	Tvarožná, PP Santon	255	49.18826N, 16.76295E	29.4.2016	B.Píchalová & K.Štolfová
35	KOM	2	22	CZ	Komořany, Stepní stráž u Komořan	245	49.19813N, 16.92464E	29.4.2016	B.Píchalová & K.Štolfová
36	ŠTR1	4 5	10	SK	Chľaba, blízko města Štúrovo, trávník a křoví u vlakového nádraží	115	47.8225N, 18.8297222E	22.4.2016	B. Trávníček
37	ŠTR2	4	7	SK	Chľaba, blízko města Štúrovo, trávník a křoví u okraje města	115	47.8347222N, 18.8263889E	22.4.2016	B. Trávníček
38	ŠTR3	5	5	SK	Belá, blízko města Štúrovo, trávník u cesty	336	47.8180556N, 18.6369444E	22.4.2016	B. Trávníček
39	ŠTR4	5	7	SK	Bajtava, trávník cesty směr Kamnica nad Hronom	182	47.8463889N, 18.7294444E	22.4.2016	B. Trávníček

Příloha č. 1: Pokračování přehledu lokalit vzorků *Ornithogalum umbellatum* agg. s uvedením ploidie nalezených rostlin

ID	Ploidie populace	Počet jedinců	Země	Lokalita	Nadmořská výška	GPS	Datum sběru	Sběratel	
40	ŠTR5	2 5	15	SK	Kamenín	124	47.8794444N,18.6430556E	22.4.2016	B. Trávníček
41	NAD	4	8	HU	Piliscaba, les na rohu vesnice	229	47.619465N, 18.8346367E	2.5.2016	M. Hroneš & L. Kobrlová
42	CHL	4	7	SK	Chľaba, silnice na rohu vlakové zastávky	115	47.8250589N, 18.8293997E	2.5.2016	M. Hroneš & L. Kobrlová
43	PIS	2	5	CZ	Moravský písek	178	48.9739394N, 17.3119339E	3.5.2016	M. Hroneš
44	NER	2	10	CZ	Olomouc, část Neředín, trávník	242	49.59418N, 17.22407E	5.5.2016	B.Píchalová & K.Štolfová
45	INN	5	9	A	Innsbruck, park nedaleko Rennweg ulice	577	47.2727778N, 11.3983333E	1.5.2016	B. Trávníček
46	TER	2	5	CZ	Náměšť na Hané, Terezké údolí	313	49.3548083N, 17.227892"E	5.5.2016	B.Píchalová & K.Štolfová
47	VEL	5	6	CZ	Olomouc, ulice Velkomoravská, trávník	212	49.3458N, 17.1430E	10.5.2016	B.Píchalová & K.Štolfová

Příloha č. 1: Pokračování přehledu lokalit vzorků *Ornithogalum umbellatum* agg. s uvedením ploidie nalezených rostlin

ID	Ploidie populace	Počet jedinců	Země	Lokalita	Nadmořská výška	GPS	Datum sběru	Sběratel	
48	FLO	2	10	CZ	Olomouc, Smetanovy sady, trávník	213	49.3530N, 17.1530E	5.5.2016	B.Píchalová & K.Štolfová
49	KAR	2	10	CZ	Srbsko, Kubrychtova bouda	581	49.94856900N, 14.1560800E	8.5.2016	B. Píchalová
50	PLA	3	8	CZ	Hradec Králové, břeh řeky Labe blízko Plácky	239	50.2319691N, 15.4933070E	21.5.2016	M. Hroneš
51	SVI	5	10	CZ	Svitavy, zahradní trávník	437	49.757361N, 16.4562456E	22.5.2016	M. Šrajbr
52	OSK	2	4	CZ	Opolany, vrch Oškobrch	286	50.1464608N, 15.2249794E	10.5.2016	M. Duchoslav
53	JOH	5	1	CZ	Johannashall, křoví u silnice	156	51.5725N, 11.7769444E	10.3.2017	B. Trávníček
54	BRA	3	2	CZ	Brachwitz, travnatá alej u cesty	80	51.5434444N, 11.8625278E	10.3.2017	B. Trávníček

Příloha č. 1: Pokračování přehledu lokalit vzorků *Ornithogalum umbellatum* agg. s uvedením ploidie nalezených rostlin

ID	Ploidie populace	Počet jedinců	Země	Lokalita	Nadmořská výška	GPS	Datum sběru	Sběratel	
55	PRE	2	1	CZ	Předboj, Skalka u cesty	207	50.2254722N, 14.4749319E	11.3.2017	B. Trávníček

Snědek (*Ornithogalum*)



Jméno:
Třída:

Pracovní list

Rod snědek (*Ornithogalum*)

Rod snědek je jednoděložná rostlina patřící do čeledi hyacintovité a řádu Aspargales, nebo-li řádu chřestotvaré. Do čeledi hyacintovité můžeme zařadit často pěstované zástupce dalších rodů, jako jsou např.: ladoňka, modřenec, puškinie a hyacint.

Charakteristika

Cibule je vejčitého tvaru. Listy jsou jednoduché s bílým nebo bez bílého pruhu, složené v přízemní růžici (Vyrůstající přímo z podzemní cibule), čárkovité, se souběžnou žilnatinou. Květenství je nesené stvolem. Květy tvoří buď prodloužený hrozen, nebo řidčeji chocholík. Listeny jsou vyvinuty, obvykle jsou kratší než květní stopky. Okvětní lístky vyrůstající v počtu šesti ve dvou kruzích jsou volné, nejčastěji bílé, řidčeji zelenavé nebo žluté, často na rubu se zeleným až stříbrným pruhem. Tyčinek je šest. Plod je tobolka.

Polyplodie

Snědky jsou velice zajímavé výskytem polyplodie, tedy stavu, kdy se jaderný genom skládá z více než dvou chromozomových sad. Od svého objevu v roce 1907 je polyplodie považována za důležitý jev v evoluci cévnatých rostlin. Předpokládá se, že se vyskytuje až u 70 % druhů krytosemenných rostlin a u kapradin dokonce až u 95 % druhů. Polyplodie poskytuje rostlinám větší variabilitu genů a alel oproti diploidii, což jim umožňuje lepší přizpůsobení se vnějšímu prostředí a okolním podmínkám a je považována za jednu z hlavních hnacích sil evoluce v rostlinné říši.

Pokud jsou u polyplodních rostlin přítomny tři sady chromozomů, mluvíme o triploidii, jestliže čtyři, tak o tetraploidii atd. Z hlediska původu chromozomových sad rozlišujeme dva druhy polyplodie:

- 1) autopolyplodii, kdy dochází k násobení chromozomových sad u jednoho druhu
- 2) allopolyplodii, kdy dochází k znásobení počtu chromozomových sad, ale ty pocházejí od dvou a více rodičovských druhů (při vzniku jedince s allopolyplodií tedy hraje nezbytnou úlohu mezidruhová hybridizace).

Autopolyplodie byla prokázána u druhů, jako jsou srha říznačka, vojtěška, jetel luční, višň, lilek brambor a další. S allopolyplodií se můžeme setkat např. u konopice, kosatce, jahodníku, banánovníku, kávovníku, ječmene a dalších rodů rostlin.

Mezi polyplodní druhy také můžeme zahrnout čtveřici nejrozšířenějších hospodářských plodin, tedy pšenici, kukuřici, rýži a sóju.

Zástupci rodu snědek

Do rodu snědek řadíme následující zástupce, vyskytující se v České republice:

Snědek rozkladitý, snědek Kochův, snědek chocholičnatý, snědek hřebenitý, snědek nicí, snědek pyrenejský, snědek jehlancovitý.

Dále se více seznámíme se zástupci okruhu snědku rozkladitého (*Ornithogalum umbellatum* agg.), jehož zástupci jsou nejběžnějšími snědky, vyskytujícími se na území České republiky.

1. Snědek rozkladitý (*Ornithogalum umbellatum*).

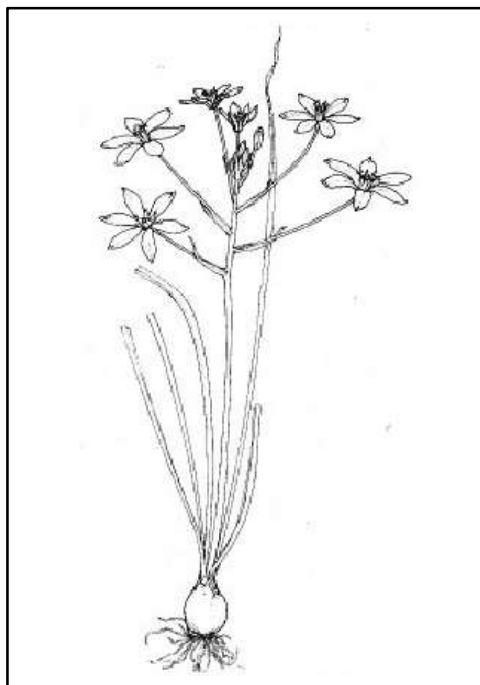


Popis: Cibule kulovitého tvaru, spíše širší než dlouhá, v okolí s velkým množstvím malých kulovitých dceřinných cibulek netvořících listy. Listy se vyskytující v počtu 5 – 8, jsou čárkovité a dosahující vrcholu květenství. Květenství je chocholík, složený z 6 – 20 květů. Dolní květní stopky jsou delší než horní květní stopky. Listeny jsou dlouhé, dosahují 2/3 květních stopek.

Polyploidie: pentaploidní

Počet chromozomů: $2n = 45$

2. Snědek Kochův (*Ornithogalum kochii*)



Popis: Mateřská cibule je vejčitého nebo podlouhle vejčitého tvaru. Dceřinné cibulky zpravidla chybí. Listy se vyskytují v počtu 4 – 8, jsou čárkovité, poměrně široké, dosahují vrcholu květenství nebo jsou kratší. Květenství je chocholík složený z 5 – 15 květů. Dolní květní stopky jsou delší než horní. Listeny jsou kratší než květní 1/2 stopky.

Ployploidie: diploidní

Počet chromozomů: $2n = 18$

3. Snědek chocholičnatý (*Ornithogalum angustifolium*)



Popis: Mateřská cibule jsou vejcovitě kulovitěho tvaru, obvykle delší než široká. Dceřinné cibulky se vyskytují v počtu 5 – 15, jsou válcovité, vždy tvořící listy. Listy mateřské cibule jsou dlouhé, přesahující květenství. Listy vedlejších cibulek jsou úzké a kratší. Květenství je chocholík složený z 6 – 12 květů. Listeny jsou krátké, květní stopku objímající.

Polyploidie: triploidní

Počet chromozomů: $2n = 27$

Testová část

1. Do které z uvedených čeledí je zařazen rod snědek?

- a) liliovité
- b) hyacintovité
- c) amarylkovité
- d) konvalinkovité

2. Který z uvedených druhů patří do okruhu snědku rozkladitého?

- a) snědek pyrenejský
- b) snědek Kochův
- c) snědek nicí
- d) snědek jehlancovitý

3. Která z uvedených skupin znaků je typická pro snědek Kochův?

- a) cibule je kulovitého tvaru, vždy obsahující vedlejší cibulky netvořící listy
- b) cibule je vejcovitého tvaru, netvořící vedlejší cibulky
- c) cibule je vejcovitě kulovitého tvaru, obsahující vedlejší cibulky vždy tvořící listy
- d) cibule je vejcovitého tvaru, obsahující vedlejší cibulky

4. Vysvětlete jev nazývaný ploidie:

.....

.....

.....

.....

5. Přiřaď správně k sobě následující uvedené pojmy a charakteristiky:

Diploidie	dochází k znásobení chromozomových sad, ale ty pochází od dvou a více druhů
Triploidie	jaderný genom se skládá ze čtyř sad chromozomů
Tetraploidie	jaderný genom se skládá ze dvou sad chromozomů
Pentaploidie	jaderný genom se skládá ze tří sad chromozomů
Allopolyploidie	dochází k násobení chromozomových sad u jednoho druhu
Autopolyploidie	jaderný genom se skládá z pěti sad chromozomů

6. Přiřaď správně k sobě následující uvedené druhy a ploidie:

Snědek Kochův	triploidie
Snědek rozkladitý	diploidie
Snědek chocholičnatý	pentaploidie

7. Uveďte, které 2 typy květenství jsou charakteristické pro rod snědek:

.....

Praktická část

Úloha č. 1: Morfologické určení zástupce okruhu snědku rozkladitého

Materiál:

rostlinný materiál

Pomůcky:

psací potřeby, lopatka, sáček, metr a posuvné měřítko

Postup:

1. Nejprve si z textu v obecné části vypíšeme co nejvíce identifikačních znaků taxonů okruhu snědku rozkladitého a tyto znaky vypíšeme do tabulky.
2. Odebereme jedince v době kvetení (od dubna do konce května) v terénu. Jedince získáváme celé s cibulí a kořeny – vždy společně s vedoucím cvičení.
3. Poté provedeme analýzu morfologických znaků. Na každé rostlině prostudujeme (tj. případně i změříme) znaky generativních i vegetativních orgánů a pokusíme se určit druh pomocí těchto znaků.

Tabulka:

Druh	Morfologický znak
Snědek rozkladitý	
Snědek Kochův	
Snědek chocholičnatý	

Závěr:

Ze získaných informací, kterých jsme dosáhli během určování pomocí morfologických znaků, jsme se pokusili určit taxon okruhu snědku rozkladitého.

Určený taxon okruhu snědku rozkladitého se pokusíme ověřit pomocí mikroskopování roztlakového preparátu kořenové špičky (úkol č.2).

Úloha č. 2: Mikroskopické určení zástupce okruhu snědku rozkladitého

Materiál:

rostlinný materiál

Pomůcky:

mikroskop, podložní a krycí skla, filtrační papír, žiletka, pinzeta, preparační jehly, lihový kahan, zápalky, trvalé preparáty mitózy

Chemikálie a barvivo:

Destilovaná voda, 96 % ethanol, zřed. kyselina octová, zřed. kyselina chlorovodíková, barvivo orcein, karmín.

Postup:

1. Nejprve odebereme jedince v terénu v době kvetení (od dubna do konce května). Sbíráme jedince celé i s cibulí a kořeny – vždy s vedoucím cvičení.
2. Kořeny odebereme do zkumavky s destilovanou vodou.
3. Necháme předpůsobit v ledové lázni zhruba 12hod (nejlépe přes noc).
4. Kořínky přeneseme do fixáže. Fixáž je směs zředěné kyseliny octové a 96 % ethanolu – připraveno vedoucím cvičení. Zhruba 2 hodiny necháme působit.
5. V textu v obecné části vypíšeme do tabulky počty chromozomu všech taxonů.
6. Nafixované kořínky opláchneme v destilované vodě a přeneseme do macerační směsi.
7. Macerát je směs zředěné kyseliny chlorovodíkové + 96 % ethanolu – připraveno vedoucím cvičení (působení 5 minut).
8. Kořínky opět opláchneme destilovanou vodou a položíme na čisté podložní sklo. Z kořínku odřízneme žiletkou kořenovou špičku s meristematickým pletivem, přidáme kapku barviva a necháme působit. Opatrně přiložíme krycí sklíčko a mírným tlakem roztlačíme. Kvalitu roztlaku a zbarvení kontrolujeme průběžně pod mikroskopem (zvětšení 400x).
9. Spočítáme počet chromozomů v mikroskopickém preparátu.

Tabulka:

Druh	Počet chromozomu
Snědek rozkladitý	
Snědek Kochův	
Snědek chocholičnatý	

Závěr:

Pomocí roztlačového preparátu kořenové špičky jsme se pokusili určit taxon okruhu snědku rozkladitého, kdy jsme připravili preparát a pomocí mikroskopování jsme stanovili počet chromozomů.

BEZPEČNOST PRÁCE

1. Při práci je nutno používat předepsané ochranné prostředky, zejména plášť, přezůvky a rukavice.
2. Při manipulaci fixáže a macerátu přivoláme vedoucího cvičení a pod dohledem můžeme pracovat.
3. Každé poranění, poleptání, požití látky, rozbití laboratorního skla je nutné hlásit vedoucímu cvičení.

Příloha č. 3: Korelační matice s hodnotami Pearsonových korelačních koeficientů.

PEARSON	cibule délka	cibule šířka	vedl. cibule	list.ve dl. c.	délka vedl.c	šířka vedl.c	počet listů	délka listu.	šířka listu	list.př květ.	délka lody.	počet květů	délka kv.st.	délka listen	délka vněj.o	šířka vněj.o	délka vnit.o	šířka vnit.o	šířka lemu	délka tyčin.	šířka t.n.b.	šířka t.n.v.	seme nůk
Cibule délka	1	0,205 0895	0,198 5287	0,141 2157	0,325 5613	0,247 9705	0,072 4423	0,528 0899	0,305 7797	0,113 6023	0,484 5323	0,099 453	0,195 1378	0,192 4237	0,166 6428	0,355 694	0,225 604	0,237 8799	0,141 9093	0,216 2769	0,171 788	0,126 8326	0,145 4577
Cibule šířka	0,205 0895	1	0,419 4336	0,379 4956	0,374 4511	0,482 8606	0,511 533	0,382 4041	0,530 0005	0,013 5951	0,453 1206	0,336 1577	0,488 9004	0,362 4751	0,559 886	0,536 1104	0,524 9935	0,359 097	0,010 7884	0,613 8664	0,351 347	- 0,123 6433	0,584 8507
Vedlejší cibule	0,198 5287	0,419 4336	1	0,843 274	0,798 9469	0,869 921	0,174 4093	0,301 2157	0,391 5761	- 0,057 992	0,302 3854	- 0,090 5748	0,239 5472	0,130 5178	0,344 6845	0,367 6735	0,340 2374	0,324 4847	0,238 4432	0,233 012	0,319 4479	0,150 6215	0,352 8794
Listy vedlejší cibule	0,141 2157	0,379 4956	0,843 274	1	0,754 8214	0,756 4278	0,212 6818	0,212 0779	0,313 5472	- 0,082 9607	0,300 1053	- 0,152 1115	0,174 9065	0,118 4069	0,283 0463	0,301 2464	0,276 0422	0,261 8074	0,154 9243	0,236 2563	0,233 4885	- 0,191 8117	0,268 4365
Délka vedlejší cibule	0,325 5613	0,374 4511	0,798 9469	0,754 8214	1	0,850 7114	0,231 338	0,314 028	0,333 8327	- 0,066 5445	0,375 4954	- 0,094 2822	0,204 921	0,122 8137	0,300 0763	0,366 5144	0,320 8293	0,284 6873	0,279 4641	0,238 6497	0,337 7133	- 0,052 6017	0,294 6591
Šířka vedlejší cibule	0,247 9705	0,482 8606	0,869 921	0,756 4278	0,850 7114	1	0,232 986	0,274 2123	0,300 0667	- 0,041 4421	0,310 8596	- 0,052 2727	0,201 9072	0,146 8952	0,327 1016	0,337 346	0,332 968	0,295 503	0,216 568	0,233 4779	0,325 2997	- 0,113 1218	0,325 7619
Počet listů	0,072 4423	0,511 533	0,174 4093	0,212 6818	0,231 338	0,232 986	1	0,117 4023	0,354 8999	- 0,088 7485	0,268 4817	0,464 7692	0,400 5205	0,200 0442	0,322 8098	0,311 6588	0,338 9641	0,234 1218	0,014 6556	0,430 8282	0,278 8449	0,152 9884	0,386 9083
Délka listu	0,528 0899	0,382 4041	0,301 2157	0,212 0779	0,314 028	0,274 2123	0,117 4023	1	0,530 5136	0,285 3649	0,696 3597	0,029 0305	0,422 4812	0,422 1462	0,375 9054	0,552 9728	0,373 7175	0,461 0993	0,253 9529	0,328 267	0,341 8125	0,072 8927	0,426 4824
Šířka listu	0,305 7797	0,530 0005	0,391 5761	0,313 5472	0,333 8327	0,300 0667	0,354 8999	0,530 5136	1	0,049 9718	0,528 0422	0,056 0321	0,454 4585	0,300 2539	0,409 1815	0,557 0922	0,395 0685	0,419 9572	0,039 4928	0,595 3279	0,378 5727	- 0,068 9371	0,528 6026
List přesahuj. květenství	0,113 6023	0,013 5951	- 0,057 992	- 0,082 9607	- 0,066 5445	- 0,041 4421	- 0,088 7485	0,285 3649	0,049 9718	1	- 0,180 424	0,161 606	- 0,060 5948	0,271 7945	- 0,100 6904	0,084 9266	- 0,169 626	0,029 7539	0,109 1551	- 0,047 1231	0,058 0037	0,086 7687	- 0,022 765
Délka lodyhy	0,484 5323	0,453 1206	0,302 3854	0,300 1053	0,375 4954	0,310 8596	0,268 4817	0,696 3597	0,528 0422	- 0,180 424	1	0,013 6532	0,536 49	0,269 5062	0,461 5796	0,518 7534	0,509 9122	0,481 7965	0,051 3912	0,544 1259	0,385 8435	0,069 6505	0,523 7525
Počet květů	0,099 453	0,336 1577	- 0,090 5748	- 0,152 1115	- 0,094 2822	- 0,052 2727	0,464 7692	0,029 0305	0,056 0321	0,161 606	0,013 6532	1	0,258 7345	0,233 2695	0,113 7933	0,044 94	0,083 9617	- 0,023 8204	- 0,111 0128	0,101 3882	0,079 8506	0,263 8825	0,206 4467
Délka květní stopky	0,195 1378	0,488 9004	0,239 5472	0,174 9065	0,204 921	0,201 9072	0,400 5205	0,422 4812	0,454 4585	- 0,060 5948	0,536 49	0,258 7345	1	0,649 8151	0,783 0186	0,568 8126	0,766 3502	0,467 2896	0,183 996	0,512 3319	0,455 8111	0,137 918	0,719 8656

Příloha č. 3: Pokračování korelační matice s hodnotami Pearsonových korelačních koeficientů.

PEARSON	cibule délka	cibule šířka	vedl. cibule	list.ve dl. c.	délka vedl.c	šířka vedl.c	počet listů	délka listu.	šířka listu	list.př květ.	délka lody.	počet květů	délka kv.st.	délka listen	délka vněj.o	šířka vněj.o	délka vnit.o	šířka vnit.o	šířka lemu	délka tyčín.	šířka t.n.b.	šířka t.n.v.	seme ník
Délka listenu	0,192 4237	0,362 4751	0,130 5178	0,118 4069	0,122 8137	0,146 8952	0,200 0442	0,422 1462	0,300 2539	0,271 7945	0,269 5062	0,233 2695	0,649 8151	1	0,612 5725	0,456 8821	0,534 8778	0,346 4413	0,216 5684	0,412 9224	0,392 0122	0,012 3447	0,514 8777
Délka vněj. okvětí	0,166 6428	0,559 886	0,344 6845	0,283 0463	0,300 0763	0,327 1016	0,322 8098	0,375 9054	0,409 1815	- 0,100 6904	0,461 5796	0,113 7933	0,783 0186	0,612 5725	1	0,586 8278	0,941 9465	0,502 6282	0,282 2118	0,629 3567	0,535 7149	0,051 2788	0,771 9621
Šířka vněj. okvětí	0,355 694	0,536 1104	0,367 6735	0,301 2464	0,366 5144	0,337 346	0,311 6588	0,552 9728	0,557 0922	0,084 9266	0,518 7534	0,044 94	0,568 8126	0,456 8821	0,586 8278	1	0,601 6089	0,676 2839	0,326 0243	0,601 8397	0,532 8158	0,219 1663	0,519 3818
Délka vnitř. okvětí	0,225 604	0,524 9935	0,340 2374	0,276 0422	0,320 8293	0,332 968	0,338 9641	0,373 7175	0,395 0685	- 0,169 626	0,509 9122	0,083 9617	0,766 3502	0,534 8778	0,941 9465	0,601 6089	1	0,514 6547	0,264 9766	0,654 9894	0,560 8776	0,080 8767	0,756 5133
Šířka vnitř. okvětí	0,237 8799	0,359 097	0,324 4847	0,261 8074	0,284 6873	0,295 503	0,234 1218	0,461 0993	0,419 9572	- 0,029 7539	0,481 7965	0,023 8204	0,467 2896	0,346 4413	0,502 6282	0,676 2839	0,514 6547	1	0,218 1927	0,560 2119	0,471 4873	0,142 0129	0,467 1648
Šířka lemu	0,141 9093	0,010 7884	0,238 4432	0,154 9243	0,279 4641	0,216 568	0,014 6556	0,253 9529	0,039 4928	0,109 1551	0,051 3912	- 0,111 0128	0,183 996	0,216 5684	0,282 2118	0,326 0243	0,264 9766	0,218 1927	1	- 0,042 4173	0,222 2412	0,145 0665	0,186 7128
Délka tyčinky	0,216 2769	0,613 8664	0,233 012	0,236 2563	0,238 6497	0,233 4779	0,430 8282	0,328 267	0,595 3279	- 0,047 1231	0,544 1259	0,101 3882	0,512 3319	0,412 9224	0,629 3567	0,601 8397	0,654 9894	0,560 2119	- 0,042 4173	1	0,555 2235	0,028 3585	0,608 3184
Šířka tyčinky na bázi	0,171 788	0,351 347	0,319 4479	0,233 4885	0,337 7133	0,325 2997	0,278 8449	0,341 8125	0,378 5727	0,058 0037	0,385 8435	0,079 8506	0,455 8111	0,392 0122	0,535 7149	0,532 8158	0,560 8776	0,471 4873	0,222 2412	0,555 2235	1	0,474 0843	0,633 7937
Šířka tyčinky na vrcholu	0,126 8326	- 0,123 6433	- 0,150 6215	- 0,191 8117	- 0,052 6017	- 0,113 1218	0,152 9884	0,072 8927	- 0,068 9371	0,086 7687	0,069 6505	0,263 8825	0,137 918	0,012 3447	0,051 2788	0,219 1663	0,080 8767	0,142 0129	0,145 0665	0,028 3585	0,474 0843	1	0,098 8419
Délka semeníku	0,145 4577	0,584 8507	0,352 8794	0,268 4365	0,294 6591	0,325 7619	0,386 9083	0,426 4824	0,528 6026	- 0,022 765	0,523 7525	0,206 4467	0,719 8656	0,514 8777	0,771 9621	0,519 3818	0,756 5133	0,467 1648	0,186 7128	0,608 3184	0,633 7937	0,098 8419	1