

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Biologická fakulta

katedra botaniky



MAGISTERSKÁ DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Taxonomická studie okruhu *Tortula muralis* (*Pottiaceae*)
ve střední Evropě**



Jiří Košnar

2007

vedoucí práce: Mgr. Jan Kučera, PhD.

KOŠNAR J. (2007): Taxonomická studie okruhu *Tortula muralis* (*Pottiaceae*) ve střední Evropě. [Taxonomic study of *Tortula muralis* complex in Central Europe] – p. 46 + 27 p. Suppl., Faculty of Biological Sciences, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Anotace:

The taxonomical status of five taxa belonging to *T. muralis* agg. (*T. muralis* var. *muralis*, *T. muralis* var. *aestiva*, *T. obtusifolia*, *T. lingulata* and *T. montenegrina*) was studied by means of morphometric analysis, comparative cultivation and ploidy estimation using the flow cytometry. Contrary to most recent treatments, two morphologically well-defined species were recognized: *T. lingulata* and *T. muralis*. Specific level of *T. lingulata* is supported by the differences in morphology (larger spores, strongly bordered leaves and leaf apex rounded to only shortly mucronate), as well as in ecology. Diploid cytotype (about 1.2 pg DNA/nucleus) was observed in this species. Within *T. muralis*, the existence of two varieties – var. *muralis* and var. *aestiva* was confirmed. Although the most important morphological character of those taxa – costa excurrency – proved to be genetically fixed, there is a partial overlap in variation of this character. Both haploid (about 0.6 pg DNA/nucleus) and diploid (about 1.2 pg DNA/nucleus) cytotypes were found in *T. muralis*. The diploid cytotype was more frequent, especially in var. *aestiva* and in plants morphologically intermediate between both varieties. In case of *T. obtusifolia*, an overlap was found in morphological characters with plants of *T. muralis* var. *aestiva*. However, plants with some characters typical of *T. obtusifolia* exhibit somewhat different ecological preferences, and cytometrically analysed samples of such plants were always haploid, unlike most plants of *T. muralis* var. *aestiva*. Therefore, *T. obtusifolia* is suggested to be recognized as a subspecies of *T. muralis*. *T. montenegrina*, previously synonymized with *T. lingulata*, should rather be considered as identical with *T. obtusifolia*.

Práce byla financována z prostředků grantu SGA 2006-017 a z prostředků Katedry botaniky BF JU.

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně, pouze s použitím citované literatury

.....

V Českých Budějovicích, dne 3.1.2007

Poděkování

Rád bych na tomto místě vyjádřil své díky všem lidem, bez jejichž obětavé pomoci by tato práce nevznikla.

Školiteli Honzovi Kučerovi děkuji za pomoc při práci v terénu, konzultace a za navržení tohoto velmi zajímavého tématu. Bráchovi Honzovi Košnarovi za logistickou podporu při výpravách za lotyšskými a slovenskými Tortulami a pomoc s finálním zpracováním textu. Filipovi Kolářovi, Majdě Kubešové, Pavlovi Trávníčkovi a Honzovi Sudovi za uvedení do problematiky průtokové cytometrie a pomoc se zpracováním vzorků. Lidem, kteří mi poskytli cenné informace, obtížně sehnatelné materiály nebo herbářové položky – Renée Skrzypczak, Heribertovi Köckingerovi, Michaelu Lüthovi, Richardu Zanderovi, Austře Ābolině, Marko Sabovljevićovi, Steffenu Casparimu, Beatě Papp, Nele Ingerpuu, prof. Jiřímu Váňovi a Tamaře Malinové. Všem kurátorům herbářových sbírek, kteří ochotně poskytli materiál ze svých institucí a projevíli značnou shovívavost při nedodržování termínu výpůjčky.

Tuto práci bych chtěl věnovat svým rodičům a prarodičům, děkuji jim za veškerou pomoc a podporu při mém studiu.

Obsah

1. Úvod	1
1.1. Charakteristika rodu <i>Tortula</i> Hedw.	1
1.2. Vymezení studované skupiny <i>Tortula muralis</i> agg.	1
1.3. Charakteristika jednotlivých taxonů agregátu	2
1.3.1. <i>Tortula muralis</i> Hedw.	2
1.3.2. <i>Tortula obtusifolia</i> (Schwägr.) Mathieu	2
1.3.3. <i>Tortula lingulata</i> Lindb. a <i>T. montenegrina</i> (Breidl. & Szyszyl.) Broth.	3
1.4. Cíle práce	4
2. Metodika	5
2.1. Morfometrie	5
2.1.1. Materiál	5
2.1.2. Měřené znaky	5
2.1.3. Klasifikace položek do jednotlivých taxonů	8
2.1.4. Statistické zpracování morfometrických dat	9
2.2. Kultivační experiment	9
2.2.1. Materiál a kultivace	9
2.2.2. Morfometrická měření a statistické zpracování dat	10
2.3. Stanovení ploidie a absolutního obsahu DNA pomocí průtokové cytometrie	10
2.4. Studium ekologie jednotlivých taxonů	11
3. Výsledky	12
3.1. Morfometrie	12
3.1.1. PCA analýza všech položek	12
3.1.2. Analýza skupiny <i>T. lingulata</i> – <i>T. obtusifolia</i>	14
3.1.3. Analýza skupiny <i>T. lingulata</i> – <i>T. muralis</i> var. <i>aestiva</i>	16
3.1.4. Analýza skupiny <i>T. obtusifolia</i> – <i>T. muralis</i> var. <i>aestiva</i>	17
3.2. Popisná statistika	20
3.2.1. Znaky sporofytu	20
3.2.2. Znaky gametofytu	23
3.2.3. Binární a semikvantitativní znaky	27
3.5. Kultivační experiment	28
3.6. Stanovení ploidie a obsahu DNA u jednotlivých taxonů	30
3.6.1. <i>T. muralis</i> var. <i>aestiva</i> a var. <i>muralis</i>	30
3.6.2. <i>T. obtusifolia</i>	31
3.6.3. <i>T. lingulata</i>	31
3.7. Ekologie jednotlivých taxonů	32
3.7.1. <i>T. lingulata</i>	32
3.7.2. <i>T. obtusifolia</i>	33
3.7.3. <i>T. muralis</i>	33
4. Diskuse	35
4.1. Variabilita morfologických znaků	35
4.1.1. Rozměry a tvar listu	35
4.1.2. Listový lem	35
4.1.3. Ohrnutí listu	35
4.1.4. Šířka listu	36
4.1.5. Délka vybíhavé části žebra	36
4.1.6. Rozměry stětu, tobolky a víčka	37
4.1.7. Obústí	37
4.1.8. Velikost buněčných struktur: spory, buňky listové čepele, buňky exothecia	38

4.1.9. Rozmístění gametangií	38
4.1.10. Celkový habitus rostliny	38
4.2. Status jednotlivých taxonů	39
4.2.1. <i>T. lingulata</i>	39
4.2.2. <i>T. obtusifolia</i>	39
4.2.3. <i>T. muralis</i>	41
4.2.4. <i>T. montenegrina</i>	41
5. Závěr.....	43
6. Literatura	44

1. ÚVOD

1.1. Charakteristika rodu *Tortula* Hedw.

Kosmopolitní rod *Tortula* Hedw. patří k morfoloicky nejdiverzifikovanějším skupinám v rámci čeledi *Pottiaceae* Schimp. Jeho vymezení je dosti problematické právě díky značnému rozsahu variability a míry redukce jednotlivých znaků zástupců čeledi. Doposud nebylo navrženo žádné šířeji akceptované pojetí taxonů náležející do rodu *Tortula*. Starší taxonomická zpracování (např. Limpricht 1890, Roth 1904–1905, Lawton 1971) kladly důraz zejména na znaky sporofytu. Toto pojetí bylo později postupně přehodnocováno; nejvíce revoluční je pak práce Zander (1993), který do r. *Tortula* zahrnul i taxony s redukovanými strukturami sporofytu, dříve tradičně řazené do rodů *Pottia*, *Phascum*, *Desmatodon*, a také některé zástupce rodu *Syntrichia*. Jiní autoři, jako např. Guerra et al. (2006), však stále trvají na oddělování některých těchto rodů (*Pottia* a *Phascum*).

Zanderovo celosvětové zpracování čeledi *Pottiaceae* (Zander 1993), které bylo později také do značné míry potvrzeno molekulárními daty (Werner et al. 2002), zahrnuje v rodu *Tortula* ca 160–200 druhů, z toho v Evropě ca 35 druhů. Za hlavní znaky rodu považuje tendenci k redukci sporofytu, přítomnost středního svazku a absence sklerodermis i hyalodermis v lodyze, obvejčitý až jazykovitý tvar listu s většinou ohrnutými okraji, charakteristickou anatomickou stavbu žebra listu, tendenci k větším a méně papilnatým buňkám čepele, absenci gem a žlutou KOH reakci horních buněk čepele.

Dosud nebyla zpracována žádná celosvětová monografie rodu *Tortula*. Existují pouze regionální revize rodu, v Evropě obsažené např. v práci Rotha (1904–1905), Limprichta (1890) nebo Mönkemeyera (1927), v Severní Americe v práci Grouta (1936–1939).

1.2. Vymezení studované skupiny *Tortula muralis* agg.

Na území střední Evropy je do agregátu zahrnováno nejčastěji 5 taxonů epilittických mechů: *T. muralis* Hedw. var. *muralis*, *T. muralis* var. *aestiva* [Brid. ex] Hedw., *T. obtusifolia* (Schwägr.) Mathieu, *T. lingulata* Lindb. a *T. montenegrina* (Breidl. & Szyszyl.) Broth.; toto pojetí uvádí např. Loeske (1934). Všechny taxony jsou řazeny do sekce *Tortula* (sensu Zander 1993), která je charakterizována drobnými a hustě papilnatými buňkami čepele, žebrem s vůdčími buňkami a 3–6 obvykle papilnatými ventrálními buňkami, listy nejčastěji se zaoblenou špičkou s vybíhavým žebrem, a přítomností obústí.

Zástupci okruhu *T. muralis* se dle Kučery (2004) od ostatních taxonů sekce *Tortula* odlišují následující kombinací znaků: bazální membrána ca do 150 μm vysoká, buňky čepele drobnější (ca 9–15 μm široké), hustě neprůhledně papilnaté, areolace nezřetelná, buňky na okraji listu \pm isodiametrické, okraje listů v horní části čepele ohrnuté, žebro často vybíhavé (někdy tvoří hyalinní chlup), na průřezu v horní části listu bez skupiny nafouklých a vyčnívajících ventrálních buněk. Mezi nejčastěji používané morfoloické znaky sloužící pro odlišení taxonů komplexu patří délka obústí, délka a barva vybíhavé části žebra; méně často jsou zmiňovány rozdíly v rozmístění gametangií a přítomnost méně papilnatých ztlustlých buněk tvořících lem na okraji listu.

Problematika *T. muralis* agg. dosud nebyla podrobněji taxonomicky zpracována. Většina recentních bryologů rozlišuje *T. lingulata*, *T. obtusifolia* a *T. muralis* jako samostatné druhy, přičemž u posledně jmenovaného uvádí infraspecifické jednotky var. *aestiva* a var. *muralis*; taxon *T. montenegrina* je považován za synonymum *T. lingulata*. Někteří autoři (Loeske 1934, Boros et Vajda 1957, Kučera 2004) ale poukazují na klinální variabilitu

spojující jednotlivé taxony komplexu. Jako nejvíce problematické uvádějí odlišení taxonů *T. muralis* var. *aestiva* – *T. obtusifolia*, popř. *T. obtusifolia* – *T. lingulata*.

1.3. Charakteristika jednotlivých taxonů agregátu

1.3.1. *Tortula muralis* Hedw.

Nejrozšířenější taxon okruhu, roste kosmopolitně na bazických primárních i sekundárních epilitických stanovištích. Je charakterizován zejména dobře vyvinutým obústím se spirálně vinutými zuby (Kučera 2004 udává délku 500–1200 μm), většinou vybiňavým listovým žebrem, a přítomností lemu na okraji listu, tvořeného buňkami s více ztlustlými a méně papilnatými buňkami. Vyznačuje se velkou morfologickou variabilitou, na jejímž základě bylo popsáno více než 25 infraspecifických taxonů. Recentní výzkum variability chloroplastového genu *rps4* (Werner et Guerra 2004) navíc odhalil, že v rámci taxonu existuje několik nezávislých linií, které mírou genetické diferenciace mohou odpovídat samostatným druhům. Pozoruhodný je také značný počet zaznamenaných chromozomových počtů u *T. muralis*, který se pohybuje od $n = 13$ do $n = 66$ (Smith 2004).

V současné době většina autorů rozlišuje 2 infraspecifické taxony, hodnocené nejčastěji na úrovni variet, popř. subspecií:

- a) *T. muralis* Hedw. var. *muralis* – žebro listu vybíhá v hyalinní chlup, který často dosahuje délky čepele, rostliny jednodomé, rostoucí v hustých trsech. Velmi hojný mech primárních i sekundárních stanovišť, zejména na sušších a výslunných místech. Udávané chromozomové počty: $n = 13 + m, 18, 24, 26, 26 + m, 27, \text{ca } 40, 48, 50, 52, 55, 60, 66$ (Smith 2004).
- b) *T. muralis* var. *aestiva* [Brid. ex] Hedw. – žebro listu krátce vybíhavé nebo s velmi krátkým chlupem, spíše ale zbarvené než hyalinní, listy poněkud užší, zuby obústí kratší a méně vinuté, rostliny tvoří poněkud řidší trsy. Roste na stinnějších stanovištích než var. *muralis*, proto je některými autory považována za možnou ekomorfozu (např. Loeske 1934, Düll 1980, Smith 2004). Většina starších autorů naopak taxonu přiřazuje druhový status (Weidmann 1895, Amann 1918, Roth 1904–5, Velenovský 1897). Tito autoři také zmiňují údajnou dvoudomost rostlin; tento znak se však v recentní literatuře spíše neuvádí, někteří současní autoři (např. Ignatov et Ignatova 2003) pak i pro var. *aestiva* popisují rozmístění gametangií jako vyloženě jednodomé. Udávané chromozomové počty: $n = 13, 26, 48$ (Smith 2004).

1.3.2. *Tortula obtusifolia* (Schwägr.) Mathieu

Jako nejčastější morfologický znak pro odlišení od ostatních taxonů je zmiňována redukce obústí, a pouze krátce vybíhavé listové žebro. Je však třeba zdůraznit, že představa o míře redukce obústí *T. obtusifolia* je u většiny autorů dosti neurčitá. Ve Schwägrichenově popisu druhu (Hedwig 1811) nejsou zuby obústí blíže specifikovány; další autoři je většinou popisují jako krátké, případně pouze nepatrně přesahující bazální membránu, pootočené o $\frac{1}{2}$ otáčky (např. Velenovský 1897, Roth 1904–5); naproti tomu např. Cortini Pedrotti (2001) udává pro délku obústí horní hranici až 400 μm . Někteří autoři dále uvádí jako odlišovací znak od *T. muralis* nápadné zesílení žebra v horní polovině listu (Amann 1918, Frahm 2004), nebo zmiňují absenci nápadněji vyvinutého lemu listů (Limpricht 1890, Pilous 1948, Pilous et Duda 1960, Ignatov et Ignatova 2003). Ignatov et Ignatova (2003) popisují u *T. obtusifolia* více ohrnuté okraje listu, na jejich ilustracích taxonu je také patrné poměrně nápadné spirální olistění rostlin za sucha (podobné jako např. u *T. atrovirens*), které zmiňuje již Roth (1904–5). Rozmístění gametangií je uváděné jako jednodomé.

T. obtusifolia je považována za poměrně vzácný, horský, bazifilní epilithický taxon. Většina autorů jej udává z montánního až subalpínského pásma Alp, Kavkazu, dále z Islandu a Norska (Amann 1918, Roth 1904–5, Cortini Pedrotti 2001, Nyholm 1989, Ignatov et Ignatova 2003). Ze střední Evropy pocházejí ale také zmínky o výskytu ve středních a nižších polohách, které uvádí Velenovský (1897; Čechy), Pilous et Duda (1960; Slovensko) a Boros et Vajda (1957; Maďarsko). Mimo Evropu je *T. obtusifolia* udávána rovněž ze severní Afriky (Ignatov et Ignatova 2003), Severní Ameriky (USA – Grout 1936–39, Lawton 1971, Zander 2006) a Asie (Čína – Redfearn et Wu 1986; Tádžikistán – Mamatkulov 1967, Lazarenko et al. 1968, Japonsko – Ignatov et Ignatova 2003).

Pro *T. obtusifolia* je shodně udáván chromozomový počet $n = 26$ (Lazarenko et al. 1971 – Ukrajina; Mamatkulov 1967, Lazarenko et al. 1968 – Tádžikistán).

Taxon je v recentní i historické literatuře nejčastěji hodnocený na druhové úrovni. Za infraspecifický v rámci *T. muralis* jej považuje pouze Boros et Vajda (1957); na problematice odlišení od *T. muralis* pak upozorňuje Kučera (2004).

1.3.3. *Tortula lingulata* Lindb. a *T. montenegrina* (Breidl. & Szyszyl.) Broth.

T. lingulata se podle všech autorů od zbytku komplexu odlišuje tvarem špičky listu, která je zaoblená, s nevybíhavým žebrem; Ignatov et Ignatova (2003) dokonce žebro popisují jako končící před špičkou listu. Dalším znakem taxonu je podobně jako u *T. muralis* přítomnost lemu na okraji listu (Pilous 1948, Pilous et Duda 1960, Kučera 2004). Podle Lindbergova popisu taxonu (Lindberg 1880) a práce Ignatov et Ignatova (2003) je *T. lingulata* dvoudomá. Obústí je podobně jako u *T. obtusifolia* redukované, Malta (1919) udává jako horní hranici délky obústí 120 μm . Vlastní obústní zuby detailněji popisuje pouze Malta (1930); dle ilustrací jsou nitovitě, rovné nebo mírně pootočené.

T. lingulata je taxon s relativně úzkým areálem. Centrum jeho rozšíření v Evropě je v pobaltských republikách (Lotyšsko – Āboliņa 2002, Estonsko – Ingerpuu et al. 2005) a přilehlé části Ruska (Ignatov et Ignatova 2003). Jako substrát všichni autoři uvádějí pískovcové skály. Dále byly rostliny popisované jako *T. lingulata* sbírány Pilousem na pískovcích ve středních Čechách (Pilous et Duda 1960), recentně jej údajně také sbíral S. Caspari v Německu (M. Lüth, pers. comm.); literárně je uváděn z Ukrajiny (Vysockaja 1975, Ignatov et Ignatova 2003), Tádžikistánu (Lazarenko et al. 1968, Mamatkulov 1967), Maďarska, Běloruska a Polska (Ignatov et Ignatova 2003). Údaj o výskytu v Albánii (Frey et al. 1995) se patrně vztahuje k taxonu *T. montenegrina* (viz níže).

Chromozomový počet *T. lingulata* je $n = 24$; tento údaj se vztahuje k materiálu z Ukrajiny (Vysotskaja 1975) a Tádžikistánu (Lazarenko et al. 1968, Mamatkulov 1967).

Ve všech dostupných publikacích je *T. lingulata* hodnocena jako samostatný druh, ačkoli někteří bryologové poukazují na jeho blízkost k *T. obtusifolia* (Malta 1930, Kučera 2004). Je však patrně nejméně známým taxonem skupiny, což je dáno zejména celkově menší prozkoumaností bryoflóry v oblasti jejího výskytu. Podrobnější informaci o taxonu, kromě Lindbergova popisu z r. 1880, podává prakticky pouze Malta (1919, 1930) a Ignatov et Ignatova (2003). Někteří autoři (Corley et al. 1981, Pavlič 1998, Frey et al. 1995) s *T. lingulata* synonymizují taxon *T. montenegrina*, který byl popsán z pohoří Maglič na hranicích Černé Hory a Bosny (Beck et Szyszylowicz 1888).

1.4. Cíle práce

1) Zjistit, zda v rámci agregátu *T. muralis* existují morfologicky odlišitelné taxony. Je třeba zdůraznit, že taxony agregátu dosud nebyly detailněji zkoumány; proto bylo cílem nashromáždit co největší dostupné množství morfometrických dat a pokusit se o objektivní zhodnocení pomocí statistického přístupu. Důraz byl kladen také na zahrnutí vzorků z celého areálu výskytu jednotlivých taxonů, neboť dosud neexistovala žádná studie srovnávající jejich variabilitu v nadregionálním měřítku.

2) Ověřit znaky tradičně používané k odlišování taxonů; pokusit se objasnit příčiny jejich variability. Znaky tradičně uváděné v literatuře se mezi jednotlivými autory často liší, některé ze znaků jsou považované za nestálé. Tyto rozpory je opět možno vyřešit studiem většího množství materiálu, které navíc může potenciálně odhalit další užitečné rozlišovací znaky. Jelikož některé morfologické znaky bývají považovány za ekologicky modifikovatelné, je třeba jejich stálost testovat v jednotných podmínkách kultivace, která ověří míru genetické podmíněnosti znaku.

3) Stanovit ploidii a velikost genomu jednotlivých taxonů. U některých taxonů komplexu bylo pozorováno značné množství různých chromozomových počtů, jiné naopak jeví být v tomto ohledu konstantní. Taxony agregátu proto představují vhodný objekt pro výzkum vztahu ploidie (popř. chromozomového počtu) a taxonomické příslušnosti.

2. METODIKA

2.1. Morfometrie

2.1.1. Materiál

Pro účely morfometrické analýzy bylo zpracováno celkem 65 herbářových položek taxonů *T. muralis* var. *aestiva*, *T. muralis* var. *muralis*, *T. obtusifolia* a *T. lingulata*. Kromě vlastních sběrů autora byly zpracovány položky ze soukromých herbářů J. Kučery a R. Skrzypczak, a dále také materiál z několika evropských herbářů: B, BP, Z, S, TU, TAM, TAA; seznam studovaných položek je v příloze 1. Většina položek *T. muralis* byla sbírána ve střední Evropě, položky *T. lingulata* pochází z Pobaltí a z jediné lokality v ČR. Nejširší areál se podařilo pokrýt u *T. obtusifolia* (západní, střední a východní Evropa, střední Asie).

Při výběru položek pro měření byly vždy voleny plodné rostliny. Pokud se vyskytly položky, u kterých bylo podezření, že by mohly pocházet z jedné populace (např. položky shodující se lokalizací a datem sběru, nebo sběry, které jejich sběratel vydal v exsikátu v několika různých položkách), byla měřena pouze jedna z těchto položek.

U *T. montenegrina* byl studován isotyp taxonu. Jelikož v položce nebyl dostatek vhodných plodných rostlin, nemohla být přímo zahrnuta do mnohorozměrných analýz. Byly proto změřeny pouze určité znaky, které se ukázaly být statisticky významné.

2.1.2. Měřené znaky

Sledovány byly jak znaky tradičně považované za důležité pro odlišení jednotlivých taxonů komplexu, tak i další znaky, u kterých byla předchozím studiem zjištěna variabilita. Z každé položky, která byla pro účely dalšího statistického zpracování považována za populaci, byly náhodně vybrány 3 plodné rostliny s neodvíčkovými tobolkami. Na každé z nich pak byly zaznamenávány znaky celkového habitu rostliny a znaky jejího sporofytu. Znaky gametofytu byly měřeny na 3 horních listech z každé rostliny, vybírány byly obvykle listy vyrůstající těsně pod perichaetiemi. Tyto listy byly pro měření nejvhodnější z toho důvodu, že většinou nebyly poškozené, a zároveň měly optimálně vyvinuté znaky žebra (vlastní perichaetiální listy jsou často tvarově odlišné, listy dolní části lodyhy jsou drobnější, bývají odumřelé a u *T. muralis* mají někdy kratší vybíhavou část žebra). Z některých naměřených hodnot byly vypočítány další „poměrné“ proměnné, které charakterizují vztah dvou znaků (např. poměr délky a šířky listu), nebo udávají relativní (procentické) hodnoty znaku. Celkem bylo zaznamenáno 29 znaků gametoforu a 17 znaků sporofytu; jejich seznam je uveden v tab. 1.

Tab.1. Přehled měřených znaků. 'typ' udává charakter proměnné: K – kvantitativní, KP – kvantitativní, vypočtené jako poměr jiných znaků, S – semikvantitativní (v závorce uveden počet stupňů), B – binární; 'měř.' udává zařízení použité k měření znaku: b – binokulární lupa OLYMPUS SZ30, m – mikroskop OLYMPUS, čísla v závorce: použité zvětšení / přesnost, s jakou byly hodnoty zaznamenávány.

číslo	zkratka	definice	typ	měř.
1	<i>StetDel</i>	délka štětu	K	b (10x / 0,25 mm)
2	<i>TobDel</i>	délka tobolky	K	b (20x / 0,05 mm)
3	<i>TobSir</i>	šířka tobolky	K	b (20x / 0,05 mm)
4	<i>Tob_D/S</i>	délka tobolky / šířka tobolky	KP	
5	<i>Stet/Tob_D</i>	délka štětu / délka tobolky	KP	
6	<i>VicDel</i>	délka víčka	K	b (40x / 0,025 mm)
7	<i>VicSir</i>	šířka víčka	K	b (40x / 0,025 mm)
8	<i>Vic_D/S</i>	délka víčka / šířka víčka	KP	
9	<i>Tob/Vi_D</i>	délka tobolky / délka víčka	KP	

Tab.1. Přehled měřených znaků. (pokračování)

číslo	zkratka	definice	typ	měř.
10	<i>ZatoZu</i>	počet otáček zubů obústí (pokud < 1, odhadováno s přesností na ca 0,2 otáčky)	K	b (45x)
11	<i>ObuDel</i>	délka obústí (vč. bazální membrány)	K	b (40x / 0,025 mm), m (400x / 2,5 μm)
12	<i>filif_zub</i>	přítomnost niťovitých ramen zubů obústí; 0 – bez ramen, 1 – ramena vyvinutá	B	b (45x), m (100x)
13	<i>Memb</i>	výška bazální membrány	K	m (400x / 2,5 μm)
14	<i>ExoSir</i>	šířka exotheciálních buněk ve střední části tobolky	K	m (1000x / 1 μm)
15	<i>ExoDel</i>	délka exotheciálních buněk ve střední části tobolky	K	m (1000x / 1 μm)
16	<i>Exo_D/S</i>	délka exotheciálních buněk / šířka exotheciálních buněk	KP	
17	<i>SpoVel</i>	velikost spor	K	m (1000x / 1 μm)
18	<i>VysRost</i>	délka rostliny (měřeno vč. listů)	K	b (10x / 0,1 mm)
19	<i>LodDel</i>	délka lodyhy (měřeno po bázi štětu)	K	b (10x / 0,1 mm)
20	<i>LisDel</i>	délka čepele listu	K	m (40x / 0,025 mm)
21	<i>VybDel</i>	délka vyběhové části žebra	K	m (40x / 0,025 mm, 400x / 2,5 μm, 1000x / 1 μm)
22	<i>VybDel_R</i>	% délka vyběhové části žebra (vztaheno na délku čepele listu)	KP	
23	<i>LHTreS</i>	šířka horní třetiny listu	K	m (100x / 0,01 mm)
24	<i>LHTreS_R</i>	šířka horní třetiny listu / délka čepele listu	KP	
25	<i>SiHtr/Si</i>	šířka horní třetiny listu / šířka listu	KP	
26	<i>LisSir</i>	šířka listu	K	m (100x / 0,01 μm)
27	<i>LisSir_R</i>	relativní šířka listu (vztaheno na % délky čepele listu)	KP	
28	<i>Lis_D/S</i>	délka čepele listu / šířka listu	KP	
29	<i>NejsLi_R</i>	nejširší místo od báze listu / délka čepele listu	KP	
30	<i>DelLem_R</i>	délka nepapilnaté části kraje čepele listu (lemu) / délka čepele listu	KP	m (40x / 0,025 mm, 400x, 1000x)
31	<i>rDeLem_R</i>	(délka nepapilnaté části kraje listu – délka oblasti nepapilnatých dolních buněk čepele listu) / délka čepele listu	KP	
32	<i>PapBun_R</i>	délka oblasti nepapilnatých dolních buněk čepele listu / délka čepele listu	KP	
33	<i>OhrHor</i>	začátek horního ohrnutí (měřeno od špice čepele listu)	K	m (400x / 2,5 μm)
34	<i>ZebSir</i>	šířka žebra	K	m (400x / 2,5 μm)
35	<i>ZebSir_R</i>	relativní šířka žebra (vztaheno na % šířky listu)	KP	
36	<i>OhrMax</i>	šířka ohrnutí listu	K	m (1000x / 1 μm)
37	<i>OhrM/SLi</i>	relativní šířka ohrnutí listu (vztaheno na % šířky listu)	KP	
38	<i>BBdel</i>	délka bazálních buněk listu	K	m (1000x / 1 μm)
39	<i>BBsir</i>	šířka bazálních buněk listu	K	m (1000x / 1 μm)
40	<i>BBd/s</i>	délka bazálních buněk listu / šířka bazálních buněk listu	KP	
41	<i>BunSir</i>	šířka horních buněk čepele listu (měřeno na příčném řezu v horní třetině čepele)	K	m (1000x / 0,5 μm)
42	<i>OhrPrum</i>	průměr úhlů stočení ohrnutí obou okrajů listu v polovině délky čepele (měřeno na příčném řezu listem, s přesností na 45°, zohledňováno vzhledem k úseku ca 1/3 délky čepele od kraje listu)	K	m (400x)
43	<i>ztl_zebr</i>	žebro nejširší v horní polovině délky čepele listu	B	m (40x, 400x)
44	<i>chlup_pl</i>	přítomnost hyalinních vybíhání žebra aspoň na některých listech měřených rostlin	B	b
45	<i>spiral</i>	přítomnost spirálního vinutí listů za sucha; 0 – nepravidelně pokroucené, 1 – naznačené spirální vinutí, 2 – jasné spirální vinutí	S (3)	b
46	<i>sex</i>	rozmístění gametangií (autoické nebo dioické)	B	b

Metodiku měření nebylo možné dodržet u položky českých rostlin *T. lingulata* z lokality u Peruce. Při sběru položky na lokalitě se nepodařilo získat dostatečné množství plodných rostlin; také Pilousova položka z této lokality obsahovala pouze jedinou plodnou rostlinu s neodvíčkovanou tobolkou. Proto bylo na jedno měření použito kromě 2 rostlin z vlastního sběru (Košnar No. 577) také jedna plodná rostlina z položky Z. Pilouse. U obou položek nebylo navíc možno pro měření použít listy z plodných lodyh, protože byly silně poškozené. Místo listů z rostlin nesoucích štěty byly tedy měřeny listy z 3 jiných sterilních samičích rostlin (z položky Košnar No. 577).

Problematické bylo měření charakteristik obústí, které se mezi jednotlivými položkami a taxony často velmi lišilo. Výška bazální membrány (znak č. 13) v jednotlivých částech obvodu obústí často kolísá; jelikož se také ne vždy podařilo vypreparovat celé neporušené obústí, nebylo objektivní zaznamenávat např. maximální výšku bazální membrány. Proto byla u každého měřeného obústí zaznamenávána její výška na 3 náhodně vybraných místech a zprůměrována. Většina rostlin *T. muralis* měla obústí s dlouhými, spirálně vinutými nit'ovitými zuby. Jejich délka a vinutost se ale liší za vlhka a za sucha, kdy se zuby více svinou a jeví se jako kratší (rozdíl může být až 100 μm). U rostlin s kratším obústím (*T. obtusifolia*, *T. lingulata*) bylo nutno obústí, kvůli jeho často nepatrným rozměrům, měřit pod mikroskopem a za vlhka. Bylo proto rozhodnuto posuzovat všechny tyto znaky ve vlhkém stavu v kapce vody. Pokud délka obústí nepřesahovala ca 350 μm , byl proveden podélný řez tobolkou, obústí bylo následně opatrně odděleno od stěny tobolky a měřeno pod mikroskopem. U rostlin s obústím delším byla jeho délka měřena pod stereolupou přímo na tobolce, a to od kolmého průmětu spodního okraje buněk prstence, neboť takto dlouhé obústí většinou nebylo možné vypreparovat bez jeho porušení. U některých rostlin *T. obtusifolia* byly pozorovány velmi redukované zuby obústí, tvořené prakticky pouze bazálními částmi zubů nerozdělenými ve vlastní nit'ovitá ramena. Proto byla také hodnocena přítomnost nit'ovitých ramen zubů (znak č. 12).

Velikost spor (znak č. 17) byla měřena u 3 náhodně vybraných zralých spor z každé tobolky; pokud v tobolce nebyly zralé spory, byly měřeny spory z jiné plodné rostliny dané položky. Celkově tedy bylo na jednu položku (populaci) zaznamenávána velikost u 9 spor; jedinými výjimkami byly měření č. 6, u kterého byly kvůli nedostatku zralých spor měřeny jen 3 spory, a isotypová položky *T. montenegrina*, u které bylo měřeno z každé tobolky vždy 15 spor. Podobně byly zaznamenávány buněčné rozměry, vždy měřené na 3 buňkách příslušné části rostliny: u exotheciálních buněk byly měřeny 3 buňky ze všech 3 tobolek (znaky č. 14 a 15), u buněk listu (znak č. 41) byly měřeny 3 buňky na 3 různých listech (vždy 1 náhodně vybraný z jedné měřené rostliny, měřeno na příčném řezu listem přibližně v horní třetině délky čepele).

Obtížné bylo zachycení tvaru špičky listu. Teoreticky by bylo správné rozlišovat špičku vyplněnou vlastním vybíhajícím žebrem, a nasazenou špičku, kdy hrotité zakončení žebra není tvořeno diferencovanými buňkami žebra, ale vyčnívajícími buňkami čepele listu. Tento přístup by byl ale náročnější, protože hranice konce žebra je poměrně obtížně stanovitelná. S jistým zjednodušením tedy byly za vybíhání žebra (znaky č. 21 a 22) považovány i případy nasazené špičky, přičemž byly měřena špička tvořená buňkami v linii pokračování žebra.

V určovací literatuře je někdy jako determinační znak uváděna přítomnost lemu na okrajích listu, který má být tvořen ztlustlými a méně papilnatými až hladkými buňkami. Tento znak se dosti obtížně kvantifikuje, neboť spojuje dvě charakteristiky příslušných buněk (ztlustlost a papilnatost). Pro účely měření (znak č. 30) byl tedy tento lem definován jako část kraje listu, která byla tvořena hladkými, nepapilnatými buňkami, tj. bez ohledu na ztlustlost jejich buněčných stěn; z hodnot pro oba kraje listu byla zaznamenávána ta vyšší. V průběhu měření vyšlo najevo, že vlastní délka nepapilnaté části lemu je ovlivněna také tím, v které

části listu (bráno od listové báze) se začínají objevovat papily na buňkách čepele – např. u listu, kde nepapilnaté buňky tvoří 60 % délky listu, jeho lem logicky nemůže být kratší. Aby byl odfiltrován tento vliv délky regionu nepapilnatých dolních buněk listu (znak č. 31), byla délka lemu také vyčíslena jen od té části listu, kde se objevují první papily na ostatních buňkách čepele (znak č. 31, definice viz tab. 1).

Rozmístění gametangií (znak č. 46) byl zjišťován pouze u bohatších položek, a nebyl zohledněn ve statistických analýzách. U těchto mechů byla totiž zjištěna heteroeocie (Shaw 2000), kdy velká část porostu je tvořena rostlinami jednodomými a pouze zlomek rostlinami nesoucími oba typy gametangií.

2.1.3. Klasifikace položek do jednotlivých taxonů

Měřené položky byly pro účely statistického zpracování rozděleny do 6 skupin (viz níže), a to na základě hlavních determinačních znaků uváděných v literatuře.

Při klasifikaci položek se vyskytly značné problémy s vymezením taxonů *T. obtusifolia* a *T. muralis* var. *aestiva*. Aby bylo vůbec možné položky rozdělit, bylo nejdřív nutné nastudovat větší množství položek obou taxonů. Ukázalo se, že sice existují rostliny jednoznačně určitelné jako *T. obtusifolia*, resp. *T. muralis* var. *aestiva*, ale zároveň byla objevena značná část rostlin přechodných. Jako hlavní morfologické znaky typických rostlin obou taxonů se jeví 3 charakteristiky: celková délka obústí a vyvinutost jeho niťovitých zubů, barva vybíhavé části žebra (do jisté míry korelovaná s jeho délkou), a habitus rostlin za sucha. Dle těchto znaků byly rostliny klasifikovány následujícím způsobem:

- a) za typické rostliny *T. obtusifolia* (1. skupina) byly nakonec považovány položky s velmi redukováným obústím bez vinutých niťovitých ramen zubů, vybíháním žebra nehyalinním, a spirálně vinutými listy za sucha; jedinou výjimkou byla do jisté míry položka č. 43, u které byly niťovité zuby v malé části obústí krátce naznačené. Všechny tyto rostliny pocházely dle údajů ze sched z primárních stanovišť, pokud nebylo stanoviště výslovně uvedeno, šlo alespoň o rostliny z vyšších nadmořských výšek (většinou nad 1000 m n.m.).
- b) za *T. muralis* var. *aestiva* (2. skupina) byly označeny pouze rostliny s jasně vyvinutými niťovitými zuby obústí – ca 400 μm a více, a nespírálním vinutím listů. Vlastní délku vybíhavé části žebra nebylo možno pro odlišení od *T. obtusifolia* přímo zohlednit z toho důvodu, že byla zjištěna značná variabilita tohoto znaku v rámci jedné kolonie mechu, a často i na jedné rostlině. (Žádný autorů ostatně nepopírá možnost, že se oba taxony v minimálních hodnotách znaku překrývají). Přesto u většiny rostlin, zahrnutých pod *T. muralis* var. *aestiva*, bylo nakonec žebro u většiny listů déle vybíhavé (ca 2–270 μm), často bylo aspoň na některých i hyalinní; vyskytly se ale i rostliny s žebrem vybíhavým podobně krátce, jako u rostlin přiřazených k *T. obtusifolia* (u té dosahovala jeho délka nejčastěji 5–25 μm). Podle údajů na schedách rostliny *T. muralis* var. *aestiva* pocházely hlavně ze sekundárních stanovišť, v menší míře také z primárních.
- c) přechodné rostliny, označené jako *T. muralis* var. *aestiva* – *T. obtusifolia* (3. skupina), pak vykazovaly různé kombinace těchto 3 znaků. Byly to tedy buď rostliny s redukováným obústím typické *T. obtusifolia*, ale déle hyalinně vybíhavým žebrem, nebo typy s různou délkou vybíhání žebra a vyvinutými niťovitými zuby, které ale kvůli jejich kratší délce (ca do 400) nebylo možno jednoznačně přiřadit k *T. muralis*. Charakter jejich stanovišť byl obdobný jako u *T. obtusifolia*, pravděpodobně také nikdy nešlo o rostliny sekundárních stanovišť.

Také vymezení obou variet *T. muralis* bylo obtížné; během studia položek vyšlo najevo, že v hlavním rozlišovacím znaku, tj. délce vybíhavé části žebra, existuje kontinuum. Byly tedy stanoveny víceméně arbitrární hranice. Za *T. muralis* var. *aestiva* byly označeny

rostliny s průměrnou mírou vybíhání žebra do 15 % délky čepele, za *T. muralis* var. *muralis* (4. skupina) rostliny s délkou vybíhání nad 25 %, a položky v rozmezí mezi oběma hranicemi (15 – 25 %) byly označeny jako *T. muralis* var. *aestiva-muralis* (5. skupina).

Jisté obtíže se vyskytly i při vymezení *T. lingulata* (6. skupina). Všechny dostupné položky taxonu z pískovců Pobaltí v průměru odpovídaly popisu taxonu z literatury, ačkoli míra vybíhání žebra byla někdy poněkud vyšší a také délka nepapilnatého lemu značně kolísala. Problémy ale působila variabilita rostlin *T. obtusifolia*; u některých sběrů taxonu bylo totiž žebro jen nepatrně vybíhavé, a velmi vzácně měly listy nepapilnatý lem až do špičky listu (položka č. 40 z Francie). Přesto však byla klasifikace vždy možná. Problematické rostliny *T. obtusifolia* s málo vybíhavým žebrem totiž nikdy nerostly společně s typickými rostlinami *T. lingulata*; jejich lokality ležely značně daleko mimo její areál a rostly na ekologicky odlišném stanovišti (typickém pro *T. obtusifolia*).

2.1.4. Statistické zpracování morfometrických dat

Pro hodnocení dat byly využity zejména mnohorozměrné metody. Byla to analýza hlavních komponent (PCA) a lineární diskriminační analýza (LDA). PCA ordinace, centrovaná a standardizovaná přes jednotlivé měřené znaky, byla použita k objektivní sumarizaci morfologické podobnosti mezi jednotlivými populacemi. LDA sloužila k testování možností rozlišení definovaných skupin; byla provedená jako kanonická korespondenční analýza (CCA) s Hillovým škálováním a s postupným výběrem proměnných, jako druhová data byla použita klasifikace vzorků do výše popsaných skupin, jako vysvětlující proměnné sloužily jednotlivé morfologické znaky. Jelikož LDA vyžaduje nekorelované vysvětlující proměnné (znaky) a také jejich mnohorozměrné normální rozdělení (Marhold et Suda 2002), byly před vlastní analýzou provedeny testy korelací mezi jednotlivými znaky a testy normality distribuce hodnot jednotlivých proměnných Shapiro-Wilkovým testem (vše v programu Statistica for Windows 5.5 – Anonymus 1999). Z každého páru testovaných znaků, u nichž byla absolutní hodnota Pearsonova korelačního koeficientu větší než 0.9, byl do LDA zahrnut pouze jeden znak. Ve snaze co nejvíce přiblížit hodnoty znaků normálnímu rozdělení byly hodnoty některých z nich transformovány odmocninnou [$x' = \sqrt{(x + 1)}$] nebo logaritmickou [$x' = \ln(x + 1)$] transformací. Vlastní mnohorozměrné analýzy byly vždy prováděné v programu Canoco for Windows 4.5 (ter Braak et Šmilauer 2002), konstrukce ordinačních diagramů v CanoDraw for Windows 4.0 (ter Braak et Šmilauer 2002). Mnohorozměrné analýzy zahrnovaly následující kroky:

- 1) Celková PCA se zahrnutím všech 65 měřených položek a 45 zaznamenávaných znaků. Sloužila zejména k orientaci v datech a navržení dalších postupů.
- 2) Dílčí analýzy skupin taxonů vylišených v celkové analýze; byly to konkrétně skupiny *T. lingulata* – *T. obtusifolia*, *T. lingulata* – *T. muralis* var. *aestiva* a *T. obtusifolia* – *T. muralis* var. *aestiva*.

Pro každý znak byly u jednotlivých taxonů nakonec spočítány popisné statistiky v programu Statistica for Windows 5.5.

2.2. Kultivační experiment

2.2.1. Materiál a kultivace

Pro kultivaci ve standardizovaných podmínkách byly použity vzorky z celkem asi 120 položek taxonů *T. muralis* (var. *muralis* i var. *aestiva*), *T. obtusifolia* a *T. lingulata*. Jednalo se tedy o rostliny klasicky vysušené, jejichž stáří se pohybovalo nejčastěji od několika týdnů do 1 roku; pokusně byly také zkoušeny starší položky (až do 17 let od sběru).

Ačkoli v současné době bylo u mechorostů úspěšně vyzkoušeno několik kultivačních médií a metod, většina autorů se specializuje spíše na problematiku získávání aseptických

kultur (přehled podává např. Duckett et al. 2004). Tyto postupy využívající laboratorní média jsou ale poměrně metodicky náročné, byla proto vyzkoušena kultivace přímo na přírodním materiálu. Ta byla již také u mnohých mechorostů úspěšně použita, většinou u terestrických druhů (r. *Weissia* – Shaw 1987, *Dicranum* – Briggs 1964, *Philonotis* – Buryová et Shaw 2005). Jelikož taxony okruhu *T. muralis* jsou bazofilní, byl jako kultivační substrát použit krystalický vápenec sbíraný v okolí Českého Krumlova. Propláchnuté lodyhy mechu byly zbaveny viditelně odumřelých spodních částí rostliny, a kultivovány v Petriho miskách na ca 2–5 mm vysoké vrstvě rozdrčeného vápence. Misky byly umístěny na parapet JV orientovaného okna. Substrát byl stále udržován mírně vlhký; zalévání bylo omezeno pouze při silnějším rozvoji plísňové a řasové kontaminace. Ta byla ze substrátu odstraňována mechanicky pomocí pinzety, pokud se přenesla i na rostliny mechu, byly odstraněny a nahrazeny jinými lodyhami z dané položky. Rostliny byly kultivovány do doby, než se podařilo získat dostatek dobře vyvinutých lodyh, které se velikostí blížily původním rostlinám a vykazovaly znaky dospělých rostlin (dobře vyvinuté žebro, papilnaté horní buňky čepele). Odběry rostlin pro měření byly prováděny po 5–7 měsících.

2.2.2. Morfometrická měření a statistické zpracování dat

Smyslem kultivačního pěstování bylo srovnání rostlin z ekologicky odlišných původních stanovišť, a nových rostlin vegetativně regenerujících v jednotných podmínkách kultivace. Byly proto měřeny rostliny z původních položek, a k nim pak jejich materiál pocházející z kultivace. Z položky a kultivovaného materiálu bylo vybráno vždy po 3 rostlinách, na nichž byly měřeny rozměry 3 horních listů. Veškerá měření byla prováděna pomocí mikroskopu OLYMPUS CH30, kromě vlastních naměřených hodnot byly vypočítány také některé „poměrné“ proměnné; seznam všech znaků je v tab. 2. Data ze 3 rostlin byla zprůměrována (zvláště pro rostliny z položek a z kultivací) a zhodnocena pomocí popisné statistiky.

Tab. 2. Přehled znaků měřených pro srovnávací kultivaci. 'typ' udává charakter proměnné: K – kvantitativní, KP – kvantitativní, vypočtené jako poměr jiných znaků, 'měř.': použité zvětšení / přesnost, s jakou byly hodnoty zaznamenávány.

číslo	zkratka	definice	typ	měř.
1	<i>LisDel</i>	délka čepele listu	K	40x / 0,025 mm, 100x / 0,01 mm
2	<i>LisSir</i>	šířka listu	K	100x / 0,01 mm, 400x / 2,5 μm
3	<i>Lis_D/S</i>	délka čepele listu / šířka listu	KP	
4	<i>VybDel</i>	délka vybíhavé části žebra	K	40x / 0,025 mm, 400x / 2,5 μm, 1000x / 1 μm
5	<i>VybDel_R</i>	délka vybíhavé části žebra / délka čepele listu	KP	

2.3. Stanovení ploidie a absolutního obsahu DNA pomocí průtokové cytometrie

K cytometrickému zpracování bylo použito celkem asi 280 vzorků, od čerstvých rostlin až po herbářové položky staré zhruba 3 roky. Z každého trsu mechu byla odebrána část rostlin na přípravu vlastního vzorku, která většinou probíhala několik dní před analýzou; u mohutnějších typů bylo vybráno ca 30 lodyh mechu, u drobnějších (zejména u *T. lingulata* a *T. obtusifolia*) přibližně 50–100 lodyh. Z propláchnutých rostlin byly odstraněny diploidní sporofyty a viditelně odumřelé části lodyhy. Do doby vlastní analýzy byly vzorky uchovány v navlhčeném stavu (v lednici), nebo byly opětovně vysušeny.

Analýzy byly prováděny v r. 2006 v laboratoři průtokové cytometrie Botanického ústavu AV ČR v Průhonicích. Jako extrakční pufr byl použit roztok LB01, do kterého bylo

přímo přidáno fluorescenční barvivo. Nejčastěji byl používán propidium iodid (PI), který byl také používán k analýzám stanovení obsahu DNA, méně často byl použit i 4,6-diamidino-2-fenylindol (DAPI). Za interní standard byla použita *Glycine max*. Použití tohoto standardu není úplně ideální, neboť velikost genomu standardu by se měla co nejvíce blížit velikosti genomu analyzovaného objektu (Suda 2004). Bohužel ale nebylo možno použít jako standard *Raphanus sativus* s menším genomem, neboť tato rostlina při pokusných analýzách způsobovala svými sekundárními metabolity „šum“, znemožňující interpretaci výsledných histogramů. *Glycine max* také ale využívaly i další recentní studie pracující s mechorosty (Voglmayr 2000). Vzorek mechu byl spolu s částí listu standardu rozsekán žiletkou v Petriho misce s 1 ml pufru, výsledný roztok byl přefiltrován a nakonec zpracován na přístroji Partec CyFlow (pro vzorky barvené PI), nebo Partec Ploidy Analyser PA-II (pro DAPI).

Analýza histogramů byla prováděna v programu Partec FloMax 2.4d. Pro výpočet absolutního obsahu DNA byly použity pouze histogramy, u nichž koeficient variance (CV) u mechu ani interního standardu nepřesáhl 5 %. V případě více opakování z jedné položky (popř. jedné spojitě populace) byly hodnoty obsahu DNA zprůměrovány, a nakonec byl vypočten průměrný obsah DNA z hodnot získaných ze všech jejich analyzovaných položek. Protože u taxonu *T. muralis* byly zjištěny 2 různé cytotypy, bylo dále vyčísleno jejich zastoupení v rámci obou variet; to bylo vztaženo na % lokalit, přičemž za jednu lokalitu byly považovány místa sběru vzdálená max. 100 m.

Celkově se podařilo úspěšně analyzovat 151 vzorků: 129 od *T. muralis* (37 od var. *aestiva*, 62 od var. *muralis*, 31 od var. *aestiva – muralis*), 8 od *T. lingulata*, 12 od *T. obtusifolia* a 2 *T. aestiva* var. *aestiva – T. obtusifolia*.

Samotná cytometrická analýza poskytuje pouze nepřímou informaci o velikosti genomu, její výsledek je vztažen ke standardu. Aby bylo možno tyto relativní výsledky přiřadit k určitému počtu chromozomů, je nutno u některého analyzovaného vzorku zjistit jeho chromozomové číslo. U rostlin z kultivace byly prováděny pokusy o zjištění mitotického chromozomového čísla z juvenilních částí mladých rostlin (růstových vrcholů rostlin). Veškeré pokusy, prováděné dle metodik užívaných pro kořenové špičky cévnatých rostlin (Krahulcová 1998), nebo podle upravených metodik použitých i na samotné *T. muralis* (Aydin et Keserciğlu 2003), byly ale bohužel neúspěšné. Při použití p-dichlorbenzenu, bromnaftalenu i kolchicinu se pouze podařilo obarvit jádra, ale nevyskytly se vhodné interfázické chromozomy.

2.4. Studium ekologie jednotlivých taxonů

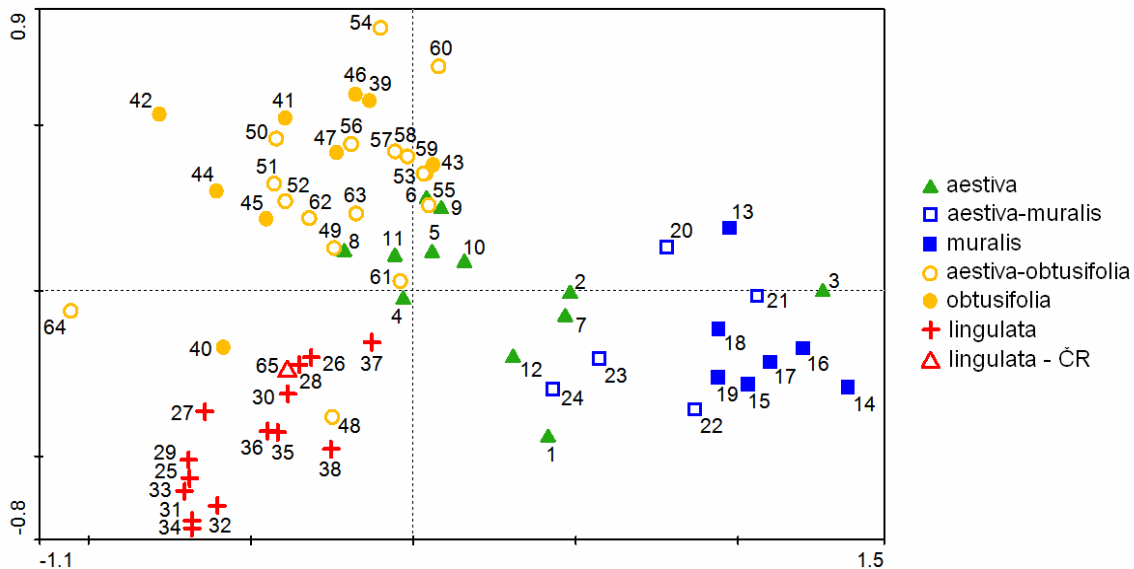
Poznatky o ekologických nárocích jednotlivých taxonů komplexu byly získávány především při sběru herbářových položek pro potřeby morfologické analýzy. Obě všeobecně rozšířené variety *T. muralis* byly pozorovány na desítkách stanovišť; pro získání materiálu ostatních taxonů bylo nutné podniknout cestu do oblastí jejich hojnějšího výskytu. *T. lingulata* byla v relativně hojně míře pozorována na pískovcích NP Gauja v Lotyšsku, a také na jediné české lokalitě u Peruce (okr. Louny). Rostliny určitelné jako *T. obtusifolia* byly pozorovány na 2 známých slovenských lokalitách (Krupinská planina, Zvolenská kotlina), v severním Maďarsku (Visegrád) a Rakousku (Radstädter Tauern). V terénu byly sledovány empiricky zjistitelné faktory stanoviště – míra zástiny, vlhkost, typ substrátu, orientace aj., a doprovodné druhy ostatních mechorostů; ty bylo možno v některých případech rovněž zaznamenávat i v historických položkách.

3. VÝSLEDKY

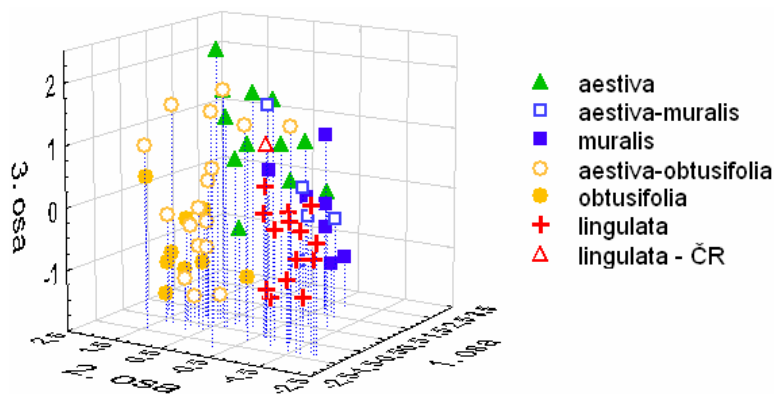
3.1. Morfometrie

3.1.1. PCA analýza všech položek

Analýza hlavních komponent vysvětlila celkem 63,5 % celkové variability souboru dat; 1. osa vysvětlila 33,0 %, 2. osa 13,4 % a 3. osa 10,1 % variability. V grafu 1. a 2. osy (obr. 1) je patrné zejména poměrně nápadné oddělení shluku položek *T. lingulata*, do kterého spadá i populace české lokality. Zbývající položky tvoří podél první osy spíše kontinuum. Je to dáno především velkým rozsahem variability rostlin *T. muralis*; obě její variety do sebe plynule přecházejí přes nevyhraněné rostliny (*T. muralis* var. *aestiva* – *muralis*). Podobná je situace u shluku *T. obtusifolia* – *T. muralis* var. *aestiva*; vyhraněné, jasně určitelné formy obou taxonů jsou separované podle kombinace prvních tří PCA os (obr. 1, 2), ale opět existuje spojení obou skupin přes přechodné formy (*T. muralis* var. *aestiva* – *T. obtusifolia*). Na druhou stranu je poměrně jasné odlišení populací *T. muralis* var. *muralis* od všech forem *T. obtusifolia* i *T. lingulata*.



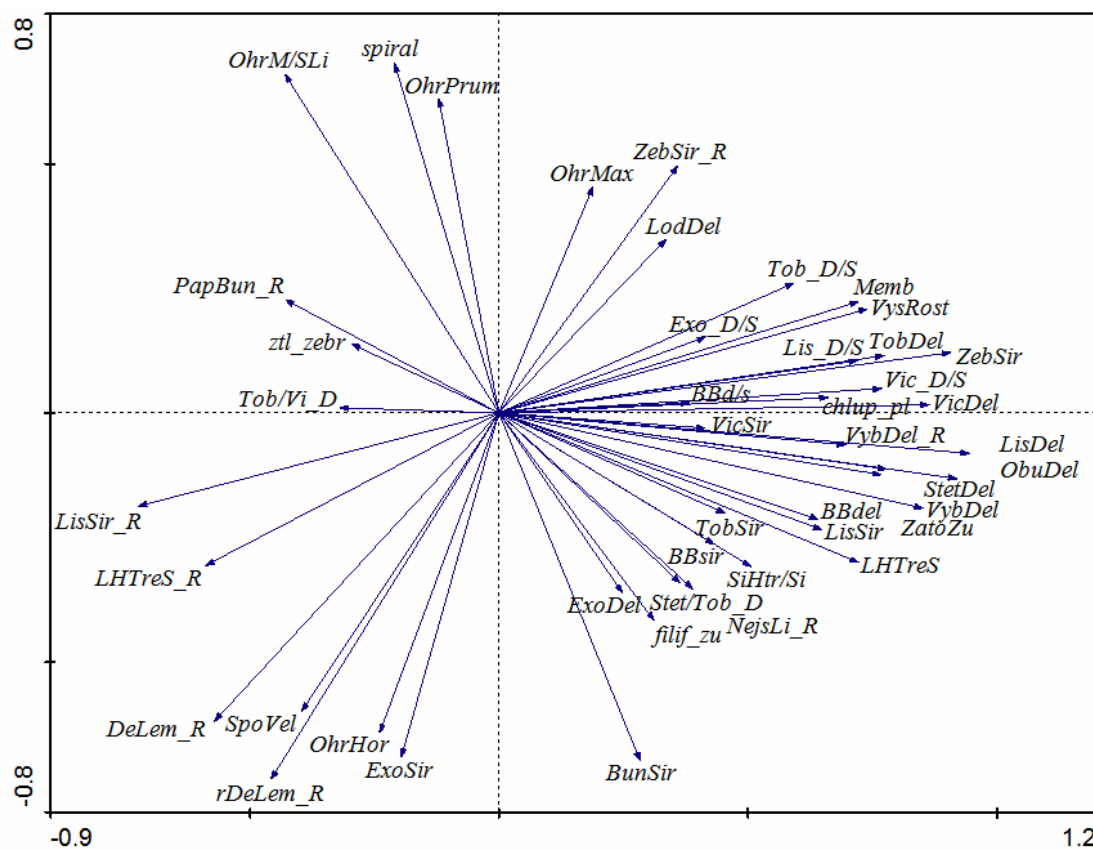
Obr. 1. PCA ordinace položek všech taxonů za použití 45 morfologických znaků – 1. a 2. osa. (čísla položek – viz seznam v Příloze 1).



Obr. 2. PCA ordinace položek všech taxonů za použití 45 morfologických znaků – 1., 2. a 3. osa. (čísla položek – viz seznam v Příloze 1).

Projekce jednotlivých měřených znaků do ordinačního prostoru je na obr. 3. Z grafu vyplývá, že první osa je pozitivně korelována se znaky, které typicky dosahují vyšších hodnot u vyhraněných rostlin některé ze dvou variet *T. muralis*. Jedná se o podstatnou část rozměrových charakteristik – délky štětu, obústí, bazální membrány, tobolky, víčka, listu, výška rostliny, šířka žebra, a také proměnné délky vybíhání žebra. Negativně je první osa korelována se znaky převládajícími u *T. lingulata* a *T. obtusifolia* – relativně širšími listy, větší velikostí oblasti nepapilnatých dolních buněk listu a relativně kratším víčkem.

Druhá osa je spjatá se znaky navzájem oddělujícími *T. lingulata* od *T. obtusifolia*. Pro skupinu položek *T. lingulata* je charakteristická zejména vyšší hodnota proměnných vyjadřujících délku listového lemu, větší rozměry některých buněčných struktur (velikost spor, šířka exotheciálních buněk) a delší část neohrnuté části vrcholu listu. Skupina *T. obtusifolia* je pak charakteristická spirálním olistěním lodyh, menšími buňkami exothecia a listové čepele, a tendencí k širšímu a silnějšímu ohrnutí listů.



Obr. 3. PCA ordinace položek všech taxonů, znázornění jednotlivých morfologických znaků, 1. a 2. osa (zkratky proměnných viz Tab. 1).

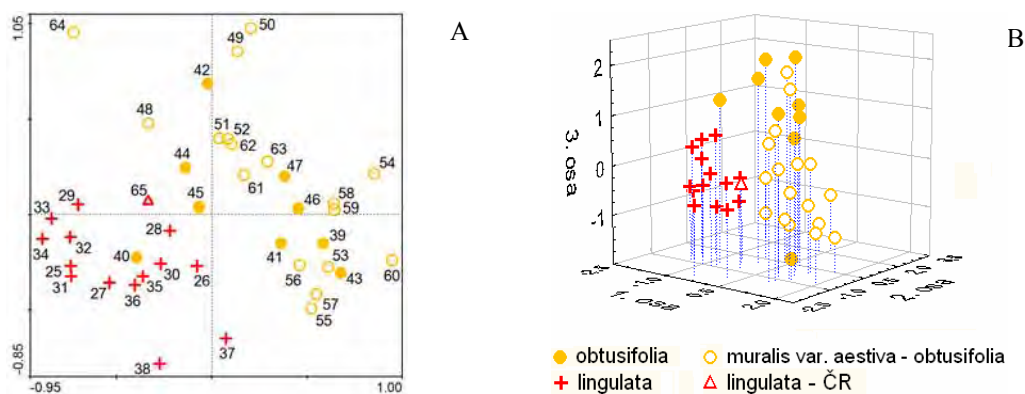
Z výsledků celkové PCA analýzy vyplývá, že nejlépe diferencovaným taxonem je *T. lingulata*; bez problémů odlišitelné jsou také formy *T. muralis* s delším vybíhavým žebrem (var. *muralis*, „přechodné“ typy var. *aestiva* – var. *muralis* a některé populace var. *aestiva*). Rozlišení ostatních taxonů je obtížnější, proto je užitečné přistoupit k samostatným analýzám dvojic jednotlivých taxonů. Samostatné analýzy mají větší potenciál k prověření možností rozlišení jednotlivých skupin a k určení znaků užitečných pro jejich separaci.

3.1.2. Analýza skupiny *T. lingulata* – *T. obtusifolia*

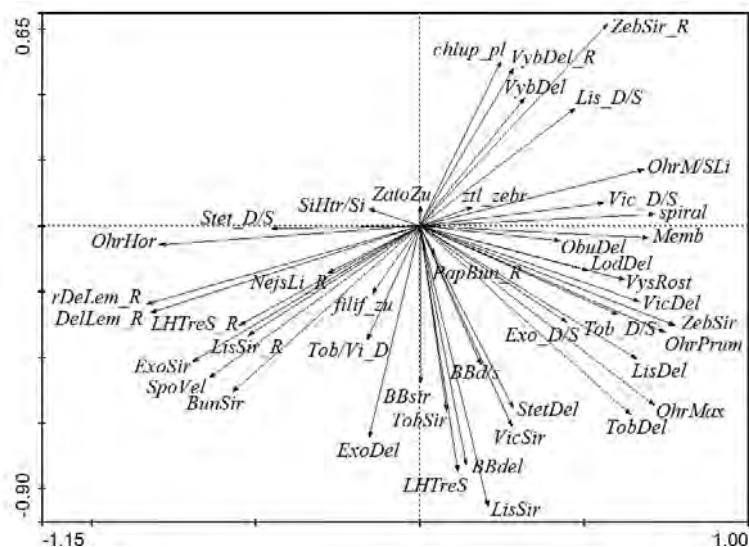
3.1.2.1. Analýza hlavních komponent

Do analýzy byly zahrnuty jak rostliny typické formy obou taxonů, tak i rostliny přechodné, označené jako *T. muralis* var. *aestiva* – *T. obtusifolia*. Ordinační osy vysvětlily dohromady 60,8 % variability; 1. osa vysvětlila 25,4 %, 2. osa 16,1 % a 3. osa 11,3 % variability. Podobně jako v celkové analýze, skupiny obou taxonů se poměrně dobře odlišují (obr. 4). Jedině v případě položky č. 40 dochází k propojení skupin. Jedná se o extrémní, drobnou formu *T. obtusifolia* s nevybíhávým žebrem a nepapilnatým lemem, která pochází z francouzských Alp; ačkoli na grafu 1. a 2. osy spadá do shluku položek *T. lingulata*, je od něj do jisté míry separována podél 3. osy (obr. 4 B).

Z promítnutí jednotlivých znaků do ordinačního diagramu (obr. 5) lze usuzovat o vlivu jednotlivých znaků na separaci skupin. Závěry jsou opět podobné jako v celkové analýze všech položek. *T. lingulata* se odlišuje delším lemem, delší neohrnutou částí špičky listu, delšími a širšími exotheciálními buňkami. Oproti celkové analýze se ale také ukázalo, že rostliny *T. obtusifolia* dosahují vyšších hodnot u následujících znaků: výška rostliny, délka lodyhy, relativní šířka žebra, relativní délka listu, délka vybíhání žebra listu, výška bazální membrány.



Obr. 4. PCA ordinace položek skupiny *T. lingulata* – *T. obtusifolia* za použití 45 morfologických znaků. A – 1. a 2. osa, B – 1., 2. a 3. osa. (čísla položek – viz seznam v Příloze 1).



Obr. 5. PCA ordinace položek taxonů skupiny *T. lingulata* – *T. obtusifolia*, znázornění jednotlivých morfologických znaků, 1. a 2. osa (zkratky proměnných viz Tab. 1).

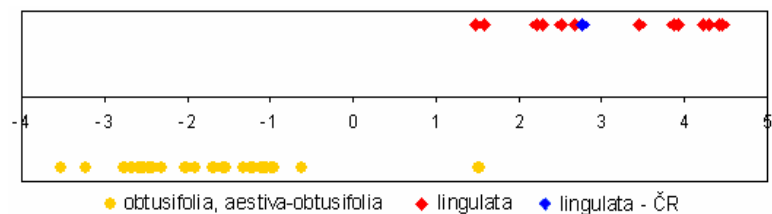
3.1.2.2. Lineární diskriminační analýza

Protože pro tuto analýzu bylo k dispozici 41 položek, bylo možno použít všechny znaky, které splňovaly obecné předpoklady LDA (viz Suda 2002). Jelikož klasifikace taxonů se odvíjela od kombinace několika znaků (délka lemu, délka vybíhání žebra), přičemž byl rovněž zohledňován původ rostlin (skupina *T. lingulata* zahrnovala pouze položky s téměř nevybíhavým žebrem, pocházející z pískovců Pobaltí a jeden vzorek z české lokality u Peruce), bylo vhodné zahrnout do analýzy a otestovat i znaky tradičně uváděné pro determinaci rostlin; seznam použitých znaků je v Tab. 4.

V Tab. 3 jsou uvedeny znaky průkazné při postupném výběru znaků. Vybraná kombinace těchto znaků vysvětluje 84,8 % variability souboru. V grafu LDA (obr. 6) je patrná poměrně dobrá separace položek taxonů; jedinou výjimkou je problematická položka *T. obtusifolia* č. 40 z Francie s některými netypickými znaky (málo vybíhavé žebro, dlouhý lem), která působí překryv s *T. lingulata*. Tato položka se ale přesto odlišuje od *T. lingulata* menší velikostí spor (průměr 10,3 μm), která je dle výsledků LDA nejdůležitějším diskriminačním znakem. V Tab. 4 jsou uvedeny také hodnoty průkazných diskriminačních efektů jednotlivých znaků při jejich samostatném použití pro separaci skupin. Je zajímavé, že největší diskriminační efekt (podmíněný i samostatný) vykazují znaky, které rozhodně nepatří k typicky uváděným charakteristikám k odlišení taxonů. Tradičně uváděná délka vybíhavosti žebra například vysvětluje pouze malé množství variability, a na odlišení skupin se tedy podílí minimálně. V zásadě se ale potvrdila důležitost větší délky nepapilnatého lemu u *T. lingulata*. Překvapivé jsou i větší velikosti buněčných rozměrů u *T. lingulata*, které se projevují na úrovni gametofytu (velikost spor, buněk čepele) i sporofytu (rozměry exotheciálních buněk).

Tab. 3. Znaky signifikantní při postupném výběru. λ – diskriminační efekt znaku, k % – kumulativní procento vysvětlené variability, p – dosažená hladina významnosti permutačního testu při přidání znaku do modelu.

znak	λ	k %	p
SpoVel	0,686	68,6	0,002
rDeLem_R	0,118	80,5	0,002
BBdel	0,044	84,8	0,002



Obr. 6. LDA položek skupiny *T. lingulata* – *T. obtusifolia*.

Tab. 4. Samostatný příspěvek jednotlivých znaků k rozlišení skupin, λ – diskriminační efekt znaku, p – dosažená hladina významnosti permutačního testu při přidání znaku do modelu, log – proměnná upravena logaritmickou transformací, odm – proměnná upravena odmocninnou transformací.

znak	λ	p	znak	λ	p	znak	λ	p
SpoVel	0,686	0,002	VybDel	0,136	0,012	Tob_D/S (log)	0,028	0,308
ExoSir	0,655	0,002	NejsLi_R	0,114	0,026	BBd/s	0,025	0,314
rDeLem_R (log)	0,607	0,002	BBdel	0,106	0,024	ObuDel (log)	0,024	0,352
BunSir	0,591	0,002	Lis_D/S	0,096	0,062	StetDel	0,019	0,390
OhrHor (odm)	0,489	0,002	Vic_D/S	0,093	0,064	LisSir	0,018	0,410
ExoDel	0,464	0,002	Stet/Tob_D	0,088	0,056	ztl_zebr (log)	0,014	0,476
Memb (log)	0,419	0,002	VicDel (log)	0,067	0,116	LHTreS	0,011	0,524
ZebSir_R	0,373	0,002	Tob/Vi_D	0,058	0,148	TobDel	0,010	0,568
ZebSir	0,215	0,004	BBsir (log)	0,058	0,146	VicSir	0,006	0,632
LodDel (log)	0,209	0,004	LisDel	0,051	0,168	Exo_D/S	0,000	0,944
OhrM/SLi	0,175	0,010	OhrMax	0,049	0,174	SiHtr/Si	0,000	0,934
OhrPrum (log)	0,161	0,006	TobSir	0,034	0,246	PapBun_R	0,000	0,930

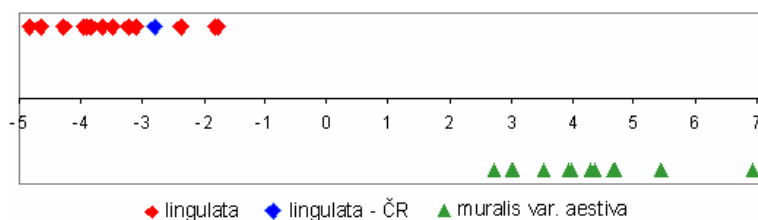
3.1.3. Analýza skupiny *T. lingulata* – *T. muralis* var. *aestiva*

Vlastní diskriminační analýze předcházela samostatná PCA položek obou skupin. Ta sloužila zejména pro vytipování znaků potenciálně významných pro separaci taxonů; jelikož se její výsledky příliš nelišily od celkové PCA analýzy všech položek, není v práci uvedena. Pro LDA bylo k dispozici 26 položek, bylo tedy nutno snížit počet znaků na 23. Z analýzy byly také vyřazeny proměnné vybíhání žebra, v nichž se položky obou taxonů jasně odlišují a na jejichž základě byly klasifikovány.

V Tab. 5 jsou uvedeny znaky průkazné při postupném výběru znaků. Vybraná kombinace těchto znaků vysvětluje 93,4 % variability souboru. V grafu LDA (obr. 7) je patrná dokonalá separace položek taxonů. V Tab. 6 jsou uvedeny hodnoty průkazných diskriminačních efektů jednotlivých znaků při jejich samostatném použití pro separaci skupin.

Tab. 5. Znaky signifikantní při postupném výběru. λ – diskriminační efekt znaku, k % – kumulativní procento vysvětlené variability, p – dosažená hladina významnosti permutačního testu při přidání znaku do modelu.

znak	λ	k %	p
ObuDel	0,782	78,2	0,002
TobSir	0,095	87,7	0,002
BunSir	0,040	91,7	0,004
PapBun_R	0,017	93,4	0,028



Obr. 7. LDA položek skupiny *T. muralis* var. *aestiva* – *T. lingulata*.

Tab. 6. Samostatný příspěvek jednotlivých znaků k rozlišení skupin, λ – diskriminační efekt znaku, p – dosažená hladina významnosti permutačního testu při přidání znaku do modelu, log – proměnná upravena logaritmickou transformací.

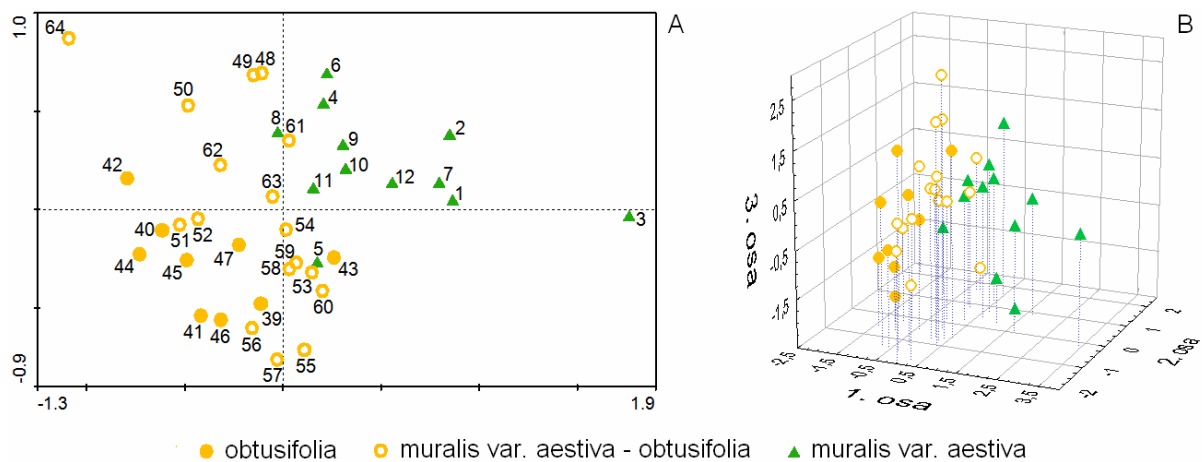
znak	λ	p	znak	λ	p	znak	λ	p
ObuDel (log)	0,782	0,002	BunSir	0,408	0,002	LodDel	0,201	0,016
SpoVel	0,656	0,002	ExoSir	0,341	0,002	OhrMax	0,097	0,122
rDeLem_R	0,648	0,002	Tob_D/S	0,309	0,006	OhrHor	0,089	0,146
LisDel (log)	0,598	0,002	PapBun_R	0,273	0,010	Stet/Tob_D	0,088	0,142
Lis_D/S	0,557	0,002	Tob/Vi_D	0,269	0,010	TobSir	0,031	0,378
ZebSir_R	0,505	0,002	TobDel	0,242	0,014	SiHtr/Si	0,017	0,498
Vic_D/S	0,503	0,002	Exo_D/S	0,233	0,018	LisSir	0,013	0,566
ZebSir (log)	0,462	0,002	StetDel	0,223	0,014			

Pro odlišení taxonů vyšly průkazně jak znaky tradičně zmiňované v literatuře (kratší obústí, delší lem u *T. lingulata*), tak i mnohé další charakteristiky. *T. muralis* var. *aestiva* vykazuje menší hodnoty některých buněčných rozměrů (velikost spor, šířka exotheciálních buněk a buněk listové čepele) než *T. lingulata*; její listy jsou delší a užší, se silnějším žebrem. *T. lingulata* má naopak relativně kratší tobolku a víčko, a větší oblast nepapilnatých buněk báze listu.

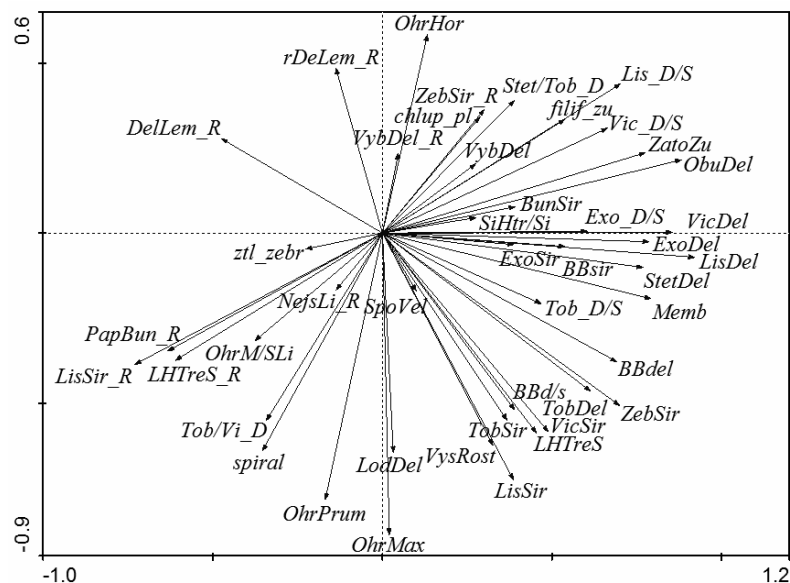
3.1.4. Analýza skupiny *T. obtusifolia* – *T. muralis* var. *aestiva*

3.1.4.1. Analýza hlavních komponent se zahrnutím všech znaků

Ordinační osy vysvětlily dohromady 61,9 % variability; 1. osa vysvětlila 26,8 %, 2. osa 17,0 % a 3. osa 10,4 % variability. Výsledky této analýzy (obr. 8) se opět příliš neliší od celkové PCA; skupina položek *T. obtusifolia* je opět spojena přes přechodné typy (*T. muralis* var. *aestiva* – *T. obtusifolia*) se shlukem *T. muralis* var. *aestiva*. Je také patrné, že většina přechodných rostlin stojí poněkud blíže shluku vlastní *T. obtusifolia*. Překryv skupin vyhraněných typů *T. obtusifolia* a *T. muralis* var. *aestiva* způsobují pouze 2 položky: č. 5 patří populaci *T. muralis* var. *aestiva* z Kavkazu, která má nespirální olistění, typické dlouhé obústí, ale pouze krátce hrotité žebro; č. 43 patří položce *T. obtusifolia* z Taur, vykazující obvyklé znaky taxonu, ale s nápadně protáhlými tobolkami, typickými spíše pro *T. muralis* var. *aestiva*. Obě položky jsou ale poněkud separovány podél 3. osy (obr. 8 B).



Obr. 8. PCA ordinační položek skupiny *T. obtusifolia* – *T. muralis* var. *aestiva* za použití 45 morfologických znaků. A – 1. a 2. osa, B – 1., 2. a 3. osa. (čísla položek – viz seznam v Příloze 1).

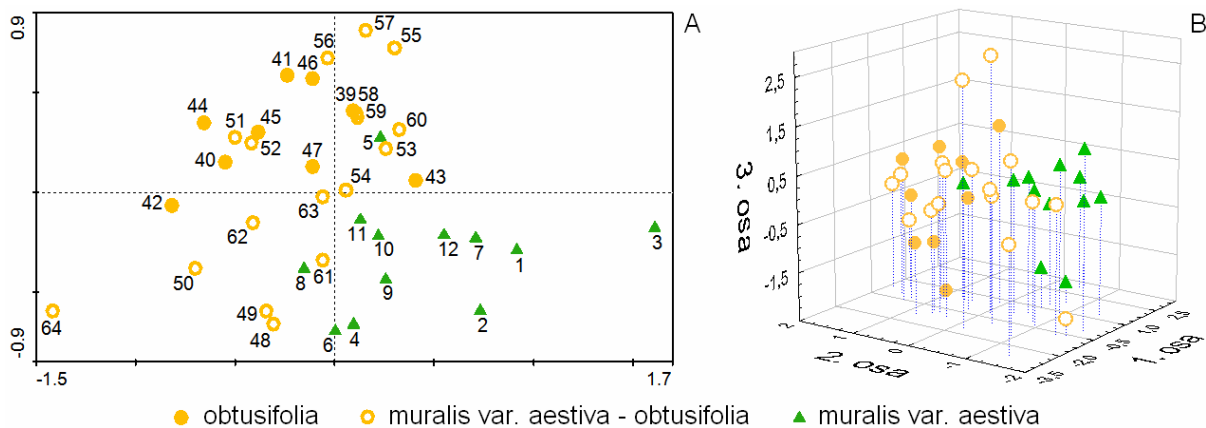


Obr. 9. PCA ordinační položek taxonů skupiny *T. obtusifolia* – *T. muralis* var. *aestiva*, znázornění jednotlivých morfologických znaků, 1. a 2. osa (zkratky proměnných viz Tab. 1).

Z grafu morfologických znaků (obr. 9) lze usuzovat, že k separaci vyhraněných typů *T. obtusifolia* nejvíce přispívá kromě znaků použitých k definici této skupiny (spirální olistění za sucha, krátké obústí) také větší ohrnutí listů, relativně kratší víčko tobolky, větší oblast nepapilnatých buněk báze listu a relativně větší šířky listů. Pro *T. muralis* var. *aestiva* jsou charakteristické vyšší hodnoty následujících znaků: délka listu, délka štětu a víčka tobolky, relativní šířka žebra, délka neohrnuté části vrcholu listu, a samozřejmě také hodnoty klasifikačních kritérií (délka obústí, přítomnost niťovitých zubů a jejich vinutost, délka vybíhání a jeho bezbarvost). V zásadě lze tedy říci, že obě skupiny (zahrnující pouze vyhraněné, jednoznačně identifikovatelné položky obou taxonů) mají tendenci odlišovat se i v dalších znacích – nejen pouze v těch, které byly použity k jejich klasifikaci.

3.1.4.2. Analýza hlavních komponent bez zahrnutí znaků obústí a vybíhání žebra

Tato analýza umožňuje posoudit podobnost jednotlivých populací bez ohledu na znaky, podle kterých byly klasifikovány do jednotlivých taxonů (tj. bez znaků, ve kterých se jednoznačně liší; proměnné *ZatoZu*, *ObuDel*, *VybDel*, *VybDel_R*, *filif_zub*, *chlup_pl*, *spiral*). Ordinační osy vysvětlily dohromady 64,9 % variability, což je ještě více, než v předchozí analýze (lze to přičíst poklesu variability po odebrání části hodnot); 1. osa vysvětlila 27,5 %, 2. osa 17,7 % a 3. osa 12,0 % variability. Je velmi podstatné, že výsledky této analýzy (obr. 10) jsou prakticky stejné jako v předchozí analýze se zahrnutím všech znaků. Vyhraněné rostliny obou taxonů jsou opět separované, přechodné rostliny *T. muralis* var. *aestiva* – *T. obtusifolia* si ponechaly své přechodné postavení, opět většinou blíže k *T. obtusifolia*. Lze tedy prohlásit, že tyto přechodné rostliny jsou přechodné nejen v hlavních determinačních znacích (vybíhání žebra a obústí), ale i v ostatních morfologických znacích.



Obr. 10. PCA ordinační položky skupiny *T. obtusifolia* – *T. muralis* var. *aestiva* za použití 45 morfologických znaků, bez znaků obústí a vybíhání žebra, 1. a 2. osa (čísla položek – viz seznam v Příloze 1).

3.1.4.3. Lineární diskriminační analýza

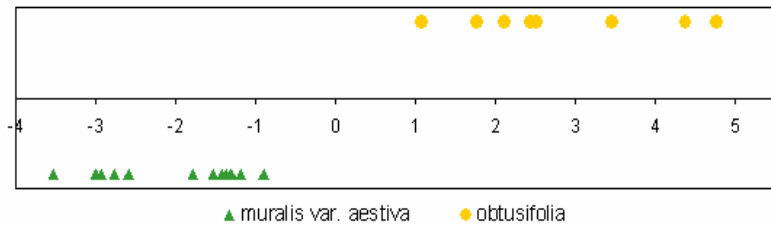
Analýza byla provedena za cílem ověřit možnost rozlišení vyhraněných rostlin. Je třeba zdůraznit, že k jejich klasifikaci byly použity znaky, které selhávají (resp. vykazují kontinuum) u přechodných rostlin. Aby nedošlo k důkazu kruhem, bylo nutné z analýzy tyto klasifikační znaky vyřadit; jednalo se konkrétně o délku obústí a počet otáček jeho zubů, a délku vybíhání žebra. K analýze bylo použito 21 položek, bylo tedy nutno snížit počet znaků na 18. Pro analýzu byly opět preferovány znaky, které se jeví jako potenciálně významné pro separaci taxonů v předchozí PCA analýze.

V Tab. 7 jsou uvedeny znaky průkazné při postupném výběru znaků. Vybraná kombinace těchto znaků vysvětluje 84,6 % variability souboru. V Tab. 8 jsou uvedeny také

hodnoty průkazných diskriminačních efektů jednotlivých znaků při jejich samostatném použití pro separaci skupin.

Tab. 7. Znaký signifikantní při postupném výběru. λ – diskriminační efekt znaku, k % – kumulativní procento vysvětlené variability, p – dosažená hladina významnosti permutačního testu při přidání znaku do modelu.

znak	λ	k %	p
LHtreS_R	0,588	58,8	0,002
OhrM/SLi	0,258	84,6	0,002



Obr. 11. LDA položek skupiny *T. obtusifolia* – *T. muralis* var. *aestiva*.

Tab. 8. Samostatný příspěvek jednotlivých znaků k rozlišení skupin, λ – diskriminační efekt znaku, p – dosažená hladina významnosti permutačního testu při přidání znaku do modelu, log – proměnná upravena logaritmičnou transformací.

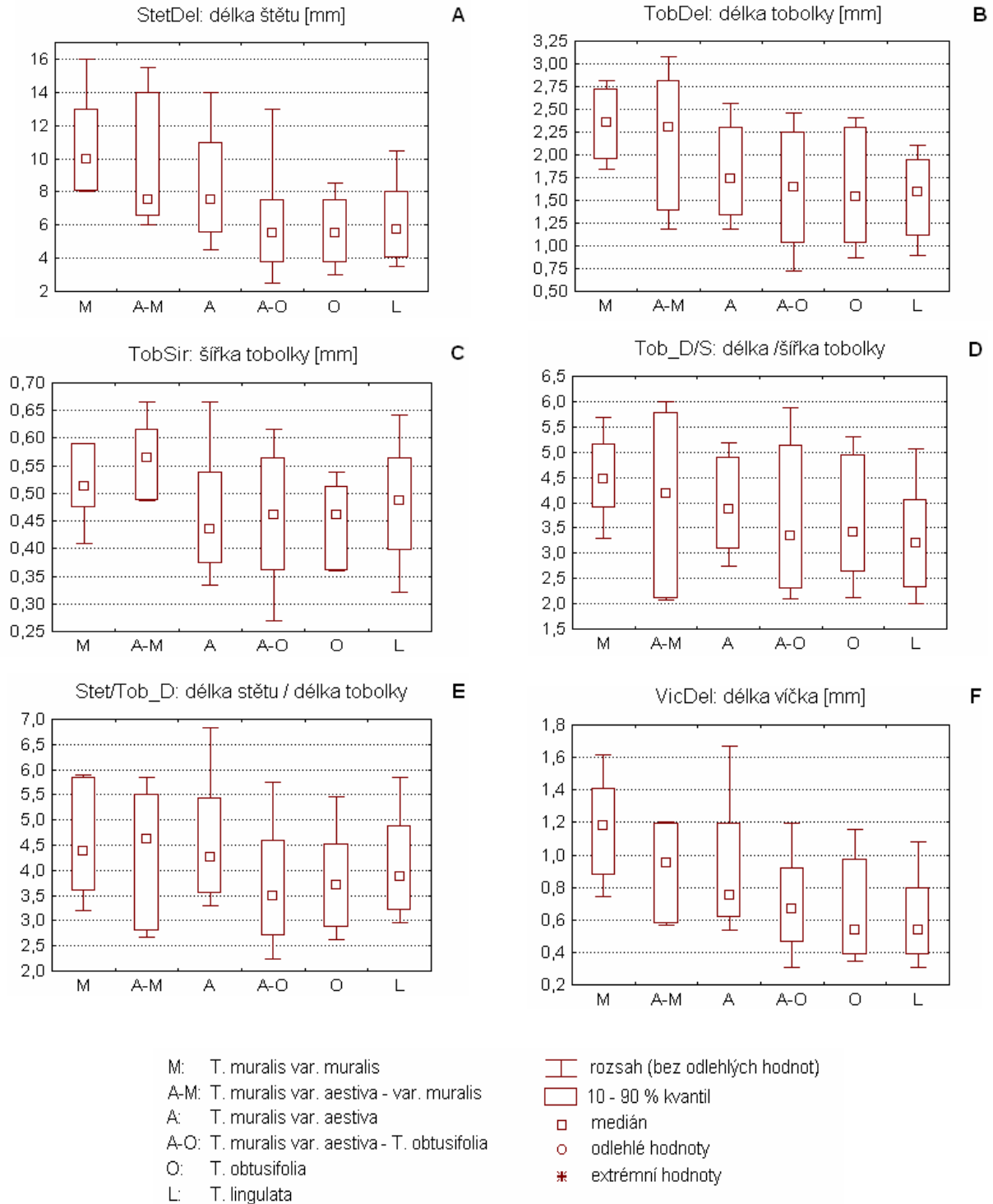
znak	λ	p	znak	λ	p	znak	λ	p
LHtre/SiL	0,588	0,002	OhrPrum	0,399	0,004	Tob_D/S	0,131	0,110
PapBun_R	0,573	0,002	OhrM/SLi	0,356	0,008	ZebSir_R	0,126	0,100
Lis_D/S	0,493	0,002	Vic_D/S	0,299	0,014	BBsir	0,092	0,180
LisDel	0,458	0,004	OhrHor	0,286	0,022	BunSir (log)	0,073	0,254
OhrMax	0,451	0,002	StetDel	0,282	0,012			
ExoDel	0,417	0,004	Stet/Tob_D	0,231	0,02			
Memb	0,407	0,002	Tob/Vi_D	0,205	0,034			

V grafu LDA (obr. 11) je patrná dokonalá separace položek taxonů. Je tedy zřejmé, že odlišení vyhraněných typů je možné i na základě kombinace dalších znaků. Jde prakticky o podobné znaky jako v předchozí PCA – *T. obtusifolia* se tedy nejvíce odlišuje větší velikostí oblasti nepapilnatých buněk báze listu, relativně kratšími a více ohrnutými listy, které jsou v horní části více zúžené, kratšími exotheciálními buňkami a nižší bazální membránou.

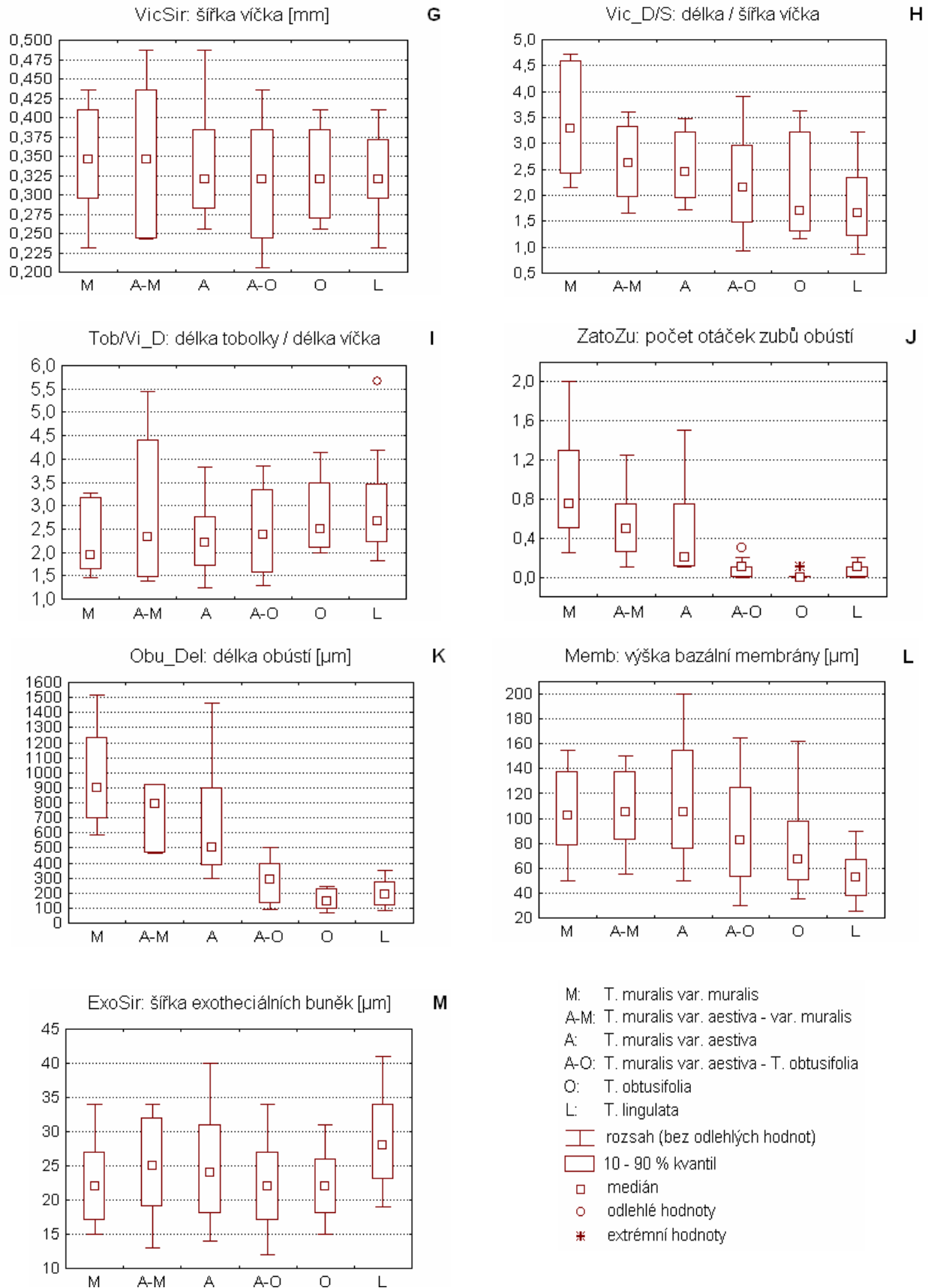
3.2. Popisná statistika

V tomto oddíle jsou uvedeny grafy srovnávající hodnoty jednotlivých měřených znaků studovaných taxonů. Do grafů byly vynášeny všechny naměřené hodnoty příslušného znaku, data nebyla průměrována. Výsledky jsou komentovány v oddíle diskuse.

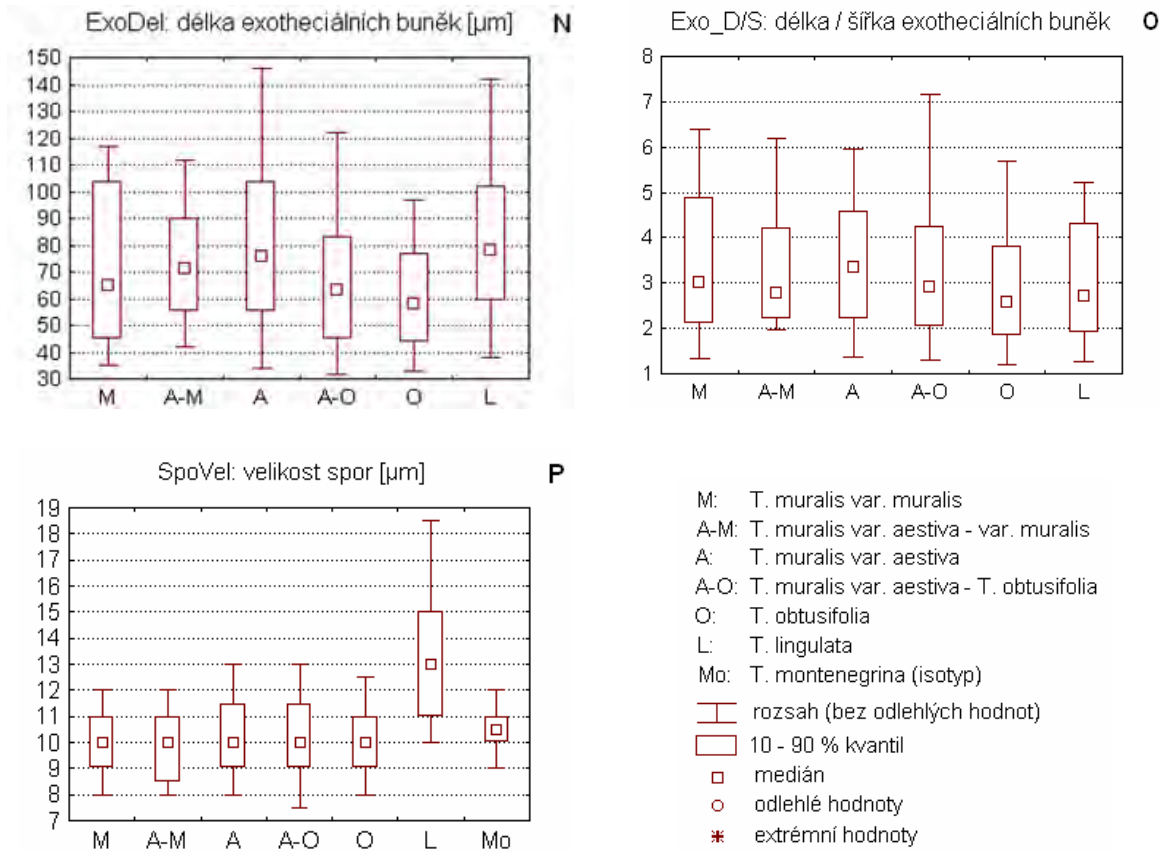
3.2.1. Znaky sporofytu



Obr. 12 A–F. Kvantitativní morfologické znaky sporofytu.

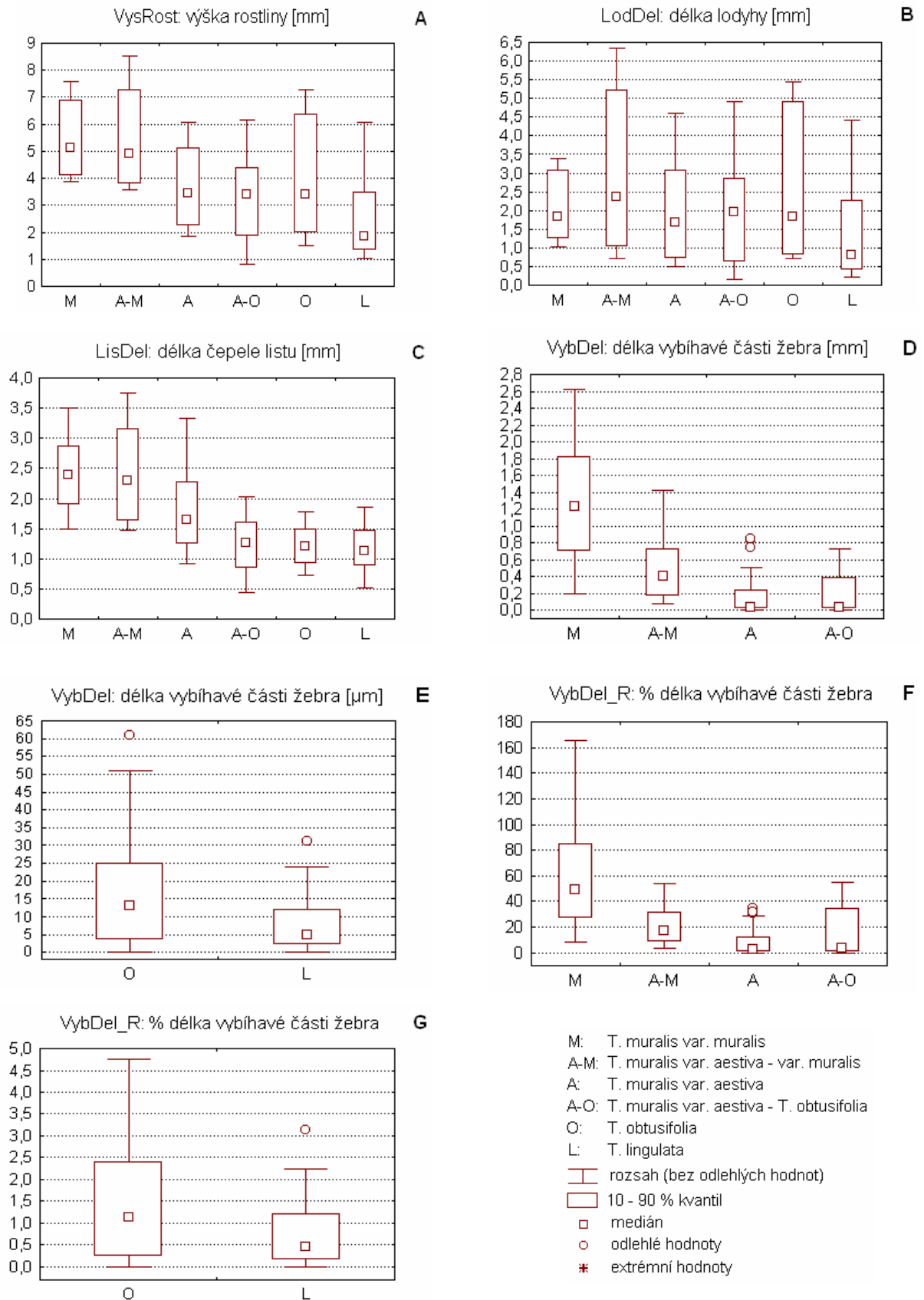


Obr. 12 G–M. Kvantitativní morfologické znaky sporofytu.

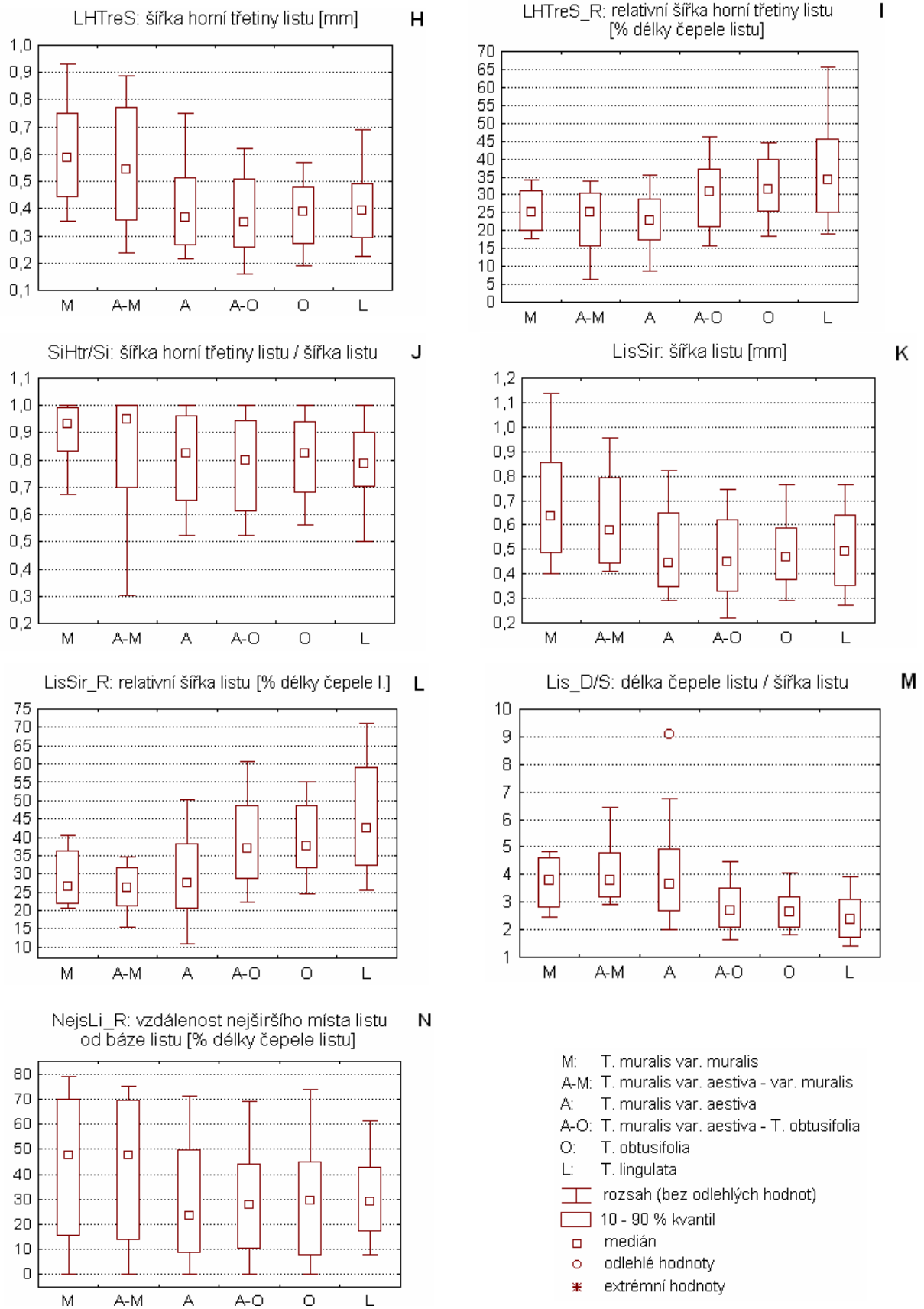


Obr. 12 N–P. Kvantitativní morfologické znaky sporofytu.

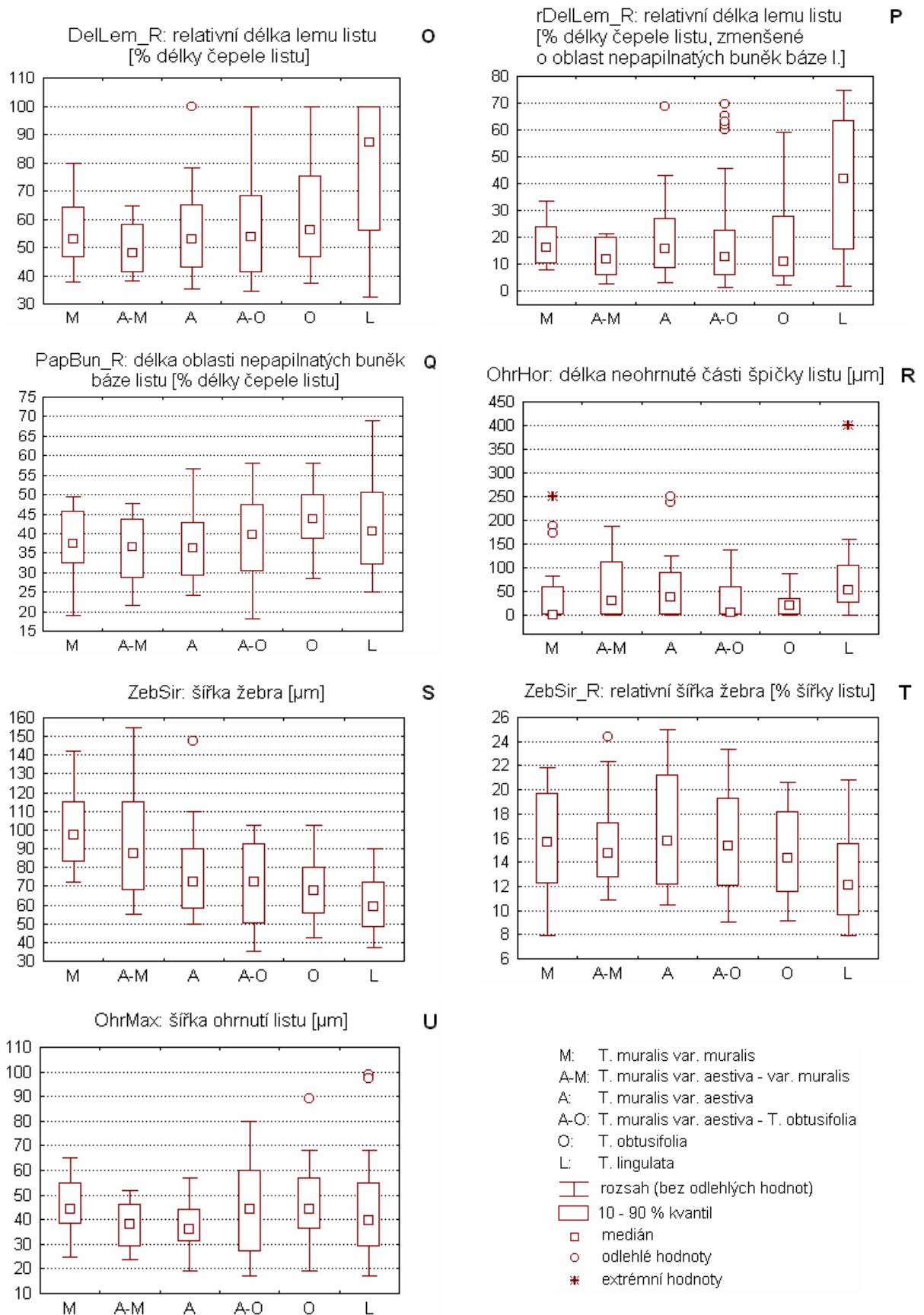
3.2.2. Znaky gametofytu



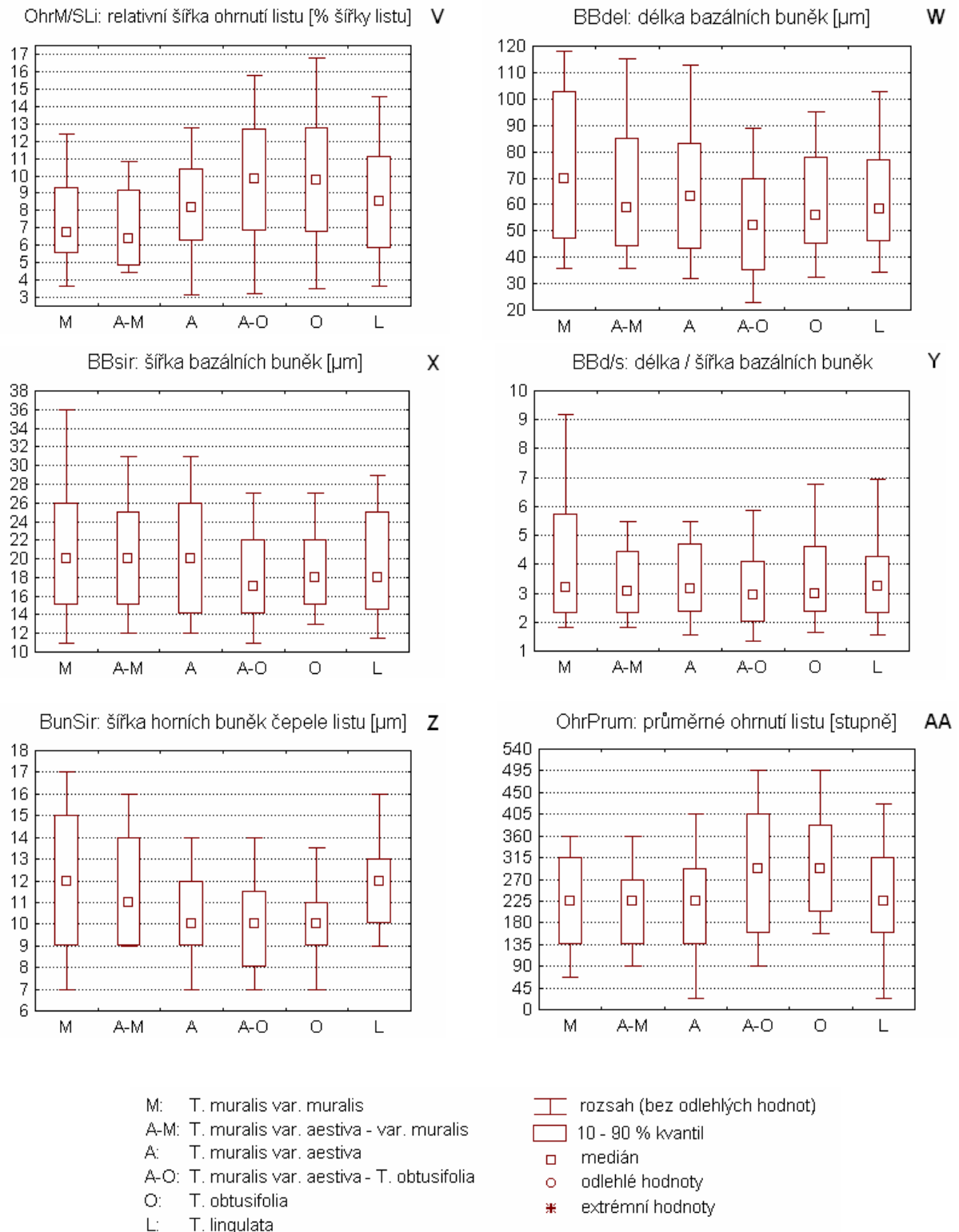
Obr. 13 A–G. Kvantitativní morfologické znaky gametofytu.



Obr. 13 H–N. Kvantitativní morfologické znaky gametofytu.



Obr. 13 O–U. Kvantitativní morfologické znaky gametofytu.



Obr. 13 V–AA. Kvantitativní morfologické znaky gametofytu.

3.2.3. Binární a semikvantitativní znaky

Tab. 9. Binární znaky *ztl_zebr* (žebro nejširší v horní polovině listu), *chlup_pl* (přítomnost hyalinních vybihání žebra aspoň na některých listech měřených rostlin), *filif_zub* (přítomnost nit'ovitých ramen zubů obústí). Číslo udává procentuální četnost jedinců, u kterých byl znak přítomen.

znak	filif_zub	ztl_zebr	chlup_pl
<i>T. muralis</i> var. <i>muralis</i>	100	9,5	100
<i>T. muralis</i> var. <i>aestiva</i> – var. <i>muralis</i>	100	8,9	100
<i>T. muralis</i> var. <i>aestiva</i>	100	7,4	50
<i>T. muralis</i> var. <i>aestiva</i> – <i>T. obtusifolia</i>	88,2	24,8	47,1
<i>T. obtusifolia</i>	11,1	30,9	0
<i>T. lingulata</i>	100	14,8	0

Tab. 10. Semikvantitativní znak *spiral* (spirální vinutí listů za sucha). Číslo udávají procentuální zastoupení jednotlivých kategorií proměnné u dané skupiny položek.

znak	0	1	2
<i>T. muralis</i> var. <i>muralis</i>	100	0	0
<i>T. muralis</i> var. <i>aestiva</i> – var. <i>muralis</i>	80	20	0
<i>T. muralis</i> var. <i>aestiva</i>	91,7	8,3	0
<i>T. muralis</i> var. <i>aestiva</i> – <i>T. obtusifolia</i>	41,2	0	58,8
<i>T. obtusifolia</i>	0	0	100
<i>T. lingulata</i>	100	0	0

3.5. Kultivační experiment

Lodyhy rostlin z položek začaly regenerovat první vlákna protonematu ca 1–2 týdny po přenesení rostlin na substrát. Nové mladé lodyhy mechu se objevovaly často již za 2 týdny, a vyrůstaly jak z protonematu, tak i z paždí listů a vrcholků původních lodyh. Ačkoli protonema regenerovalo přibližně u $\frac{3}{4}$ použitých položek, nové lodyhy mechu se podařilo získat jen u asi 30 z nich. Nejstarší položka, která úspěšně regenerovala, byla 3 roky starý sběr *T. muralis* var. *muralis*. Celkem bylo hodnoceno 20 vzorků *T. muralis* (obě variety + přechodné typy), pocházejících z různých evropských lokalit (ČR, Slovensko, Rumunsko, Francie), a 2 vzorky *T. obtusifolia* (Slovensko); jejich seznam je v Příloze 3. Neúspěšné byly bohužel pokusy o kultivaci pískovcové *T. lingulata*, která byla pokusně vysévána i na písek, vždy ale vytvořila nanejvýše protonema. U všech kultivovaných taxonů byla pozorována tvorba protonematálních gem stejného typu, jaký v kultivaci zaznamenali Duckett et al. (2004).

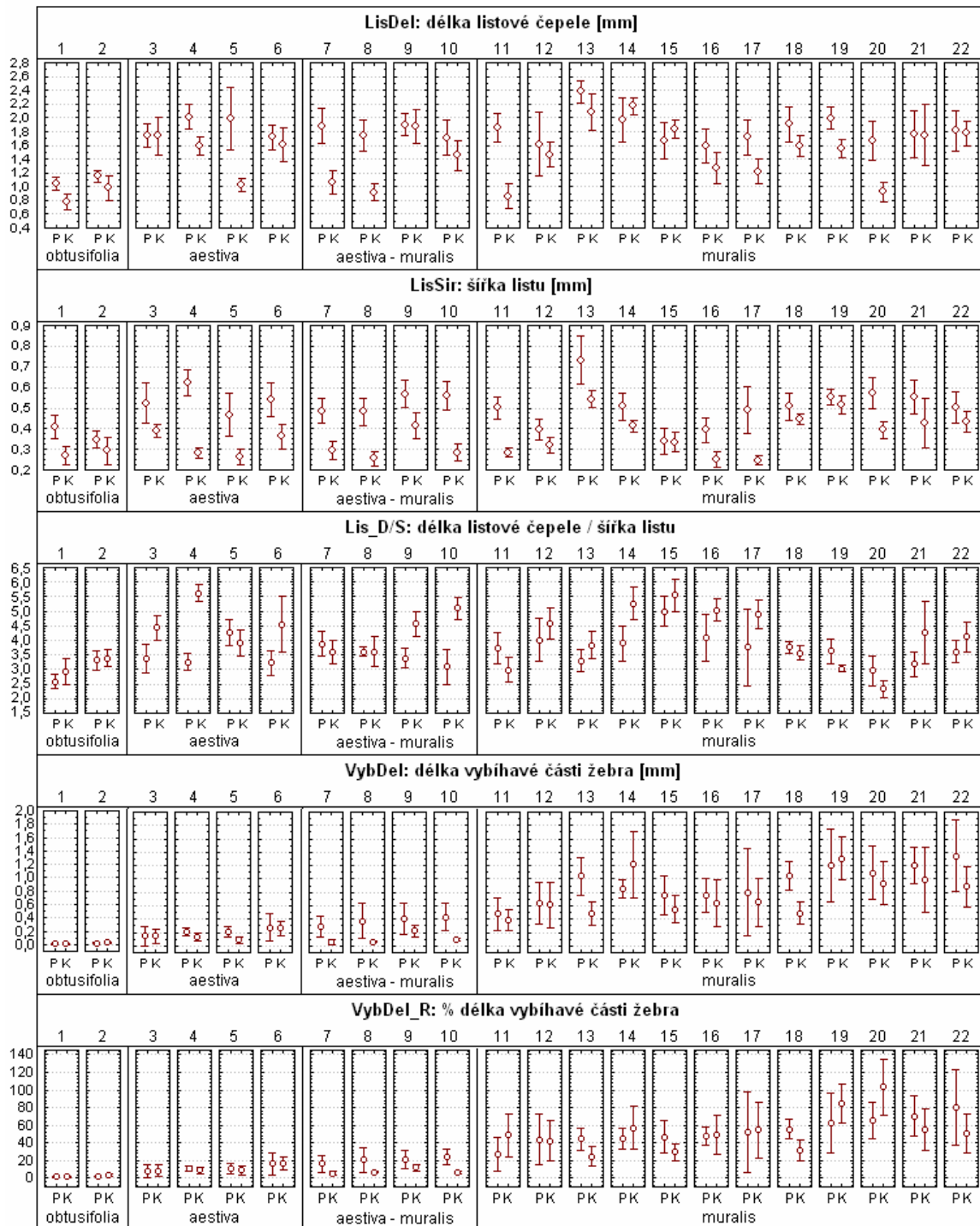
Rostliny z kultivace byly většinou menší ve všech měřených rozměrech listu – délce listové čepele, šířce listu a délce vybíhavé části žebra. Zmenšila se také relativní šířka listu, což se projevilo vzrůstem hodnoty poměru délka listové čepele / šířka listu. Z toho lze usuzovat, že podmínky v kultivaci nemusely být pro růst rostlin ideální, nebo že rostliny v daných podmínkách nedosáhly úplné dospělosti. Zásadní je ale fakt, že relativní míra vybíhání žebra listu, vyjádřená jako procento délky čepele listu, se v kultivaci v zásadě neměnila. Tento znak lze tedy považovat za stálý, tj. geneticky podmíněný. Výsledky jsou shrnuty v grafech obr. 14, hodnoty pro znaky vybíhání žebra jsou uvedené v Tab. 10.

Tab. 10. Srovnání hodnot znaků vybíhavosti žebra u původních rostlin z položek, a rostlin z kultivace.

vzorek	znak taxon	délka vybíhání žebra [mm] průměr ± SD		% délka vybíhání žebra průměr ± SD	
		položka	kultivace	položka	kultivace
1	<i>T. obtusifolia</i>	0,016 ± 0,01	0,012 ± 0,01	1,52 ± 0,86	1,51 ± 0,8
2	<i>T. obtusifolia</i>	0,021 ± 0,01	0,034 ± 0,01	1,86 ± 0,65	3,59 ± 1,44
3	<i>T. muralis</i> var. <i>aestiva</i>	0,144 ± 0,15	0,145 ± 0,11	7,84 ± 7,78	8,47 ± 6,66
4	<i>T. muralis</i> var. <i>aestiva</i>	0,211 ± 0,07	0,136 ± 0,06	10,6 ± 3,38	8,64 ± 3,84
5	<i>T. muralis</i> var. <i>aestiva</i>	0,208 ± 0,08	0,088 ± 0,05	11,1 ± 5,89	8,59 ± 4,88
6	<i>T. muralis</i> var. <i>aestiva</i>	0,270 ± 0,2	0,262 ± 0,1	15,9 ± 12,2	16,9 ± 7,63
7	<i>T. muralis</i> var. <i>aestiva</i> – <i>muralis</i>	0,296 ± 0,16	0,056 ± 0,03	16,1 ± 9,17	5,09 ± 2,41
8	<i>T. muralis</i> var. <i>aestiva</i> – <i>muralis</i>	0,375 ± 0,26	0,062 ± 0,01	20,6 ± 13,7	6,85 ± 1,17
9	<i>T. muralis</i> var. <i>aestiva</i> – <i>muralis</i>	0,410 ± 0,23	0,223 ± 0,09	20,9 ± 10,8	11,7 ± 3,69
10	<i>T. muralis</i> var. <i>aestiva</i> – <i>muralis</i>	0,427 ± 0,2	0,092 ± 0,02	24,1 ± 9,1	6,39 ± 1,55
11	<i>T. muralis</i> var. <i>muralis</i>	0,477 ± 0,24	0,391 ± 0,16	27,3 ± 18,8	48,7 ± 24,1
12	<i>T. muralis</i> var. <i>muralis</i>	0,639 ± 0,31	0,611 ± 0,34	43,5 ± 28,8	41,8 ± 23
13	<i>T. muralis</i> var. <i>muralis</i>	1,040 ± 0,29	0,486 ± 0,17	44,1 ± 13	24,6 ± 11,4
14	<i>T. muralis</i> var. <i>muralis</i>	0,849 ± 0,13	1,213 ± 0,49	44,6 ± 11,2	56,7 ± 24,3
15	<i>T. muralis</i> var. <i>muralis</i>	0,760 ± 0,29	0,551 ± 0,2	46,5 ± 18,8	29,5 ± 9,55
16	<i>T. muralis</i> var. <i>muralis</i>	0,757 ± 0,25	0,643 ± 0,35	47,3 ± 10,5	49,3 ± 22,2
17	<i>T. muralis</i> var. <i>muralis</i>	0,797 ± 0,65	0,654 ± 0,36	51,9 ± 46,2	54,3 ± 31,6
18	<i>T. muralis</i> var. <i>muralis</i>	1,050 ± 0,21	0,491 ± 0,17	55,5 ± 10,8	31,2 ± 11,4
19	<i>T. muralis</i> var. <i>muralis</i>	1,208 ± 0,54	1,307 ± 0,33	62,2 ± 33,4	84,3 ± 22,5
20	<i>T. muralis</i> var. <i>muralis</i>	1,092 ± 0,4	0,941 ± 0,33	65,3 ± 20	103 ± 32
21	<i>T. muralis</i> var. <i>muralis</i>	1,203 ± 0,27	0,986 ± 0,49	70,5 ± 22,6	55,4 ± 23,4
22	<i>T. muralis</i> var. <i>muralis</i>	1,344 ± 0,53	0,883 ± 0,31	79,6 ± 42,6	51 ± 22,4

U žádné z rostlin určitelných jako var. *aestiva* kultivace nevedla k nárůstu chlupu typického pro var. *muralis*, stejně tak zůstal zachován typický delší chlup i u rostlin var. *muralis*; u *T. obtusifolia* žebro v kultivaci zůstalo velmi krátce vybíhavé. Rostliny

z kultivace tedy bylo možno na základě jejich morfologie klasifikovat stejně jako jejich původní formy. Jedinou výjimkou byly snad rostliny *T. muralis* přechodné mezi oběma varietami. U těchto vzorků míra relativního vybíhání žebra poklesla, a dosahovala hodnot typických pro var. *aestiva*. Možným vysvětlením by mohla být určitá nevyvinutost rostlin, např. u vzorků č. 7 a 8 byly listy kultivovaných rostlin ještě o dost menší než u původních rostlin. Znaky vybíhavosti jsou přitom považovány za charakteristické pro dospělé rostliny, vyvíjejí se totiž v posledních fázích ontogeneze (Mishler 1986).



Obr. 14. Srovnání jednotlivých znaků rostlin z položek a z rostlin získaných jejich kultivací. Vzorky jsou řazené podle procentuální míry vybíhání žebra, tj. v pořadí *T. obtusifolia*, *T. muralis* var. *aestiva*, přechodné rostliny *T. muralis* var. *muralis*–*aestiva*, *T. muralis* var. *muralis*; jejich čísla odkazují na seznam v Příloze 3. Bod značí průměrnou hodnotu, úsečka hodnotu směrodatné odchylky; P – rostliny z položky, K – rostliny z kultivace.

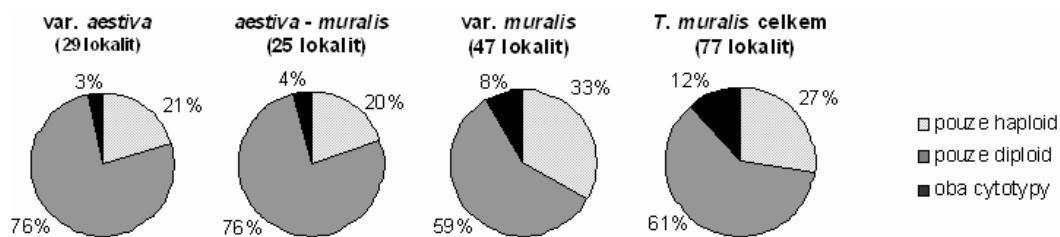
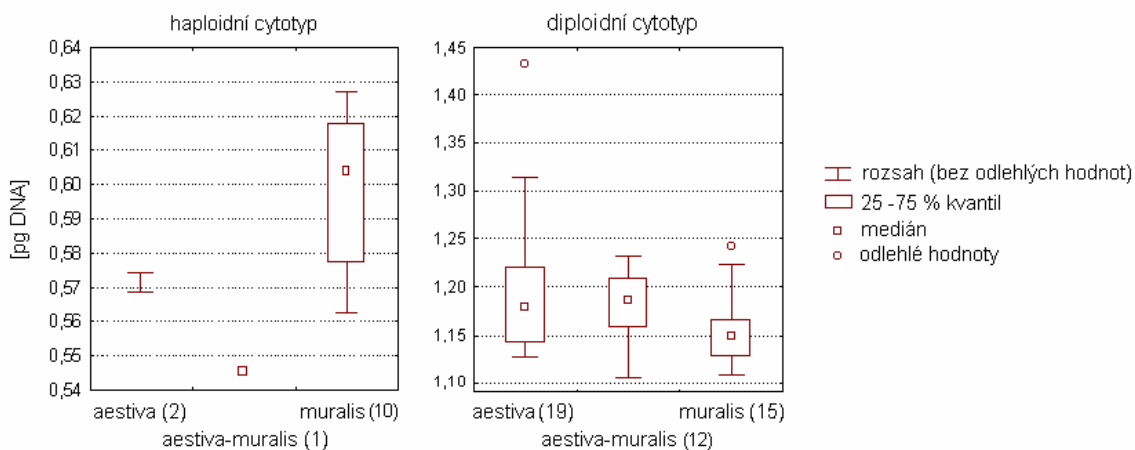
3.6. Stanovení ploidie a obsahu DNA u jednotlivých taxonů

3.6.1. *T. muralis* var. *aestiva* a var. *muralis*

Celkem bylo analyzováno 130 položek *T. muralis* (37 od var. *aestiva*, 62 od var. *muralis*, 31 od přechodných rostlin *T. muralis* var. *aestiva-muralis*) ze 77 lokalit. Byly zjištěny dva cytometricky odlišitelné typy. Peaky druhého cytotypu vykazovaly v průměru dvojnásobně větší intenzitu relativní fosforescence (vztaženo k pozici standardu). Při použití PI byly velikosti jejich genomů stanoveny na $0,589 \pm 0,0264$ a $1,178 \pm 0,0590$ pg (průměr \pm směrodatná odchylka). S velkou pravděpodobností lze očekávat u druhého cytotypu dvojnásobné množství chromozomů, neboť dle výzkumu indukovaných autopolyploidů provedeného Lobačevskou et al. (1986) je u *T. muralis* obsah DNA korelován s úrovní ploidie. Četné literárně uváděné chromosomové počty *T. muralis* se nejčastěji pohybují ve dvou rozsazích: 24–30, a 48–52 (Fritsch 1982). Podobné počty chromozomů uvádí také Newton (1968), který zpracoval materiál z 58 britských populací a objevil pouze cytotypy s 26 a 27 chromozomy (označené jako haploidní), resp. 50 a 52 chromosomy (diploidní). Je tedy pravděpodobné, že první cytotyp s $C = 0,6$ bude odpovídat haploidnímu (sensu Newton 1968, tj. $n = 26$ nebo 27) a druhý s $C = 1,2$ bude diploidní ($n = 50$ nebo 52)¹. Variabilita obsahu DNA u cytotypů jednotlivých morfologických forem je v grafu obr. 16, výsledky analýzy jednotlivých rostlin jsou v Příloze 5. Výsledky FCM analýz ale neumožňují u jednotlivých vzorků další přesnější odhad jejich chromozomového čísla; nelze ani odhadnout, se nejedná o některou jinou, méně často udávanou chromozomovou rasu. Již nyní je totiž zřejmé, že vzhledem k malé velikosti genomu obou cytotypů a vyšším hodnotám CV dosažených při jednotlivých analýzách (většinou nad 3 %) není možné pomocí této metody detekovat menší rozdíly v počtu chromozomů, např. typu aneuploidie. Z tohoto důvodu je také nutné výše uvedené velikosti genomů považovat pouze za orientační, neboť není vyloučeno, že v analýzách se vyskytlo více blízkých chromozomových ras.

Z grafů porovnávajících procentuální zastoupení cytotypů u *T. muralis* (tj. obou variet dohromady, obr. 15) vyplývá, že je častější diploidní cytotyp. Do značné míry je to způsobené dominancí diploidních rostlin u var. *aestiva*, a u rostlin přechodných mezi oběma varietami (označené jako *aestiva-muralis*). U var. *aestiva* byly např. haploidní trsy objeveny pouze na 7 z 29 lokalit jejího sběru. Oba cytotypy jsou ale u obou variet *T. muralis* široce rozšířené a nevykazují žádné známky nápadnější geografické vazby na určité území (viz mapy rozšíření v Příloze 4). Nebyly objeveny ani žádné rozdíly v ekologii cytotypů, na několika lokalitách byl zaznamenán jejich společný výskyt; v některých případech vzdálenost mezi porosty odlišných cytotypů nepřesahovala několik desítek centimetrů, v jednom vzorku *T. muralis* var. *muralis* byly dokonce oba cytotypy detekovány v jedné položce. Pro odhad četnosti případů společného výskytu obou cytotypů by ale bylo třeba rozsáhlejšího průzkumu populací na jednotlivých dílčích lokalitách. Na některých lokalitách byl naopak zaznamenán pouze jeden cytotyp. Příkladem může být část údolí Vltavy u Kralup (5 dílčích lokalit, 7 vzorků var. *aestiva*, 1 var. *muralis*, 2 vzorky rostlin přechodných) a lokalita u Peruce (2 vzorky var. *aestiva*, 4 var. *muralis*, 3 vzorky rostlin přechodných). Ani na jedné této lokalitě nebyl zjištěn haploidní typ, což dále svědčí pro relativní vzácnost tohoto cytotypu.

¹ pojem haploidní a diploidní je v tomto kontextu spíše pracovní, není jisté, zda haploidní cytotyp skutečně představuje základní chromozomový počet; vzhledem k tomu, že u taxonu byl zjištěn jako nejnižší chromosomový počet $n = 13$, bude pravděpodobně cytotyp označován jako haploidní (s chromozomovým číslem $n = 26 / 27$) ve skutečnosti diploid.


 Obr. 15. Srovnání četnosti jednotlivých cytotypů u jednotlivých morfologických forem *T. muralis*.

 Obr. 16. Variabilita velikostí genomu haploidních a diploidních cytotypů u jednotlivých morfologických typů *T. muralis*; čísla v závorce udávají počet opakování u daného typu. Pozn.: *aestiva-muralis* značí rostliny přechodné mezi oběma varietami.

3.6.2. *T. obtusifolia*

U tohoto taxonu bylo bohužel získáno malé množství materiálu, který pocházel pouze ze 2 lokalit (Rakousko – 8 vzorků, Slovensko – 4 vzorky, pouze primární stanoviště). Velikost genomu u všech vzorků (viz Příloha 5) byla $0,601 \pm 0,0234$ pg (průměr \pm směrodatná odchylka), což přibližně odpovídá hodnotám obsahu DNA u haploidních vzorků *T. muralis* (obou variet i jejich přechodů). Je pravděpodobné, že haploidní cytotypy *T. muralis* a rostliny *T. obtusifolia* mají i podobný počet chromosomů – pro *T. obtusifolia* byl zjištěn počet $n = 26$ (Lazarenko et al. 1971, Mamatkulov 1967, Lazarenko et al. 1968); tuto hypotézu je však nutné ověřit spočítáním chromosomů u haploidního cytotypu *T. muralis*.

Stejný stupeň ploidie byl stanoven také pro 2 vzorky rostlin přechodných mezi *T. muralis* var. *aestiva* a *T. obtusifolia*, pocházejících ze 2 blízkých lokalit pohoří Visegrád v Maďarsku. Tyto rostliny znaky gametofytu odpovídaly *T. muralis* var. *aestiva*, ale obůstí značně připomínalo *T. obtusifolia*. Je významné, že v této oblasti byly na podobných primárních stanovištích zaznamenány jinak poměrně vzácné haploidní rostliny *T. muralis* var. *aestiva*; jedna populace rostla dokonce pouze 20 cm od trsu přechodných rostlin *T. muralis* var. *aestiva* – *T. obtusifolia*.

3.6.3. *T. lingulata*

K analýzám byl použit materiál z 5 lokalit v Lotyšsku (7 vzorků) a jediné české lokality (1 vzorek). Všechny 8 analyzovaných vzorků z těchto lokalit vykazovalo diploidní peaky. Velikost genomu (viz Příloha 5) byla stanovena u položek z 5 lokalit (4 lotyšské, 1 česká), a činila $1,206 \pm 0,0357$ pg (průměr \pm směrodatná odchylka); její hodnoty byly tedy obdobné jako u diploidních rostlin *T. muralis* (obou variet i jejich přechodů). Je ale

pozoruhodné, že ačkoli taxon se velikostí genomu shoduje s těmito diploidními rostlinami (u kterých se dá předpokládat vyšší počet chromozomů, např. v rozmezí $n = 48 - 52$), jeho literárně uváděné chromozomové počty jsou nižší ($n = 24$ – Vysockaja 1975, Lazarenko et al. 1968, Mamatkulov 1967). Je ale nutné dodat, že tyto udávané chromozomové počty pocházejí ze vzorků z Ukrajiny a Tádžikistánu; vzhledem k známému areálu *T. lingulata* nelze vyloučit možnost záměny s jiným taxonem.

3.7. Ekologie jednotlivých taxonů

3.7.1. *T. lingulata*

Dle terénních zjištění *T. lingulata* projevuje značně vyhraněnou ekologii. Na lotyšských lokalitách v údolí řeky Gauji a jejích přítoků byla pozorována výhradně na primárních stanovištích červeného devonského pískovce. Nadmořská výška lokalit zde nepřevyšovala 120 m n. m.; ani ostatní pobaltské lokality vzhledem k reliéfu oblasti patrně nebudou ležet ve výrazně vyšší nadmořské výšce. Skály s porosty *T. lingulata* byly spíše menších až středně velkých rozměrů, pouze vzácně jejich výška dosáhla 10 m. Mech nejčastěji rostl na kolmých plochách, ale dosti často také porůstal mělké štěrby nebo vrypy nápisů na skalách. Konstantní byla jeho růstová forma, jednotlivé rostliny tvořily nepříliš hustý, nízký porost. Povrch skal byl i v sušším letním období na dotyk vlhký, což způsobuje voda vázaná značnou pórovitostí horniny. Nelze říci, že by *T. lingulata* byla výrazněji vyhraněná vzhledem ke stupni zastínění. Stanoviště byla většinou stíněná vlastním skalním masivem, popř. ještě okolní lesní vegetací. Nejčastěji tedy osidlovala polostinné partie, místy se vyskytly i porosty na více stíněných místech, nejvzácněji rostla patrně na místech s přímým dopadem slunečního záření. Nejčastějšími doprovodnými druhy byly *Gymnostomum aeruginosum*, *Bryoerythrophyllum recurvirostrum*, *Pohlia proligera* a *Leptobryum pyriforme*; z toho lze usuzovat, že jde o místa obohacená bázemi. Jinak byly na skalách hojné také *Mnium hornum*, *Conocephalum* sp., vzácněji další druhy časté na pískovcích – *Dicranella heteromalla*, *Lepidozia reptans*, *Jungermannia subulata*, *Lophozia incisa*, *Tetraphis pellucida*.

T. lingulata byla v navštívené oblasti relativně častá, ačkoli nejčastěji tvořila pouze sterilní porosty o velikosti několika málo cm^2 . V praxi bylo ale možné její porost najít na většině zkoumaných skal, problematické bylo pouze získávání plodných rostlin. Je významné, že *T. lingulata* nepřecházela na okolní antropogenní stanoviště ani v případě, kdy se nacházely poměrně blízko jejího stanoviště. Podobně ani rostliny *T. muralis* nebyly v Lotyšsku nalezeny na pískovcových skalách s *T. lingulata*. Oproti *T. muralis* se *T. lingulata* také poněkud odlišovala ve fenologii. V době pozorování (přelom června a července) byly nové tobolky *T. lingulata* těsně před dozráním (některé z nich byly ještě žlutavě zbarvené); všechny porosty *T. muralis* v okolí pak měly tobolky zralé (temně červené), popř. již odvíčkované.

V ČR byla *T. lingulata* pozorována na lokalitě u Peruce (ca 340 m n.m.), kterou objevil Z. Pilous v r. 1944. Jedná se o menší skály a výchozy karbonských pískovců pod železnicí, kde byla dříve hornina pravděpodobně těžena; lokalita je značně ruderalizovaná. *T. lingulata* se zde podařilo nalézt pouze na malém snosu pískovcových kamenů, na kterých roste v nevelkých porostech na ploše několika cm^2 . Bezprostřední doprovod tvořily *Bryum argenteum*, *Amblystegium serpens*, *Pohlia nutans*, ale také *T. muralis* var. *aestiva*. Je zajímavé, že se jí nepodařilo nalézt na okolních skalách, na kterých ji podle údajů ze sched položek sbíral Z. Pilous. Přitom exsikatové sběry tohoto autora z lokality jsou v evropských herbářích poměrně časté a bohaté, patrně zde tedy *T. lingulata* byla častější. Je tedy pravděpodobné, že tato lokalita od doby prvního sběru doznala určitých změn, a *T. lingulata* zde ustupuje.

3.7.2. *T. obtusifolia*

Na obou zkoumaných slovenských lokalitách, andezitovém kopci Rohy (Zvolenská kotlina, ca 410–440 m n. m.) a ostrohu se zříceninou hradu Čabrad' nad údolím Litavy (Krupinská planina, ca 250 m n.m.) rostla *T. obtusifolia* na mírně bazickém andezitu. Její stanoviště na první pohled nebyla nijak nápadná, jednalo se o menší, většinou polostinné skalky v listnatém lese. Kolonie rostly nejčastěji na šikmých až kolmých plochách, stanoviště byla mírně vlhká. Na první lokalitě byly některé porosty i na poněkud exponovanějších skalách, v takovém případě ale typicky rostly pod převisy nebo u bází skal. Pozoruhodné je, že nejčastějším doprovodem jejich porostů byla *T. muralis* var. *aestiva*, od které byla *T. obtusifolia* ve sbíraných položkách vždy spolehlivě odlišitelná redukovaným obústím, pouze krátce vyběhávým žebrem a spirálním olistěním lodyh v suchém stavu. Oba mechy ale rostly velmi těsně promíšené, což bylo dáno i charakterem jejich porostů, neboť nevytvářely ostře ohraničené polštáře. Jejich porosty byly z větší části sterilní, poněkud více tobolek nesly rostliny *T. muralis* var. *aestiva*. Z dalších druhů pak byly přítomny např. *Anomodon attenuatus*, *Amblystegium serpens*, *Bryum moravicum*, *Hypnum cupressiforme*, *Homalothecium sericeum*, *Brachythecium populeum*, *B. velutinum* nebo *Rhynchostegiella tenella*. Na podobných lokalitách byla *T. obtusifolia* hledána také v maďarském pohoří Visegrád, odkud pocházely rostliny z položek sbírané Borosem. Na stinnějších andezitových skalách v okolí Dömöse a Visegrádu byly sice pravidelně nacházeny populace *T. muralis* (nejčastěji var. *aestiva*), ale nebyla objevena žádná populace *T. obtusifolia*. Při následném studiu nasbíraného materiálu ale byly ve 2 položkách objeveny rostliny přechodné mezi oběma taxony, které měly redukované obústí a kratší hyalinní chlup; jedna z těchto kolonií rostla dokonce pouze 20 cm od typické *T. muralis* var. *aestiva*.

Horské rostliny *T. obtusifolia* se podařilo nalézt u Zaluženalmu v Radstadtských Taurách (ca 1770–1780 m n.m.). Lokalita se nacházela v JJZ orientované skalní stěně, vlastní stanoviště *T. obtusifolia* tvořila mohutná spára skalního výchozu bazické břidlice. Populace rostly v poměrně kompaktních porostech, větší část porůstala zastíněnou a mírně vlhkou část skály, ale v menší míře přesahovaly i na téměř nestíněné okraje spáry. Bylo tedy rovněž možné pozorovat vliv stanovištních podmínek na habitus rostlin. Rostliny ze stínu byly nápadně větší, s delšími listy, na kterých za sucha vynikalo spirální vinutí; rostliny z otevřeného a relativně suchého stanoviště pak byly drobnější, s kratšími listy, které často jevily známky poškození čepele. Bezprostředními doprovodnými druhy byly *Gymnostomum aeruginosum*, *Didymodon rigidulus* var. *rigidulus*, *Encalypta raptocarpa*, *Bryum argenteum* a *Pseudocrossidium* cf. *obtusulum*. Významné byly ale i mechorosty rostoucí v blízkém okolí lokality, které zahrnovaly mj. kontinentální xerothermní druhy *Athalamia hyalina*, *Crossidium squamiferum*, *Didymodon subandreaeoides*, *Pseudocrossidium obtusulum*, *Schistidium brunnescens* a *Syntrichia caninervis*. Ačkoli tedy lokalita leží ve značné nadmořské výšce, jde o poměrně teplé stanoviště s výrazně kontinentálním charakterem.

3.7.3. *T. muralis*

Stanovištní nároky tohoto široce rozšířeného taxonu jsou sice obecně známé, přesto je třeba uvést několik skutečností. U var. *muralis* se obecně uvádí, že roste na sušších, otevřenějších stanovištích (např. Smith 2004). Při terénní práci však byly často nalézány dlouhochlupé rostliny, přiřaditelné k var. *muralis*, na stejných místech jako rostliny var. *aestiva* s žebrem krátce vyběhávým. Tyto dlouhochlupé rostliny sice v některých případech měly relativně užší listy, které poněkud připomínaly var. *aestiva*, ale mnohdy byly nerozlišitelné od typické var. *muralis*. Několikrát byla dokonce zaznamenána diferenciaci na krátkochlupé a dlouhochlupé rostliny v rámci jednoho poměrně homogenního porostu. Naproti tomu var. *aestiva* byla v souladu s obecně uváděnými údaji nalézána na polostinných až stinných a mírně vlhčích stanovištích. Z primárních stanovišť osidlovala var. *aestiva*

nejčastěji andezit a pískovec; na vápenci, který je typickým přirozeným substrátem var. *muralis*, byla nalezena pouze vzácně.

4. DISKUSE

4.1. Variabilita morfologických znaků

Při statistickém hodnocení dat se ukázalo, že mnohými znaky se jednotlivé taxony příliš neliší. Ve drtivé většině znaků se taxony značně překrývají; v rozměrových znacích je v zásadě patrný gradient poklesu hodnot v pořadí *T. muralis* var. *muralis* – *T. muralis* var. *aestiva* – *T. obtusifolia* – *T. lingulata*. V následujícím oddíle budou proto diskutovány především znaky tradičně uváděné v literatuře, popřípadě další znaky, u kterých se prokázal jejich praktický význam pro determinaci taxonů.

4.1.1. Rozměry a tvar listů

Ačkoli se jednotlivé taxony poněkud liší tvarem a rozměry listu, nejedná se o rozdíly absolutní. U *T. lingulata* a *T. obtusifolia* (včetně jejich přechodných rostlin k *T. muralis*) je patrná tendence k tvorbě listů menších rozměrů než u vyhraněné *T. muralis*. Nápadně se od nich odlišuje zejména *T. muralis* var. *muralis*, která se s nimi v délce listu prakticky nepřekrývá (obr. 13 C); o něco méně výrazný je rozdíl v šířce listů, který je patrný jak v maximální šířce listu (obr. 13 K) tak i při měření v horní třetině čepele (obr. 13 H).

Listy u *T. obtusifolia* a *T. lingulata* jsou také relativně širší než u *T. muralis* (obr. 13 L, M). Listy *T. muralis* var. *aestiva* by podle některých autorů (např. Smith 2004, Frahm 2004, Kučera 2004) měly být relativně užší než u nominální variety. Z percentilových grafů ale vyplývá, že obě variety se v tomto ohledu nejčastěji překrývají, i když variabilita u var. *aestiva* je v tomto ohledu podstatně vyšší (to může být ale do jisté míry způsobeno větším množstvím měřených položek taxonu).

4.1.2. Listový lem

Tento znak je uváděn zejména u *T. lingulata* a *T. muralis*, u kterých by podle většiny autorů měl být dobře vyvinut; v některých určovacích klíčích bývá dokonce údajná absence lemu u *T. obtusifolia* uváděna jako velmi důležitý determinační znak (Limpricht 1890, Amann 1918, Pilous 1948, Pilous et Duda 1960). Během studia položek byla ale přítomnost nepapilnatých a ztlustlých buněk lemu zaznamenána u všech taxonů komplexu. Žádný autor ale nespecifikuje délku lemu. Ta byla u studovaných položek dosti variabilní, často i mezi listy z jedné rostliny, ale dosahovala nejvyšších hodnot u *T. lingulata*. Z grafů dvou různých vyjádření tohoto znaku (celková relativní délka vzhledem k délce čepele – obr. 13 O, relativní délka vztažená k papilnaté části čepele – obr. 13 P) je sice patrný značný překryv s ostatními taxony, přesto je ale zřetelný častější výskyt vyšších hodnot u *T. lingulata*. Je ovšem třeba zdůraznit, že jde o spíše statistický rozdíl; několikrát byly dlouze lemované listy pozorovány i u rostlin skupiny *T. muralis* var. *aestiva* – *T. obtusifolia* (jedna z populací vyhraněné *T. obtusifolia* měla dokonce většinu měřených listů lemovaných až do špičky).

4.1.3. Ohrnutí listu

Někteří autoři uvádějí odlišnosti v míře ohrnutí okraje listů u jednotlivých taxonů. U *T. obtusifolia* by měly být více ohrnuté (Velenovský 1897, Roth 1904–5, Ignatov et Ignatova 2003), méně nápadné by naopak mělo být ohrnutí u podobné *T. muralis* var. *aestiva* (Velenovský 1897, Weidmann 1895, Nyholm 1989). Ačkoli bylo ohrnutí listů u všech taxonů dosti variabilní, tyto trendy se vesměs potvrdily. Nejvíce se odlišovala míra ohrnutí špičky *T. obtusifolia* a *T. lingulata*, u druhého jmenovaného taxonu byla větší část špičky bez ohrnutí (obr. 13 R). *T. obtusifolia* se pak také skutečně do jisté míry odlišovala od *T. muralis* var. *aestiva*, a to jak v úhlu ohrnutí ve střední části listu (obr. 13 AA),

tak i v celkové šířce ohrnuté části (obr. 13 U). Opět ale jde spíše o statistický trend, překryv mezi taxony je značný.

4.1.4. Šířka žebra

V literatuře bývá některými autory zmiňována u *T. obtusifolia* nápadné zesílení žebra v horní části listu – např. Frahm (2004), nebo Amann (1918; taxon proto dokonce odděluje do samostatného rodu *Pachyneurum* J. J. Amann). Během studia položek byly ale případy, kdy šířka žebra dosahovala maximální hodnoty nad polovinou listu, zaznamenány u všech taxonů komplexu. U všech taxonů byl jeho výskyt poměrně vzácný, i když u rostlin *T. obtusifolia* se objevovalo poněkud častěji (stejně tak i u rostlin přechodných k *T. muralis* var. *aestiva*) – viz tab. 9.

4.1.5. Délka vybíhavé části žebra

Míra vybíhání žebra u 3 taxonů komplexu (*T. muralis* var. *muralis*, *T. muralis* var. *aestiva*, *T. obtusifolia*) je podle výsledků srovnávací kultivace znak stálý, tj. geneticky podmíněný. Lze tedy zamítnout hypotézu, kterou navrhuji např. Loeske (1934), Düll (1980) nebo Smith 2004, podle které jsou rozdíly v tomto znaku mezi jednotlivými taxony způsobeny odlišnými podmínkami jejich stanovišť. Charakter vybíhání žebra je ale přesto do značné míry korelovan s podmínkami stanoviště. Vybíhání žebra nebylo ověřeno kultivací pouze u *T. lingulata*; u tohoto taxonu ale žádná dostupná literatura nezmiňuje zásadnější variabilitu znaku, autoři žebro shodně popisují jako nevybíhavé.

Pro *T. muralis* jsou typické vyšší hodnoty vybíhání žebra, popř. jeho bezbarvost. Délka vybíhání je ale u obou jejích variet velmi variabilní a existují rostliny, které nelze podle míry vybíhavosti přiřadit k jedné z variet. Navíc i u rostlin považovaných za vyhraněnou var. *muralis*, tj. s žebrem v průměru vybíhajícím min. na 25 % délky čepele listu, měly některé měřené listy žebro vybíhající pouze na ca 10 % délky čepele listu (obr. 13 D, F). U var. *aestiva* je zase poměrně časté i u populací s krátce vybíhavým nehyalinním žebrem, že aspoň některé listy mají zřetelný chlup, nejčastěji na perichaetiálních listech sterilních rostlin nebo vrcholových listech sterilních výhonů (na tomto typu listů bylo ostatně pozorováno nejdéle vybíhavé žebro i u var. *muralis*).

Velmi krátce vybíhavé, nehyalinní žebro je dle většiny autorů typické pro *T. obtusifolia*. U studovaných rostlin, které bylo možné s jistotou označit za *T. obtusifolia*, se u bezchlupých forem délka vybíhání pohybovala nejčastěji v rozmezí ca 5–25 μm (obr. 13 E). Na výskyt delšího, popř. hyalinního žebra u tohoto taxonu upozorňuje pouze Pilous (1954), Loeske (1934), nepřímě Maier et Schnyder (2006) („...Rippe tritt als (hyaliner?) Stachelspitze aus...“). Mezi studovanými položkami se tyto přechodné formy s listy připomínajícími *T. muralis* var. *aestiva* vyskytovaly poměrně často; je podstatné, že některé z nich byly podle všech ostatních znaků určitelné jako *T. obtusifolia* – měly velmi redukované obústí (často bez nitřovitých ramen zubů) a spirální vinutí listů za sucha. Tyto rostliny také velmi často pocházely ze stanovišť typických pro *T. obtusifolia*; v položkách R. Skrzypczak z Francie byly dokonce jasné směsné porosty rostlin s chlupem, a rostlin bezchlupých. Pokud tedy *T. obtusifolia* definujeme podle redukovaného obústí, platí, že u takovýchto rostlin se vyskytuje podobná, geneticky podmíněná variabilita ve vybíhání žebra jako u *T. muralis*. Některé populace patrně budou mít hyalinní chlup delší, jiné budou striktně bezchlupé (např. vzorky ze 2 slovenských lokalit – během terénního průzkumu zde byly nalezeny rostliny pouze tohoto typu, dostupné herbářové položky z lokalit také vždy bez chlupu).

U *T. lingulata* je v literatuře žebro nejčastěji popisováno jako končící ve špičce listu, jejíž tvar by měl být zaoblený. Studované položky taxonu ale měly poměrně často listy se špičkou nasazenou, obvykle tvořenou jednou vyčnívající buňkou, jejíž délka nejčastěji dosahovala ca 2–12 μm (obr. 13 E, G), ojediněle ale i okolo 30 μm . V tomto znaku tedy

existuje poměrně značný překryv s *T. obtusifolia*, která v některých případech tvoří vybíhavé žebro i nasazenou špičku podobnou *T. lingulata*. Některé populace obou taxonů tedy podle tvaru špičky nemohly být spolehlivě určeny. Jasně zaoblené listy, které na ilustracích uvádí Ignatov et Ignatova (2003) nebo Malta (1930), byly ale u *T. lingulata* pozorovány spíše vzácně.

Z uvedeného vyplývá, že míru vybíhání žebra, resp. tvar špičky listu, lze použít k odlišení *T. lingulata* od zbytku komplexu, přičemž ale někdy bývají problémy s odlišením od forem *T. obtusifolia* s málo vybíhavým žebrem. Celkově se ale jedná o znak poměrně variabilní a problematický a nelze tedy jeho taxonomický význam přeceňovat.

4.1.6. Rozměry štětu, tobolky a víčka

Absolutní i relativní hodnoty velikostí těchto částí sporofytu byly často vzájemně korelované. Od ostatních taxonů odlišuje především *T. muralis* var. *muralis*, jejíž štěty a tobolky jsou nejdelší (téměř se nepřekrývají s hodnotami *T. lingulata*, popř. *T. obtusifolia*), ale zároveň i poměrně úzké (obr. 12 A–C). Podobné platí i pro délku víčka (obr. 12 F), což je dáno korelací s velmi dlouhými obústními zuby, které víčko pokrývá. Na druhé straně gradientu stojí taxony *T. lingulata* a *T. obtusifolia*, které mají naopak tobolky a štěty nejkratší, a tobolky dosti široké. Víčko je u těchto taxonů často poměrně krátké, což odpovídá jejich kratšímu obústí. Položky *T. muralis* var. *aestiva*, popř. rostliny přechodné k var. *muralis*, se pak rozsahem variability pohybují mezi *T. lingulata* a *T. muralis* var. *muralis*.

4.1.7. Obústí

U *T. lingulata* mělo obústí vždy vyvinutá nit'ovitá ramena zubů, která byla ale v různých místech obvodu tobolky často dosti nepravidelná a pouze slabě pootočená (viz obr. 1 G v Příloze 2); jeho celková délka nejčastěji kolísala mezi ca 140–280 μm (obr. 12 K). Toto rozpětí podstatně přesahuje horní hranici 120 μm , kterou uvádí Malta (1919). Není jisté, jakým způsobem tento autor obústí měřil, je však možné, že dosažené nižší hodnoty délky obústí mohl způsobit nějaký metodický faktor. Pro morfometrii byly voleny pouze neodvíčkované tobolky, neboť u tobolek s obnaženými zuby obústí mohlo dojít časem k jejich olámaní. Také při preparaci obústí a přiložením krycího sklíčka dochází k narovnání zubů, které jsou na neporušené tobolce poněkud skloněné směrem dovnitř. Obústí *T. lingulata* mělo také výrazně nižší bazální membránu než ostatní taxony, i když hodnoty tohoto znaku se obvykle překrývají s *T. obtusifolia* (obr. 12 L).

S hodnotami celkové délky obústí *T. lingulata* se do značné míry překrývají vyhraněné rostliny *T. obtusifolia*, popř. rostliny přechodné k *T. muralis* var. *aestiva*. U extrémních typů, které bylo možné spolehlivě vymezit vůči *T. muralis*, nemělo obústí vůbec vyvinutá nit'ovitá ramena zubů, z bazální membrány tedy pouze vyčnívaly báze zubů. Proto byla u těchto rostlin celková délka obústí ještě poněkud menší než u *T. lingulata*, nejčastěji se pohybovala mezi 100–230 μm . Hranice mezi méně vyhraněnými přechodnými typy a *T. muralis* var. *aestiva* ale prakticky neexistuje; u herbářových položek byly pozorovány různé stupně redukce obústí, které pozvolna přecházely ve vinuté obústí klasických rostlin *T. muralis* var. *aestiva* (viz obr. 2 F–H v Příloze 2). Překryv existuje také mezi oběma varietami *T. muralis*, i když u var. *muralis* bývá obústí obvykle více vinuté a delší; je to způsobeno větší délkou vlastních zubů a jejich ramen, ve výšce bazální membrány se obě variety příliš neliší.

Znaky obústí lze tedy prakticky pouze k odlišení *T. lingulata*, která má na rozdíl od *T. muralis* podstatně kratší obústí, bazální membránu a téměř nevinuté zuby. Od některých vyhraněných forem *T. obtusifolia* se pak odlišuje vždy vyvinutými nit'ovitými rameny zubů obústí.

4.1.8. Velikost buněčných struktur: spory, buňky listové čepele, buňky exothecia

Buněčné rozměry se ukázaly být velmi podstatné pro rozlišení jednotlivých taxonů. Je s podivem, že jejich význam žádný z autorů nezdůrazňuje např. v určovacích klíčích, ačkoli např. větších rozměrů spor u *T. lingulata* si povšiml Malta (1919) i Ignatov et Ignatova (2003).

T. lingulata se od všech ostatních taxonů odlišuje zejména větší velikostí spor (nejčastěji 11–15 μm , o ostatních taxonů většinou do 12 μm). Z percentilových grafů (obr. 12 P) vyplývá, že je to dokonce jeden z nejlepších znaků pro odlišení od velmi podobné *T. obtusifolia*. Jeho využitelnost je pouze omezená nepřilíš hojnou tvorbou sporofytů u *T. lingulata*, a také poměrně velkou variabilitou ve velikosti spor. *T. obtusifolia* je naopak charakteristická nejmenšími buněčnými strukturami. Od zbytku komplexu se do jisté míry liší kratšími exotheciálními buňkami (obr. 12 N) a užšími buňkami listové čepele (obr. 13. Z); tyto charakteristiky jsou menší také u přechodných rostlin k *T. muralis* var. *aestiva*. Tyto rozdíly jsou ale spíše statistického rázu, z percentilových grafů je patrné, že hodnoty *T. obtusifolia* se překrývají s ostatními taxony, ale konstantně se drží v nižším rozmezí. U *T. muralis* jsou rozměry buněčných struktur (s výjimkou spor) nejvíce variabilní a vykazují překryv s *T. lingulata* i *T. obtusifolia*.

Odlišnosti ve velikosti těchto znaků mohou být spojeny s ploidií jednotlivých taxonů. U *T. obtusifolia* byl zjištěn v porovnání s *T. lingulata* poloviční obsah DNA, což odpovídá uvedenému zjištění. Je přitom zajímavé, že v celkové velikosti rostlin je tento trend spíše opačný, nejmenší rostliny vytváří diploidní *T. lingulata*.

4.1.9. Rozmístění gametangií

Tento znak je pravděpodobně bez většího taxonomického významu. U všech studovaných taxonů bylo aspoň u některých položek zjištěno autoické rozmístění gametangií. U některých vzorků byly sice nalezeny pouze jednopohlavné nebo sterilní rostliny, to lze ale přičíst heteroecii, která byla již dříve zjištěna u *T. muralis* (Shaw 2000). Literární údaje o dvoudomosti *T. lingulata* (Lindberg 1880, Ignatov et Ignatova 2003) a *T. muralis* var. *aestiva* (Roth 1904–5, Velenovský 1897, Weidmann 1895) jsou tedy patrně způsobeny studiem malého množství materiálu. Nelze však vyloučit, že se populace jednotlivých taxonů liší zastoupením jednotlivých typů rostlin.

4.1.10. Celkový habitus rostliny

Především během terénního pozorování rostlin byly objeveny také rozdíly ve velikosti a růstové formě rostlin jednotlivých taxonů. Z percentilových grafů (obr. 13 A, B) je patrné, že nejmenší jsou většinou rostliny *T. lingulata*, zejména v délce lodyhy. Od ostatních taxonů se poněkud odlišovala i růstovou formou, tvořila poměrně řídké porosty – to se nejvíce projevilo u vysušených herbářových položek, kdy mezi rostlinami s přitisklými listy silně prosvítal substrát. *T. obtusifolia*, která se jí podobá např. drobnějšími rozměry listů nebo sporofytu, naopak nezřídka rostla v hustých kompaktních trsech podobných *T. muralis* var. *muralis*, a její lodyhy byly někdy značně dlouhé. Tímto se *T. obtusifolia* někdy také odlišovala od *T. muralis* var. *aestiva*, rostoucí spíše v řídkých porostech, jak zmiňují např. Ignatov et Ignatova (2003).

Dalším typickým znakem *T. obtusifolia* je spirální vinutí listů za sucha, které nebylo nikdy zaznamenáno např. u *T. lingulata*, která má listy za sucha spíše rovné (viz tab. 10). Spirální olistění vykazují také některé populace přechodné k *T. muralis* var. *aestiva*. U jasně určitelných forem *T. muralis* var. *aestiva* spirální vinutí prakticky nebylo zjištěno, její listy jsou spíše nepravidelně pokroucené. Je však třeba dodat, že u drobnějších forem *T. obtusifolia* a *T. muralis* var. *aestiva* je tento znak velmi obtížně hodnotitelný, protože menší rostliny mají listy většinou méně stočené.

4.2. Status jednotlivých taxonů

4.2.1. *T. lingulata*

Tento taxon si zcela jistě zaslouží druhový status. Ve všech statistických analýzách morfologických znaků se průkazně odlišovala od ostatních taxonů. Nejdůležitějšími znaky *T. lingulata* jsou celkově drobnější rozměry, silně lemované listy s téměř nevybíhavým žebrem listu, a tendence k větším rozměrům buněčných struktur. *T. lingulata* je ve srovnání s ostatními taxony relativně málo variabilní. Od obou variet *T. muralis* se odlišuje podstatně kratší délkou obústí s pouze mírně vinutými zuby, a většinou také mnohem delším vybíhání žebra. Značné problémy se ale může působit odlišením od některých forem velmi proměnlivé *T. obtusifolia*, která se v některých případech příliš neliší mírou vybíhání žebra, a velmi vzácně může mít dlouze lemované listy. V takových je patrně nejlepším rozlišovacím znakem větší velikost spor u *T. lingulata*. Oba taxony se také odlišovaly velikostí genomu, která byla 2x větší u *T. lingulata*. Je ale nutné zdůraznit, že velikost genomu byla stanovena pouze u malého množství vzorků.

Druhový status *T. lingulata* podporuje také její velmi vyhraněná ekologie, zatím nebyl druh zaznamenán na jiném substrátu než na pískovci. Pozoruhodný je její dosti omezený areál. Podle revidovaných položek je hojnější pouze v Pobaltí. Ačkoli se nepodařilo získat položky z ostatních zemí jejího literárně udávaného výskytu (Tádžikistán, Maďarsko, Bělorusko, Ukrajina), některé historické údaje lze patrně vyloučit, neboť recentní checklisty je již neuvádí – např. Erzberger et Papp (2004) v případě Maďarska nebo Ochyra et al. (2004) pro Polsko. Recentní výskyt mimo Pobaltí se podařilo potvrdit v ČR (Peruc u Loun). České rostliny *T. lingulata* jednoznačně vykazují všechny důležité morfologické znaky taxonu (velikost spor, delší lem, málo vybíhavé žebro aj.). Od rostlin z Pobaltí se odlišují pouze některými znaky sporofytu – poněkud delším štětem, užší a relativně delší tobolkou, a užším víčkem (viz obr. 1 A, C, D, G v Příloze 5). V nedávné době byly dále rostliny, určené L. Meinungerem jako *T. lingulata*, sbírané S. Casparim v Bádensku-Württembersku (S. Caspari, úst. sděl.). Rostliny sice pocházely z bázemi obohaceného pískovce, ale lokalita ležela v neobvykle vysoké nadmořské výšce, ca 1000 m n.m. Dle mého názoru proto není zcela jisté, zda sběr skutečně patří k *T. lingulata*.

4.2.2. *T. obtusifolia*

Odlišení tohoto taxonu od *T. muralis* var. *aestiva* v některých případech není možné. Je to dáno povahou diagnostických znaků *T. obtusifolia*, kterými jsou podle většiny autorů redukované obústí, a pouze krátce a nehyalinně vybíhavé žebro. Použitelnost těchto znaků pro odlišení je ztížena dvěma zásadní problémy:

- a) Jak uvádí již Loeske (1936) nebo Kučera (2004), oba znaky nejsou vždy korelované. Existuje tedy skupina rostlin, která vykazuje znaky gametofytu *T. muralis* var. *aestiva* a znaky obústí *T. obtusifolia* a naopak.
- b) Značná variabilita znaků. Extrémně variabilní je zejména míra vybíhání žebra u *T. muralis* var. *aestiva*, i u populací s velmi krátkým žebrem nesou aspoň některé listy krátký chlup. Použití tohoto znaku k determinaci je tedy problematické hlavně u malých herbářových vzorků. Pro délku obústí zase nelze stanovit ostrou hranici mezi oběma taxony. U jasně klasifikovatelných položek *T. obtusifolia*, tj. rostlin s nejvyšším stupněm redukce obústí, bez nitřovitých ramen zubů, jeho délka nepřevyšovala 250 μm . U rostlin přechodných se ale v některých případech nejevila jako příliš spolehlivá ani hranice 400 μm , kterou pro tento taxon udává Cortini Pedrotti (2001). Situaci opět komplikuje variabilita v rámci

jednoho porostu mechu – i u rostlin *T. muralis* var. *aestiva* s obústím v průměru delším měly některé tobolky obústí znatelně kratší než 400 μm.

Přitom se takřka s jistotou dá vyloučit, že by variabilita obou determinačních znaků byla zásadněji ovlivněna podmínkami prostředí. U délky vybíhání žebra byla jeho genetická podmíněnost prokázána kultivací, stálost charakteru obústí pak byla pozorována u slovenských směsných populací jasně určitelných bezchlupých rostlin *T. obtusifolia* s redukováním obústím a rostlin *T. muralis* var. *aestiva* s dlouhým obústím.

Dle výsledků statistických analýz jsou vyhraněné formy obou taxonů jasně odlišitelné; LDA dokonce prokázala, že takové rostliny se spolehlivě odlišují i kombinací dalších znaků, ne jen charakterem obústí a vybíhání žebra. Poměrně nápadné je např. pro *T. obtusifolia* většinou výrazně spirální olistění rostlin za sucha, nebo tendence k relativně větší oblasti nepapilnatých bazálních buněk listu. Problematické rostliny *T. muralis* var. *aestiva* – *T. obtusifolia* naopak vykazují přechodný charakter ve všech znacích, což prokázala PCA analýza s vyloučením diagnostických znaků. Přesto ale existuje několik důvodů, proč je nelze slučovat v jeden taxon:

- a) Existence zmiňovaných směsných populací. Slovenské směsné populace jednoznačně určitelných rostlin *T. obtusifolia* a *T. muralis* var. *aestiva* jsou jasným důkazem genetické odlišnosti fenotypů. Jelikož navíc nebyly na této lokalitě nalezeny přechodné typy rostlin, lze počítat i s existencí reprodukčních bariér mezi těmito populacemi.
- b) Odlišné stanovištní nároky rostlin se znaky *T. obtusifolia*. Tyto populace byly nalézány výhradně na přirozených stanovištích, ale nikdy ne na sekundárních substrátech; také herbářové položky sbírané ostatními autory (zejm. Brotherus – pohoří Alatau a Kavkaz) by pravděpodobně mohly pocházet z primárních, nebo alespoň horských stanovišť, typických pro *T. obtusifolia*. U *T. muralis* var. *aestiva* byly v terénu pozorovány desítky populací na sekundárních stanovištích, tyto rostliny ale nikdy nevykazovaly redukcii obústí, a alespoň na některých rostlinách obvykle bylo žebro hyalinní. Na primárních stanovištích byla *T. muralis* var. *aestiva* nalézána podstatně méně často, ale na některých lokalitách (Visegrád) rostla i s populacemi se znaky sporofytu *T. obtusifolia*.
- c) Odlišnosti v zastoupení cytotypů. Ačkoli u rostlin se znaky sporofytu *T. obtusifolia* byly analyzovány vzorky z pouhých 5 lokalit, všechny odpovídaly haploidnímu typu (tj. $C=0,6$ pg). U *T. muralis* var. *aestiva* byl daleko častější diploidní cytotyp ($C=1,2$ pg, testováno 57 vzorků z 39 lokalit). Není bez zajímavosti, že její haploidní cytotyp *T. muralis* var. *aestiva* rostl i na primárních stanovištích, na kterých je taxon podstatně vzácnější; na slovenských lokalitách dokonce spolu s *T. obtusifolia*, na maďarských lokalitách zase velmi blízko rostlin přechodných mezi oběma taxony.

Oddělování obou taxonů např. na úrovni poddruhů tedy stále zůstává rozumným kompromisem i z toho hlediska, že u mechorostů je známo mnoho případů kryptické speciace; existence sporných populací zdaleka nemusí znamenat, že taxony jsou identické. Osobně považuji za vhodnější nezohledňovat míru vybíhání žebra. U položek se znaky *T. obtusifolia* (reduované obústí, spirální olistění) byly pozorovány směsné porosty rostlin bezchlupých i s chlupem, lze proto u tohoto taxonu výskyt chlupu přijmout. Pro odlišení *T. muralis* var. *aestiva* navíc míru vybíhání žebra není vhodné používat také z toho důvodu, že mezi rostlinami jednoho porostu často značně kolísá. Jako podstatný znak rostlin *T. obtusifolia* by ale naopak mělo být považováno spirální vinutí listů, které většinou chybí u vyhraněných rostlin *T. muralis* var. *aestiva*.

V budoucnu by dalším objasnění vztahu těchto taxonů výrazně napomohl rozsáhlejší výzkum ploidie rostlin se znaky *T. obtusifolia* nebo použití molekulárních markerů.

4.2.3. *T. muralis*

V rámci taxonu byla potvrzena tendence k tvorbě dvou odlišných morfologických typů, označovaných za var. *aestiva* a var. *muralis*. Tyto variety se odlišovaly především délkou vybíhavé části žebra, která dosahuje vyšších hodnot u var. *muralis*, a v menší míře také rozměry rostlin – var. *aestiva* byla většinou poněkud menší. Již zběžné studium ovšem prokázalo, že hranice mezi těmito varietami není ostrá, značná část populací nebyla jednoznačně přiřaditelná k jedné z variet. Obdobné výsledky přinesly také mnohorozměrné metody. Získaná morfologická data bohužel neumožňují učinit zásadní závěry o možnostech rozlišitelnosti obou variet. Vzhledem k velké variabilitě rostlin by pro objektivnější zhodnocení bylo třeba změřit minimálně dvojnásobné množství materiálu *T. muralis*, což se ukázalo být časově nezvladatelné. Stávající hodnocení na úrovni variet se ale v zásadě jeví jako dostačující. Přesto stojí za povšimnutí následující skutečnosti:

- a) Hlavní znak, používaný pro rozlišování variet, tj. délka vybíhavé části žebra, je značně geneticky fixována. Lze prakticky vyloučit možnost, že vyhraněné rostliny jsou pouhými stanovištními modifikacemi. Pro genetickou odlišnost rostlin, lišících se mírou vybíhání žebra, svědčí relativně vzácná, ale prokazatelná existence směsných porostů, popř. výskyt obou forem v obdobných ekologických podmínkách.
- b) Existence více různých ploidii, které se u variet lišily četností výskytu. Diploidní cytotyp převažoval u rostlin vyhraněné var. *aestiva*, u var. *muralis* byly oba cytotypy zastoupeny přibližně stejně často. Morfologickými projevy polyploidie se zabýval již Newton (1968). V práci bohužel nespécifikuje, s kterou varietou pracoval, pravděpodobně se jednalo pouze o var. *muralis*. Závěry jeho výzkumu jsou poměrně opatrné, ačkoli u více než 90 % vzorků lze pomocí kombinace morfologických znaků určit ploidii, nenavrhuje odlišné cytotypy rozlišovat jako samostatné taxony.

Uvedené skutečnosti přinášejí další důkazy pro závěry práce Wenera et al. (2004), která u *T. muralis* zjistila přítomnost několika nezávislých linií, svou genetickou rozmanitostí odpovídajících samostatným taxonům. Lze tedy prohlásit, že problematika taxonomie *T. muralis* je komplexnější a vyžaduje polyfázický přístup, kombinující morfologické, molekulární a cytotoxonomické metody.

4.2.4. *T. montenegrina*

Tento velmi málo známý taxon synonymizovali Corley et al. (1981) s *T. lingulata*. Tomuto taxonu se *T. montenegrina* podobá špičkami listů, které jsou u isotypové položky téměř vždy zaoblené, s nevybíhavým žebrem. Listy tohoto typu jsou skutečně nejčastější u *T. lingulata*; vzácněji je ale mají i některé populace *T. obtusifolia*, se kterou se navíc položka *T. montenegrina* shoduje v následujících morfologických znacích:

- a) Listy nemají výrazněji delší lem – papily se nejčastěji začínají objevovat v horní třetině listu a jsou poměrně dobře vyvinuté; nebyly pozorovány listy s lemem až do špičky, typické pro *T. lingulata*.
- b) Menší rozměry spor – rozsahem variability (nejčastěji 10–11 μm , viz graf na obr. 12 P) se velikost spor jednoznačně shoduje s rostlinami *T. obtusifolia*.
- c) Charakter obústí – nebyl sice zkoumán přímo, protože u položky byla pouze jediná neodvíčkováná tobolka; ilustrace k popisu druhu (Beck et Szyszyłowicz 1888) ale znázorňují nejvíce redukovaný typ obústí (tj. bez niťovitých ramen zubů), který nebyl nikdy pozorován u *T. lingulata*, zatímco se vyskytl u některých forem *T. obtusifolia*. K ilustracím je ale na druhou stranu nutno přistupovat kriticky, není jisté, zda byly

zachyceny čerstvě odvíčkované tobolky s neporušeným obústím – pokud tomu tak nebylo, mohly být zuby v době kreslení již olámané.

Lokalita sběru – pohoří Veliki Maglič na hranici Bosny a Černé hory – také leží značně daleko od centra rozšíření *T. lingulata*, a pravděpodobně ležela v poměrně vysoké nadmořské výšce (vrchol Magliče dosahuje 2386 m n. m.). I z těchto důvodů tedy odpovídá spíše taxonu *T. obtusifolia* a měla by s ním být synonymizována.

5. ZÁVĚR

- 1) Nejlépe definovaným taxonem skupiny je *T. lingulata*, která se prokazatelně odlišuje v mnohých morfologických znacích (zejména tvarem špičky listu, velikostí spor, délkou listového lemu) a vyhraněnou ekologií. V mnohých případech je ale pro odlišení od rostlin označovaných jako *T. obtusifolia* nutné použít kombinaci více znaků.
- 2) Problematické je vymezení taxonů označovaných jako *T. obtusifolia* a *T. muralis* var. *aestiva*. Hlavní příčinou je nekorelovanost a variabilita hlavních tradičně uváděných determinačních znaků. Oba taxony však nelze považovat za identické, protože vyhraněné formy jsou jednoznačně morfologicky odlišitelné. Rostliny vykazující znaky sporofytu taxonu *T. obtusifolia* se navíc odlišují stanovištními nároky, a ve většině případů pravděpodobně i ploidií. Pro taxon *T. obtusifolia* je tedy navržena klasifikace na úrovni subspecie – *T. muralis* subsp. *obtusifolia*.
- 3) Taxon *T. muralis* je morfologicky velmi variabilní, kromě rostlin s redukováným obústím (var. *obtusifolia*) je patrný trend k tvorbě rostlin s déle vybíhavým chlupovitým žebrem (var. *muralis*) a rostlin bezchlupých (var. *aestiva*). U var. *muralis* a var. *aestiva* se vyskytují nejčastěji pravděpodobně 2 ploidní úrovně, které se u obou variet liší svým zastoupením. Jednotlivé formy *T. muralis* jsou patrně geneticky fixovány, ale jsou morfologicky značně heterogenní.
- 4) *T. montenegrina* by měla být považována za synonymum taxonu *T. obtusifolia*, se kterým se shoduje ve všech důležitých morfologických znacích.

Klíč k určení taxonů *T. muralis* agg.

1. spory (10–)11–15(–18,5) µm velké, aspoň některé listy na okraji až do špičky lemované několika řadami nepapilnatých buněk, obústí (100–)140–280(–350) µm dlouhé, vždy s pouze slabě pootočenými niťovitými rameny zubů (ramena často nepravidelně vyvinutá), nasazená špička listu nebo vybíhavá část žebra pouze 2–12(–30) µm dlouhá *T. lingulata*
1. spory (7,5–)8,5–12(–13) µm velké, lemovaná část listu různě dlouhá, obvykle ale nedosahuje do špičky listu, obústí velmi variabilní, ca 100–1500 µm dlouhé (u nejredukovánějších typů niťovitá ramena někdy téměř chybí), listy s nasazenou špičkou až s dlouze hyalinně vybíhavým žebrem 2
 2. obústí silně redukované, bez niťovitých ramen zubů, ca do 250 µm dlouhé; listy za sucha spirálně vinuté *T. muralis* subsp. *obtusifolia*
 2. obústí delší, s dobře vyvinutými, levotočivě vinutými niťovitými rameny zubů 3
 3. žebro hrotité nebo krátce vybíhavé *T. muralis* subsp. *muralis* var. *aestiva*
 3. žebro vybíhá v dlouhý hyalinní chlup *T. muralis* subsp. *muralis* var. *muralis*

6. LITERATURA

- Ābolina A. (2002): Mosses of Latvia.
<http://latvijas.daba.lv/scripts/db/saraksti/saraksti.cgi?d=suunas&l=en>
- Amann J., Meylan C. (1918): Flore des Mousses de la Suisse. Herbar Bossier: Geneve, 215 pp.
- Anonymus (1999): Statistica for Windows (Computer program manual). – Tulsa.
- Aydin S., Keserciğlu T. (2003): Mitotic chromosome studies on *Tortula muralis*, *Syntrichia intermedia*, *S. princeps* and *S. ruraliformis* from Turkey. – *Lindbergia* 28: 45–47.
- Beck G. et Szyszylowicz I. (1888): Plantae à Dre Ign. Szyszylowicz in Itinere per Cernagoram et in Albania adjacente anno 1886 lectae.
- Boros Á. et Vajda L. (1957): Der systematische Wert von *Tortula obtusifolia* Schleich. *Rev. Bryol. Lichénol.* 26: 266.
- Briggs D. (1964): Experimental taxonomy of some British species of the genus *Dicranum*. *New Phytol.* 64: 366–386.
- Brotherus V.F. (1924): Musci (Laubmoose). In: Engler A., Prantl K. [ed.] Die Natürlichen Pflanzenfamilien 10. Berlin.
- Buryová B., Shaw A. J. (2005): Phenotypic plasticity in *Philonotis fontana* (Bryopsida: Bartramiaceae). – *Journal of Bryology* 27: 13 – 22.
- Corley M. F. V., Crundwell A. C., Düll R., Hill M. O., Smith A. J. E. (1981): Mosses of Europe and the Azores: an annotated list of species, with synonyms from the recent literature. – *Journal of Bryology* 11: 609–689.
- Cortini Pedrotti C. (2001): Flora dei Muschi d'Italia. Sphagnopsida, Andreaeopsida, Bryopsida. (I parte). 817 pp.
- Duckett J. G., Burch J., Fletcher P. W., Matcham H. W., Read D. J., Russell A. J. & Pressel S. (2004): In vitro cultivation of bryophytes: a review of practicalities, problems, progress and promise. – *Journal of Bryology* 26: 3 – 20.
- Düll R. (1980): Die Moose (Bryophyta) des Rheinlandes (Nordrhein-Westfalen, Bundesrepublik Deutschland), unterberücksichtigung der selteneren Arten des benachbarten Westfalen und Rheinland-Pfalz. – Bonn (Naturhist. Ver. Rheinlande u. Westfalens), 365 pp.
- Erzberger P. et Papp B. (2004): Annotated Checklist of Hungarian Bryophytes. - *Studia bot. hung.* 35: 91–149.
- Frahm J. P. (2004): Moosflora, 4. Auflage. Eugen Ulmer GmbH & Co., 538 pp.
- Fritsch R (1982) Index to plant chromosome numbers, Bryophyta. *Regnum Vegetabile*, 108, 1–268.
- Grout A. J. (1936–1939): Moss flora of North America north of Mexico. Vol. 1., Vermont, 264 pp.
- Guerra J., Cano M. J., Ros R. M. (eds.) (2006): Pottiales: Pottiaceae. Encalyptales: Encalyptaceae. – *Flora Briofítica Ibérica, Sociedad Española de Briología, Murcia*, 3: 1–305.
- Hedwig J. (1811): *Species Muscorum Frondosorum, Supplementum Primum* 1: 129, tab. XXI
- Ignatov M. S., Ignatova E. A. (2003): Flora mchov sredněj časti evropejskoj Rossii. Tom 1. Sphagnaceae – Hedwigiaceae. – *Arctoa* 11, suppl. 1, 608 pp.
- Ingerpuu N., Kalda A., Kannukene L., Krall H., Leis M., Vellak K. (2005): Eesti sammalde nimestik. List of Estonian Bryophytes. Updated in January 2005. <http://www.zbi.ee/~tomkukk/sammal.htm>
- Krahulcová A. (1998): Karyologie cévnatých rostlin při aplikaci metod klasického barvení chromosomů. – *Ms.*, 25 pp.

- Kučera J. (2004): *Tortula* Hedw. – kroucenec. – In: Kučera J. [ed.] Mechorosty České republiky, on–line klíče, popisy a ilustrace. [<http://botanika.bf.jcu.cz/bryoweb/klic/prehled.html>].
- Lawton E. (1971): Moss flora of the Pacific Northwest. Hattori Botanical Laboratory, Nichinan, 362 pp.
- Lazarenko A. S., Vysotskaya E. I., Lesnyak E. N., Mamatkulov U. K. (1968): Studies on chromosome numbers of some moss species of Tadzhikistan. – Bjulleten Moskovskogo Obščestva Ispytatelej Prirody, Otdel Biologičeskij, 73(2): 141 – 152. [non vidi]
- Lazarenko A.S., Vysotskaya E. I., Lesnyak E. N. (1971): Atlas chromosom listevnych mchov SSSR. – Kiev, Nauk. Dumka, pp. 144. [non vidi]
- Limpricht K. G. (1890): Die Laubmoose Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. I.
- Lindberg S. O. (1880): *Tortula lingulata* sp. nov. – Rev. Bryol. 7(3): 40 – 41.
- Lobačevskaja O. V., Demkiv O. T., Ripeckij R. T. (1986): The cytophotometric measurement of nuclear DNA amount in polyploid complex of *Tortula muralis* Hedw. – Ukrajinšyĭ Botaničnyĭ Žurnal 43(6): 23 – 26.
- Loeske L. (1934): Über *Tortula freibergii*, *T. obtusifolia* and verwandte Formen. – Ann. Bryol. 7: 98 – 107.
- Malta N. (1910): Beiträge zur Moosflora des Gouvernements Pleskau mit besonderer Berücksichtigung des Kalksteingebietes der Welikajamündung. – Riga, 78 pp.
- Malta N. (1930): Übersicht der Moosflora des Ostbaltischen Gebietes II. Laubmoose. Acta Horti Botanici Universitatis Latviensis 5: 75 – 184.
- Maier E., Schnyder N. (2006): *Tortula* Hedw. – In: Naturräumliches Inventar der Schweizer Moosflora – NISM, Institut für Systematische Botanik Universität Zürich. [http://www.nism.unizh.ch/keys/keys_de.php]
- Mamatkulov U. K. (1967): Listvennye mchi Darvazkogo chrepta. (Avtoreferat). – Dušanbe, 22 pp. [non vidi].
- Marhold K., Suda J. (2002): Statistické zpracování mnohorozměrných dat v taxonomii (Fenetické metody). – Skriptum, Karolinum, Praha.
- Mönkemeyer W. (1927): Die Laubmoose Europas. Rabenhorst's Kryptogamenflora. IV. Bd. – Ergänzungsband. Leipzig, 960 pp. [non vidi]
- Newton V. E. (1968): Cyto-taxonomy of *Tortula muralis* Hedw. in Britain. Trans. Brit. Bryol. Soc. 5: 523–535.
- Nyholm E. (1989): Illustrated Flora of Nordic Mosses. Fasc. 2. Pottiaceae – Splachnaceae – Schistostegaceae.
- Ochyra R., Żarnowiec J., Bednarek–Ochyra H. (2003): Census Catalogue of Polish Mosses. – Biodiversity of Poland, Vol. 3: 1 – 372.
- Pavlić S., Sabovljević M., Stevanović V. (1998): Diversity and threat status of the Yugoslav bryoflora. – Lindbergia 30: 38 – 44.
- Pilous Z. (1948): Naše mechy. Ilustrovaný klíč k určování mechů československých. – Československá botanická společnost, Praha, 324 pp.
- Pilous Z. (1954): Mechorosty Ragačských kopců u Fiřakova. – Biológia 4: 241 – 254.
- Pilous Z., Duda J. (1960): Klíč k určování mechorostů. – Praha, 528 pp.
- Redfearn P. L., Wu P.-c. (1986): Catalog of the mosses of China. – Annals of the Missouri Botanical Garden, 73: 177 – 208.
- Roth G. (1904–1905): Die Europäischen Laubmoose.
- Shaw J. (1987): Experimental taxonomy of *Weissia controversa* and *W. sharpii* (Musci: Pottiaceae) – Systematic Botany 12: 381 – 389.
- Shaw A. J. (2000): Population ecology, population genetics, and microevolution – In: Shaw A. J., Goffinet B. [ed.]: Bryophyte Biology. – Cambridge University Press, 476 pp.
- Smith A. J. E. (1978): The Moss Flora of Britain & Ireland. – Cambridge, 706 pp.

- Smith A. J. E. (2004): The Moss Flora of Britain and Ireland. – Cambridge University Press, 1012 pp.
- Suda J. (2004): An employment of flow cytometry into plant biosystematics. – Ms., 55 pp. [disertační práce, depon. in: Knihovna katedry botaniky PřF UK, Praha.] http://www.ibot.cas.cz/fcm/suda/public_honza.html
- ter Braak C. J. F., Šmilauer P. (2002): CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows Users' Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). – Microcomputer Power, Ithaca.
- Velenovský J. (1897): Mechy české. - Rozpr. Čes. Akad. pro Vědy, Praha, 352 pp.
- Voglmayr H. (2000): Nuclear DNA amounts in mosses (Musci). *Annals of Botany* 85: 531–546.
- Vysockaja E. I. (1975): New data on chromosome numbers of Bryopsida in the Ukraine. – *Ukrajinskyj Botaničnyj Žurnal* 32(4): 498 – 503.
- Weidmann A. (1895): *Prodromus českých mechů listnatých*.
- Werner O., Guerra J. (2004): Molecular Phylogeography of the Moss *Tortula muralis* Hedw. (Pottiaceae) Based on Chloroplast *rps4* Gene Sequence Data. – *Plant Biology* 6: 147–157.
- Werner O., Ros R. M., Cano M. J., Guerra J. (2002): *Tortula* and some related genera (Pottiaceae, Musci): phylogenetic relationships based on chloroplast *rps4* sequences. – *Plant Syst. Evol.* 235: 197 – 207.
- Zander R.H. 1993. Genera of the Pottiaceae: mosses of harsh environments. *Bulletin of the Buffalo Society of Natural Sciences* 32: 1 – 378.
- Zander R. H.. (2006): *Tortula* Hedw. – In: Zander R. H. [ed.] *Bryophyte Flora of North America*, Vol. 1 [<http://www.mobot.org/plantscience/bfna/TREAtments.htm>].

PŘÍLOHY

- 1. Lokalizace položek použitých pro morfometrickou analýzu**
- 2. Fotodokumentace studovaných taxonů**
- 3. Lokalizace položek použitých pro kultivační experiment**
- 4. Mapy rozšíření cytotypů *T. muralis***
- 5. Seznam položek analyzovaných na absolutní obsah DNA**
- 6. Srovnání českých rostlin *T. lingulata* s populacemi z Pobaltí**

Příloha 1. Lokalizace položek použitých pro morfometrickou analýzu

Položky jsou lokalizovány podle údajů ze sched, u položek vypůjčených z herbářových institucí je uveden mezinárodní akronym. Souřadnice jsou uvedeny v systému WGS – 84.

Číslo Lokalita

skupina *T. muralis* var. *aestiva*:

- 1 ČESKÁ REP.: Distr. Jablonec n. Nisou, NNR Rašeliniště Jizerky, ca 0.7 km NW of Jizerka, bridge over 'Safírový potok' brook, ca 860 m a. s. l., N49°50,8709' – E16°7,9527'; on vertical face of base-enriched granite boulder of the bridge, rather wet, shaded, NW–exposed; 6.8.2005 leg. J. Košnar No. 554
- 2 ČESKÁ REP.: Distr. Svitavy, Borek, ca 200 m WNW of Budislav, meadow N along the road, ca 520 m a. s. l., N49°48,3670' – E16°9,6697'; vertical face of sandstone brick, shaded by grass, slightly wet, ESE–exposed; 21.5.2006 leg. J. Košnar No. 764
- 3 ČESKÁ REP.: Distr. Mělník, Kralupy n. Vltavou, Lobeč, ca 2.25 km NNW of the railway station 'Kralupy n. Vltavou', left bank of the Vltava river, wall E along the railway, ca 140–150 m a. s. l., N50°15,4371' – E14°18, 0951'; vertical face of carboniferous? sandstone boulder of the wall, E–exposed, half–shaded, slightly wet, on bare surface; 13.7.2006 leg. J. Košnar No. 817 sub *T. muralis* var. *muralis*
- 4 ESTONSKO: Lahemaa RP, Muuksi, Turje kelder, liivakivipaljand panga; 7.7.1998 leg. N. Ingerpuu sub *T. lingulata* – TAA
- 5 GRUZIE: Ossetia: Inter Kobi et Abano; 7.1881 leg. A. H. & V. F. Brotherus sub *T. obtusifolia* – S
- 6 MAĎARSKO: Comit. Háromszék. In rupibus andesit. silv. montis Bálványos supra Bálványosfüred prope pag. Torja, 1000 m; 12.8.1942 leg. A. Boros sub *T. obtusifolia* – BP
- 7 MAĎARSKO: Com. Pest. In rupestribus andesit. silvaticis ripae rivi vallis Apátkuti–völgy prope Pilisszentlászló. cca 300 m.s.m; 22.6.1952 leg. A. Boros sub *T. muralis* var. *obtusifolia* – BP
- 8 MAĎARSKO: Com. Pest. In rupibus andesiticis umbrosis vallis rivi Rózsáspatak prope Királyháza, mtes Börzsöny; 29.5.1955 leg. L. Vajda sub *T. obtusifolia* – BP
- 9 MAĎARSKO: Com. Nógrád. In rupibus umbrosis in sylvestribus montis Bugyikó prope pag Diósjenő, montes Börzsöny; 16.6.1957 leg. L. Vajda sub *T. obtusifolia* – BP
- 10 RAKOUSKO: Tirol, Innervillgraten. Am Kalksteinem in "Kalkstein", 5200'; 3.7.1882 leg. Gander sub *T. obtusifolia* – BP
- 11 RAKOUSKO: Tirol, Innervillgraten. Ad saxa cal. 5200'; 7.1885 leg. Gander sub *T. obtusifolia* – BP
- 12 SLOVENSKO: Distr. Krupina, NNR Čabrad', ruin of Čabrad' castle, ca 300 m a. s. l., N48°14,61 – E019°6,34'; open face of andesite(?) stone of the wall, almost vertical, NW–exposed; 16.9.2005 leg. J. Košnar No. 648

skupina *T. muralis* var. *muralis*:

- 13 ČESKÁ REP.: Distr. Znojmo, Nature Park Střední Pojihlaví, valley of the Jihlava river, right bank, ruin of Templštejn castle, ca 2 km NNW of Jamolice, ca 368 m a. s. l., N49°5,455' – E16°14,9068'; concrete, in vertical fissures among boulders of the wall, W–exposed, shaded; 14.5.2005 leg. J. Košnar No. 418
 - 14 ČESKÁ REP.: Distr. Náchod, 'U studny' (Zone I of PLA), NE of 'Žďárky' village, 440 m a. s. l., N50°28,3585' – E16°14,0424'; vertical face of concrete, on bare rock surface, slightly wet, unshaded, N–exposed; 30.4.2006 leg. J. Košnar No. 741
 - 15 ČESKÁ REP.: Distr. Tachov, Studánka, wall W along the road in S part of the village, 600–610 m a. s. l., N49°46,6223' – E12°36,3593'; inclined face of concrete dwarf wall, NE–exposed, on bare surface, dry, unshaded; 11.6.2006 leg. J. Košnar No. 771
-

Příloha 1. Lokalizace položek použitých pro morfometrickou analýzu

Číslo Lokalita

skupina *T. muralis* var. *muralis*:

- 16 ČESKÁ REP.: Distr. Louny, sandstone rocks N below the railway between Peruc and Vrbno n. Lesy, ca 1,3 km W of the railway station Peruc, ca 340 m a. s. l., N50°19,958' – E13°56,1352'; vertical face of carboniferous sandstone rock, SW–exposed, on bare surface, moderately wet, half–shaded by the vegetation; 16.9.2006 leg. J. Košnar No. 874 sub *T. muralis* var. *aestiva*
- 17 SLOVENSKO: Distr. Nové Zámky, Čenkov, ca 110 m a. s. l., N47°45,9428' – E18°31,6069'; vertical face of brick, on bare surface, NNW–exposed, dry, slightly shaded by herbs; 30.5.2005 leg. J. Košnar No. 992
- 18 SLOVENSKO: Distr. Košice, 'Slovenský kras' Protected Landscape Area, 'Turnianský hrad' castle ruin, ca 0.5 km N of Turňa n. Bodvou, ca 370–380 m a. s. l., N48°36,6599' – E20°52,4449'; vertically in fissure among limestone boulders of the wall, N–exposed, on thin soil layer, slightly wet, half–shaded; 2.6.2005 leg. J. Košnar No. 1010
- 19 SLOVENSKO: Distr. Bratislava IV, 'Devínská Kobyla' National Nature Reserve, ca 1 km N of Devín, along touristic path, ca 280 m a. s. l., N48°11,2657' – E16°58,8442'; horizontal face of limestone boulder, dry, half–shaded by *Tilia*, on thin soil layer; 29.5.2005 leg. J. Košnar No. 1042
- 20 ČESKÁ REP.: Distr. Chrudim, Luže, house against the entrance to Košumberk castle, ca 370 m a. s. l., N49°53,0671' – E16°2,1181'; vertical face of bricks at the base of wall, on very thin soil layer, WSW–exposed, shaded; 18.6.2005 leg. J. Košnar No. 466 sub *T. muralis* var. *muralis*

skupina *T. muralis* var. *aestiva* – *muralis* (přechodné rostliny):

- 21 ČESKÁ REP.: Distr. Hodonín, S–exposed slope of 'Výzkum' hill, barn ca 0.8 km SW of the summit, ca 370 m a. s. l., N48°51,7828' – E17°25,9029'; vertically on concrete, on very thin soil layer, slightly shaded; 20.4.2006 leg. J. Košnar No. 710 sub *T. muralis* var. *muralis*
- 22 ČESKÁ REP.: Distr. Mělník, Kralupy n. Vltavou, Lobeč, ca 1.1 km NW of the railway station 'Kralupy n. Vltavou', left bank of the Vltava river, cenomanian sandstone rocks, ca 200–210 m a. s. l., N50°14,8065' – E14°18,18'; inclined face of sandstone rock, NE–exp., on bare rock surface, moderately shaded by the vegetation, dry; 13.7.2006 leg. J. Košnar No. 832 sub *T. muralis* var. *aestiva*
- 23 MAĎARSKO: Pest county, Visegrádi–hegység Mts., N–exposed slope of the 'Prédikálószék' hill, ca 2 km S of Dömös, 620–630 m a. s. l., N47°44,37' – E18°55,25'; almost vertical face of small andesite rock outcrop, on bare rock surface, ENE–exposed, slightly wet, slightly shaded by trees; 15.5.2006 leg. J. Košnar No. 747 sub *T. muralis*
- 24 RUMUNSKO: Toplicza; 22.7.1887 leg. C. Demeter sub *T. obtusifolia* – BP

skupina *T. lingulata*:

- 25 ESTONSKO: Jõgeva raj., Kallaste linu, liivakivi paljandil (Estonia, Jõgeva Co, Kallaste town, on sandstone outcrop); 7.5.1990 leg. L. Kannukene – TAM
- 26 ESTONSKO: Ida–Virumaa county, Toila – Oru Park, Allikakoobas; sandstone wall; 24.6.2005 leg. N. Ingerpuu – TU
- 27 LOTYŠSKO: Livland, Kreis Pernau, auf Sandstein bei Torgel; 17.10.1889 leg. J. Treboux – TU
- 28 LOTYŠSKO: An Sandstein in Tale der Gauja (Livland Aa) bei Sigulda (Segewold); 12.10.1924 leg. E. Kalis et J. Strautmanis – BP
- 29 LOTYŠSKO: Distr. Riga, Sigulda, 'Pikenes krauja' rock formation, rocks between 'Gudribas avots' spring and 'Mazā Velna ala' cave, ca 20–30 m a. s. l., N57°9,019' – E24°49,025'; SW–exposed vertical face near the base of sandstone rock, base–enriched, moderately wet, half–shaded, on bare rock surface; 24.6.2006 leg. J. Košnar No. 780
-

Příloha 1. Lokalizace položek použitých pro morfometrickou analýzu

Číslo Lokalita

skupina *T. lingulata*:

- 30 LOTYŠSKO: Distr. Riga, Sigulda, valley of 'Vējupīte' river, 'Krauklu aiza' rock formation, ca 50–60 m a. s. l., N57°10,4147' – E24°52,0223'; W–exposed vertical face of sandstone rock, base–enriched, moderately wet, half–shaded, on bare rock surface; 25.6.2006 leg. J. Košnar No. 786
- 31 LOTYŠSKO: Distr. Cesis, Ieriķi, valley of 'Kumada' river, left river bank, 'Sesīlu klintis' rock formation, ca 2.3 km NNW of 'Ieriķi' railway station, ca 70–80 m a. s. l., N57°13,1967' – E25°9,6858'; shallow cavity of sandstone rock, vertical, E–SW exposed face, base–enriched, moderately wet, half–shaded, on bare rock surface; 26.6.2006 leg. J. Košnar No. 795
- 32 LOTYŠSKO: Distr. Cesis, 'Kārļu grava' valley, rocks on the left brook bank, ca 0.6 km SW of Kārļi, ca 100–110 m a. s. l., N57°14,358' – E25°11,996'; W–exposed vertical face of sandstone rock, base–enriched, moderately wet, half–shaded, on bare rock surface; 27.6.2006 leg. J. Košnar No. 797
- 34 LOTYŠSKO: Distr. Cesis, Cīrulīši, 'Cīrulīšu klintis' rock formation, ca 1.3 km SSW of the bridge over 'Gauja' river, ca 30 m a. s. l., N57°18,128' – E25°13,243'; W–exposed vertical face near the base of sandstone rock, base–enriched, moderately wet, half–shaded, on bare rock surface; 28.6.2006 leg. J. Košnar No. 802
- 35 LOTYŠSKO: Lettland, an beschatteten Sandsteinfelsen der "Blauen Berge" bei Schlieterhof in Kurland; 28.7.1920 leg. N. Malta – B
- 36 RUSKO: Gouv. Pleskau, Welikajamündung, auf Sandstein bei Njogotj; 28.6.1916 leg. N. Malta – B
- 37 RUSKO: Gouv. und Kr. Pleskau, auf Sandstein des Welikajaufers bei Ustje; Ende Juni 1917 leg. N. Malta – B
- 38 RUSKO: European part. Leningrad Province, Tosna District, Sablino Settlement, Right bank of Sablinka River, on outcrop of red sandstone; 17.6.1959 leg. I.I. Abramov et A.L. Abramova – TAM
- 65 ČESKÁ REP.: Distr. Louny, sandstone rocks N below the railway between Peruc and Vrbno n. Lesy, ca 1,3 km W of the railway station Peruc, ca 340 m a. s. l., N50°19,957' – E13°56,1386'; almost vertical face of carbonian sandstone stone, SSE–exposed, half–shaded, moderately wet, 26.9.2005 leg. J. Košnar No. 577
ČESKÁ REP.: Lounsko – Hřivčice, svislé stěny pískovcových skal, 6.1943 leg. Z. Pilous – herb. J. Kučera No. CS 2758

skupina *T. obtusifolia*:

- 39 FRANCIE: Du petit St. Bernhard entre la Savoie d'Italie (2100 mètres); 12.7.1883 leg. Philibert – Z
- 40 FRANCIE: Savoie. Lanslebourg. Col du Mont – Cenis, 2084 m, entre les feuilletts de schistes d'un gros bloc vertical; 18.6.2003 leg. R. Skrzypczak 03424
- 41 GRUZIE (RUSKO?): Osetia, inter Lars et Kasbegi; 27.5.1881 leg. V. F. Brotherus – S
- 42 ISLAND: Rangárvallasýsla: Drangshlið Vom Skógar. I taket i klippskrevu; 5.7.1983 leg. Pär Johansson – S
- 43 RAKOUSKO: Salzburg, Radstädter Tauern, E of Zalußenalm, SSW slope of Griebnerkar, ca 1.1 km SW of the top of Plankowitzspitze, 1760–1770 m a. s. l., N47°8,3639' – E13°23,9098'; base–rich schist, in cavity of rock, inclined, E–exposed face, in shallow fissure, on thin soil layer, slightly wet, shaded; 14.9.2006 leg. J. Košnar No. 926
- 44 RUMUNSKO: Ilva. A patak balparlján; 20.7.1887 leg. C. Demeter – BP
- 45 RUMUNSKO: Mesterháza, út m., egy szikláról; 21.7.1887 leg. C. Demeter – BP
- 46 RUMUNSKO: Ratosnya; 19.7.1888 leg. C. Demeter – BP
- 47 SLOVENSKO: Distr. Detva, NNR Rohy, SSE–exposed slope of 'Prostredný vrch' hill, ca 750 m NE of 'Stožok' railway station, rocks in oak forest above open andesite rocks, ca 440 m a. s. l., N48°32,55' – E019°21,94'; overhanging in niche of andesite rock, SSW–exposed, inclined/vertical, shaded; 15.9.2006 leg. J. Košnar No. 631
-

Příloha 1. Lokalizace položek použitých pro morfometrickou analýzu

Číslo Lokalita

skupina *T. muralis* var. *aestiva* – *T. obtusifolia* (přechodné rostliny):

- 48 MAĎARSKO: Komárom–Esztergom county, Visegrádi-hegység Mts., ca 2 km S of Dömös and ca 0.5 km WSW of 'Prédikálószték' hill, SW–exposed slope of Árpád trónja, rocks in sparse oak forest, 500–550 m a. s. l., N47°44,29' – E18°54,86'; almost vertical face of andesite rock, SW–exposed, on bare rock surface, only slightly shaded by oak tree; 15.5.2006 leg. J. Košnar No. 749 sub *T. muralis*
- 49 ČESKÁ REP.: Distr. Mělník, Kralupy n. Vltavou, Lobeč, ca 1.85 km NNW of the railway station 'Kralupy n. Vltavou', left bank of the Vltava river, small valley ca 50–60 m W from the railway, ca 150–160 m a. s. l., N50°15,1833' – E14°18,0567'; carboniferous rocks at the left bank of the valley, vertical face of the rock, S–exp., half–shaded, slightly wet, on bare rock surface; 13.7.2006 leg. J. Košnar No. 824 sub *T. muralis* var. *aestiva*
- 50 ARMÉNIE: Caucasus, distr. Avakian, in pago Garni, apud ruinas templi vetusti. alt. 1600–1700 m s.m.; 26.6.1983 leg. V. Vašák sub *T. obtusifolia* – B
- 51 ČESKÁ REP.: U Kralup v skulinách kamen. pískovce; 1894 leg. Velenovský sub *T. obtusifolia* – TU
- 52 FRANCIE: Cantal: roches d' andésite au dessus d' Enterroches près Murat, 950 m; 24.8.1921 leg. P. Culmann sub *T. obtusifolia* var. *pilifera* – Z
- 53 FRANCIE: Savoie. Lanslebourg. Mont – Cenis. 2000 m. Sur les rochers du sentier qui mène au fort de la Ronce; 30.8.2000 leg. R. Skrzypczak 03455 sub *T. obtusifolia*
- 54 GRUZIE: Ossetia: Kobi ad fl. Terek; 30.6.1881 leg. V. F. Brotherus sub *T. obtusifolia* – S
- 55 GRUZIE: Ossetia: Lehrinval?; 7.1881 leg. A.H. & V. F. Brotherus sub *T. obtusifolia* – S
- 56 KAZACHSTÁN: Inter diversoria Bjelaja vodi et Antonovka inter Tschimkent er Aulie Ata, ad rupes siccissimas conglomerat.; 18.5.1896 leg. V. F. Brotherus sub *T. obtusifolia* – S
- 57 KAZACHSTÁN – KYRGYZSTÁN: Alatau transiliensis: Djolbulak in valle fl. Kebin majoris, ad rupes praeruptas reg. silv. infer.; 16.6.1896 leg. V. F. Brotherus sub *T. obtusifolia* – S
- 58 MAĎARSKO: Komárom–Esztergom county, Visegrádi-hegység Mts., ca 2 km S of Dömös and ca 0.5 km WSW of 'Prédikálószték' hill, SSW–exposed slope of Árpád trónja, ca 500 m a. s. l., N47°44,29' – E18°54,86'; SSW–exposed base of andesite rock, ca 70 cm above ground, vertically in small niches, on bare rock surface, moderately wet, shaded; 15.5.2006 leg. J. Košnar No. 750 sub *T. muralis* s.l.
- 59 MAĎARSKO: Pest county, Visegrádi-hegység Mts., Visegrád, small andesite rocks above the touristic path to the ruin of the castle (ca 80 m SSE), 280–290 m a. s. l., N47°47,55' – E18°58,84'; shallow niche of andesite rock, on bare rock surface, vertical, SE–exposed, slightly wet, half–shaded; 16.5.2006 leg. J. Košnar No. 756 sub *T. muralis* s.l.
- 60 RAKOUSKO: Carinthia, Hohe Tauern Mts., Glockner Gruppe: "Wiener Höhenweg" path on S slopes of Schwertegg and Leiterkopf, alt. ca. 2550 m; 15.8.1997 leg. J. Kučera E1858 sub *T. obtusifolia*
- 61 RUMUNSKO: Tusnád–fürdő; 13.8.1883 leg. C. Demeter sub *T. obtusifolia* – BP
- 62 ŠVÝCARSKO: Bachalp auf dem Faulhorn auf einem Steine; 6.1870 leg. A. Metzler sub *T. obtusifolia* – BP
- 63 ŠVÝCARSKO: Jura. La Chaux puis Ste Croix, sur le calcaire, 1100'; 11.1898 leg. C. Meylan sub *T. obtusifolia* – Z
- 64 ŠVÝCARSKO: Schweiz: Bern, Bachalp ob Grindelwald, 1980 m.s.m. auf Sandstein; 7.9.1913 leg. E. Kalis et J. Strautmanis sub *T. obtusifolia* var. *brevifolia* – BP
-

Příloha 2. Fotodokumentace studovaných taxonů

1. Tortula lingulata



A. list



B. habitus rostliny za sucha



E. habitus rostliny za vlhka



C. špička listu



D. špička listu



F. odvíčkováná tobolka



G. obústí



H. habitus rostlin *in situ*



I. habitus rostliny za vlhka

Lokalizace vyobrazených rostlin:

1 A, D: LOTYŠSKO, Distr. Cesis, Ieriķi, valley of 'Kumada' river, left river bank, 'Sesīlu klintis' rock formation, ca 2.3 km NNW of 'Ieriķi' railway station, ca 70–80 m a. s. l., N57°13,1967' – E25°9,6858'; shallow cavity of sandstone rock, vertical, E–SW exposed face, base–enriched, moderately wet, half–shaded, on bare rock surface; 26.6.2006 leg. J. Košnar No. 795.

1 B, E, F: LOTYŠSKO, Distr. Riga, Sigulda, valley of 'Vējupīte' river, 'Krauklu aiza' rock formation, ca 50–60 m a. s. l., N57°10,4147' – E24°52,0223'; W–exposed vertical face of sandstone rock, base–enriched, moderately wet, half–shaded, on bare rock surface; 25.6.2006 leg. J. Košnar No. 786.

1 C, I: ČESKÁ REP., Distr. Louny, sandstone rocks N below the railway between Peruc and Vrbno n. Lesy, ca 1,3 km W of the railway station Peruc, ca 340 m a. s. l., N50°19,957' – E13°56,1386'; almost vertical face of carbonian sandstone stone, SSE–exposed, half–shaded, moderately wet, 26.9.2005 leg. J. Košnar No. 577.

1 G: LOTYŠSKO, Distr. Riga, Sigulda, 'Pikenes krauja' rock formation, rocks between 'Gudribas avots' spring and 'Mazā Velna ala' cave, ca 20–30 m a. s. l., N57°9,019' – E24°49,02'; SW–exposed vertical face near the base of sandstone rock, base–enriched, moderately wet, half–shaded, on bare rock surface; 24.6.2006 leg. J. Košnar No. 780.

1 H: LOTYŠSKO, Distr. Riga, Sigulda, Gūtmaņa ala.

2. *Tortula muralis* subsp. *obtusifolia*



A. listy



B. habitus rostliny za sucha



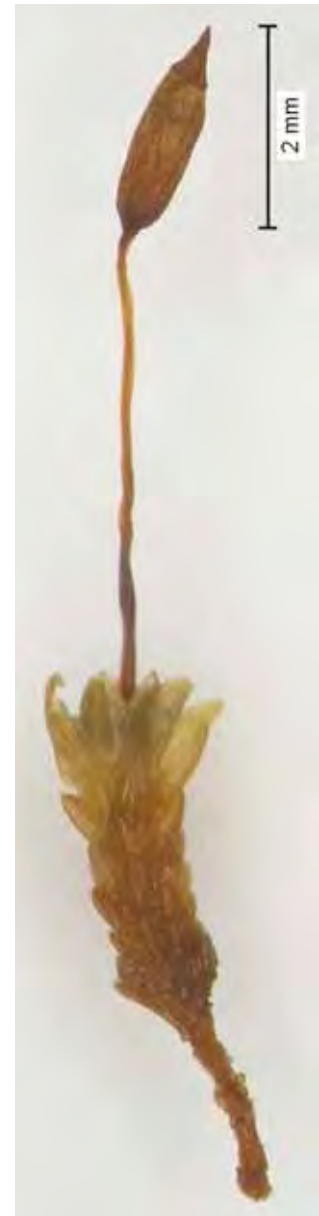
C. špička listu



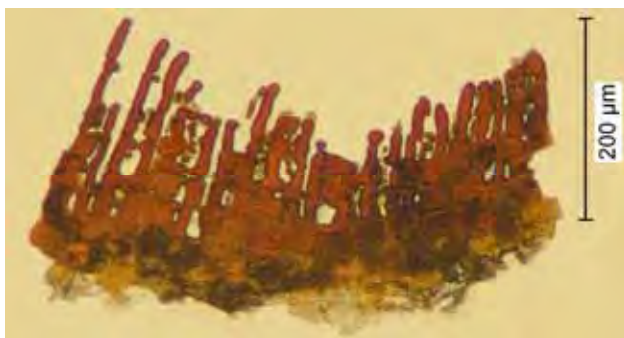
D. špička listu



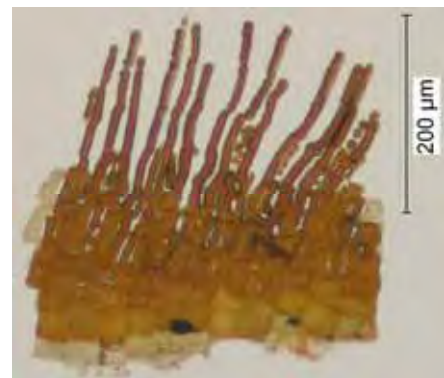
F. obústí



E. habitus rostliny za vlhka



G. obústí – rostlina přechodná k *T. muralis* var. *aestiva*



H. obústí – rostlina přechodná k *T. muralis* var. *aestiva*

Lokalizace vyobrazených rostlin:

2 A, D: SLOVENSKO, Distr. Detva, NNR Rohy, SSE–exposed slope of 'Prostredný vrch' hill, ca 750 m NE of 'Stožok' railway station, rocks in oak forest above open andesite rocks, ca 440 m a. s. l., N48°32,55' – E019°21,94'; overhanging in niche of andesite rock, SSW–exposed, inclined/vertical, shaded; 15.9.2006 leg. J. Košnar No. 631.

2 B, E: RUMUNSKO, Ilva. A patak balparlján; 20.7.1887 leg. C. Demeter – BP.

2 C: FRANCIE, Savoie, Lanslebourg. Col du Mont – Cenis. 2084 m. entre les feuilletts de schistes d'un gros bloc vertical. leg. R. Skrzypczak 03424.

2 G: MAĎARSKO, Pest county, Visegrádi–hegység Mts., Visegrád, small andesite rocks above the touristic path to the ruin of the castle (ca 80 m SSE), ca 280–290 m a. s. l., N47°47,55' – E18°58,84'; shallow niche of andesite rock, on bare rock surface, vertical, SE–exposed, slightly wet, half–shaded, 16.5.2006 leg. J. Košnar No. 756.

2 H: KAZACHSTÁN – KYRGYZSTÁN, Alatau transiliensis: Djobulak in valle fl. Kebin majoris, ad rupes praeruptas reg. silv. infer.; 16.6.1896 leg. V. F. Brotherus sub *T. obtusifolia* – S.

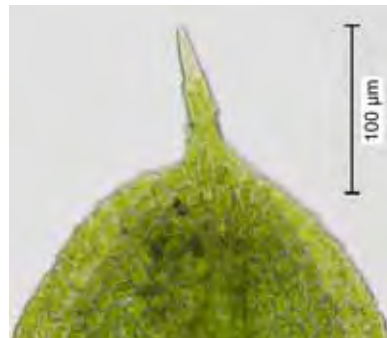
3. *Tortula muralis* subsp. *muralis*



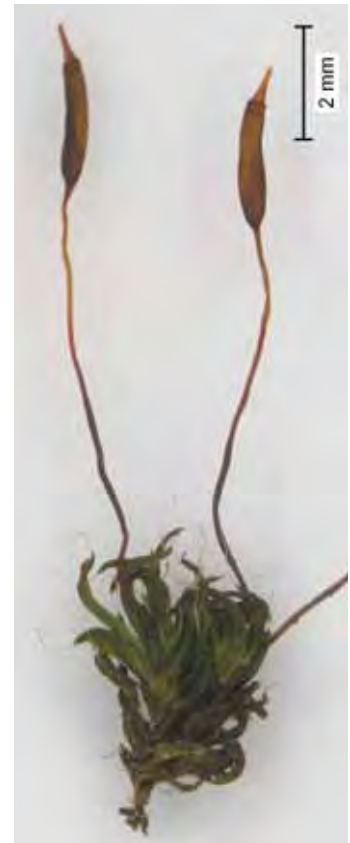
A. list – var. *muralis*



B. listy – var. *aestiva*



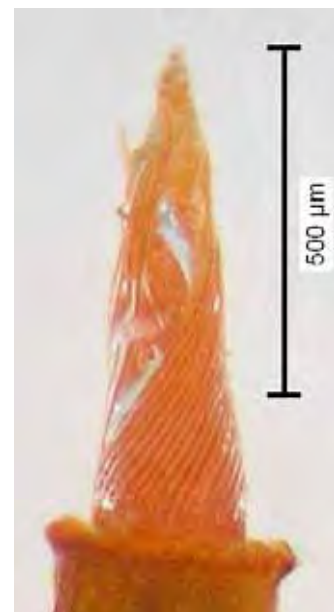
C. špička listu – var. *aestiva*



D. habitus rostliny za sucha – var. *muralis*



E. habitus rostlin za vlhka – var. *muralis*



F. obústí – var. *muralis*

Lokalizace vyobrazených rostlin:

3 A, D, F: ČESKÁ REP., Distr. Tachov, Studánka, wall W along the road in S part of the village, ca 600–610 m a. s. l., N49°46,6223' – E12°36,3593'; inclined face of concrete dwarf wall, NE–exposed, on bare surface, dry, unshaded, 11.6.2006 leg. J. Košnar No. 771.

3 B, C: SLOVENSKO, Distr. Piešťany, 'Záruby' National Nature Reserve, 'Ostrý kameň' castle ruin, ca 2.5 km SW of Buková, ca 570 m a. s. l., N48°31,3355' – E17°22,3321'; vertically on mortar in fissure among limestone boulders of the wall, W–exposed, on bare surface, slightly wet, shaded, 4.6.2005 leg. J. Košnar No. 1013.

3 E: ČESKÁ REP., Distr. Hodonín, Dubňany, SW part of the town, 150–160 m a. s. l., N48°54,7836' – E17°5,2222'; horizontal face of concrete, on thin soil layer, slightly wet, slightly shaded, 16.4.2006 leg. F. Kolář, herb. J. Košnar No. 1044.

Příloha 3. Lokalizace položek použitých pro kultivační experiment

Položky jsou lokalizovány podle údajů ze sched, souřadnice jsou uvedeny v systému WGS – 84.

Číslo Lokalita

T. obtusifolia:

- 1 SLOVENSKO: Distr. Detva, NNR Rohy, S–exposed slope at the foothill of 'Prostředný vrch' hill, ca 650 m NE of 'Stožok' railway station, ca 20–30 m above the road, 410–420 m a. s. l., N48°32,54'–E19°21,87', inclined face of andesite rock, on very thin soil layer, S–exposed, inclined, half–shaded by the vegetation, 15.9.2005 leg. J. Košnar No. 623
- 2 SLOVENSKO: Distr. Krupina, NNR Čabrad', rocks in NNW–exposed slope under the ruin of Čabrad' castle, ca 250 m a. s. l., N48°14,71'–E19°6,33', vertically in fissure of andesite rock, shaded, NNW–exposed, 16.9.2005 leg. J. Košnar No. 639

T. muralis var. *aestiva*:

- 3 ČESKÁ REP.: Distr. Semily, NM Údolí Žehrovky, ca 1 km WNW of Nebákov, near the 'Semínský rybník' pond, dwarf wall along the touristic path, ca 280 m a. s. l., N50°30,3926' – E15°11,2018', vertical face of sandstone wall, base–enriched, NW–exposed, half–shaded, slightly wet, 24.6.2005 leg. J. Košnar No. 560
- 4 SLOVENSKO: Distr. Zvolen, Zvolen castle, 280 m a. s. l., N48°34,33'–E19°7,67', at the base of the wall by the entrance of the castle, vertical face of andesite(?) boulder, N/NE–exposed, slightly shaded, 16.9.2005 leg. J. Košnar No. 633
- 5 ČESKÁ REP.: Distr. Vyškov, Kojátky, ca 250 m a. s. l., N49°9,9989' – E17°0,998', concrete wall, 20.8.2005 leg. T. Malinová, herb. J. Košnar No. 1035
- 6 SLOVENSKO: Distr. Krupina, NNR Čabrad', rocks in NNW–exposed slope under the ruin of Čabrad' castle, ca 250 m a. s. l., N48°14,71' – E19°6,33', in niche of andesite rock, shaded, NNW–exposed, 16.9.2005 leg. J. Košnar No. 642

T. muralis var. *aestiva* – var. *muralis* (přechodné rostliny):

- 7 RUMUNSKO: Bihor county, Oradea, 'Parcul Petőfi Sándor' park, ca 140 m a. s. l., N47°3' - E21°56', concrete wall, vertically in fissure, SE–exposed, slightly wet, half–shaded, on thin soil layer, 3.9.2005 leg. J. Košnar No. 1047
- 8 SLOVENSKO: Distr. Detva, NNR Rohy, S–exposed slope at the foothill of 'Prostředný vrch' hill, ca 650 m NE of 'Stožok' railway station, ca 20–30 m above the road, 410–420 m a. s. l., N48°32,54' – E19°21,87', inclined face of andesite rock, on very thin soil layer, S–exposed, inclined, half–shaded by the vegetation, 15.9.2005 leg. J. Košnar No. 623
- 9 SLOVENSKO: Distr. Rimavská Sobota, 'Cerová vrchovina' Protected Landscape Area, Hajnáčka, 260–270 m a. s. l., N48°13,0888'– E19°57,4920', concrete wall, vertically in fissure, SE–exposed, rather dry, shaded, on bare surface, 31.5.2005 leg. J. Košnar No. 1025
- 10 SLOVENSKO: Distr. Rimavská Sobota, 'Cerová vrchovina' Protected Landscape Area, Hajnáčka, 260–270 m a. s. l., N48°13,0888'– E19°57,4920', concrete wall, vertically in fissure, SE–exposed, rather dry, shaded, on bare surface, 31.5.2005 leg. J. Košnar No. 1024

T. muralis var. *muralis*:

- 11 FRANCIE: Languedoc-Roussillon, Montpellier, ca 30 m a. s. l., N43°36,6667'– E3°52,1833', wall, 13.11.2005 leg. T. Malinová, herb. J. Košnar No. 1033
 - 12 RUMUNSKO: Bihor county, Oradea, 'Parcul Petőfi Sándor' park, ca 140 m a. s. l., N47°3' - E21°56', concrete wall, vertically in fissure, NW–exposed, slightly wet, half–shaded, on bare surface/thin soil layer, 3.9.2005 leg. J. Košnar No. 1045
-

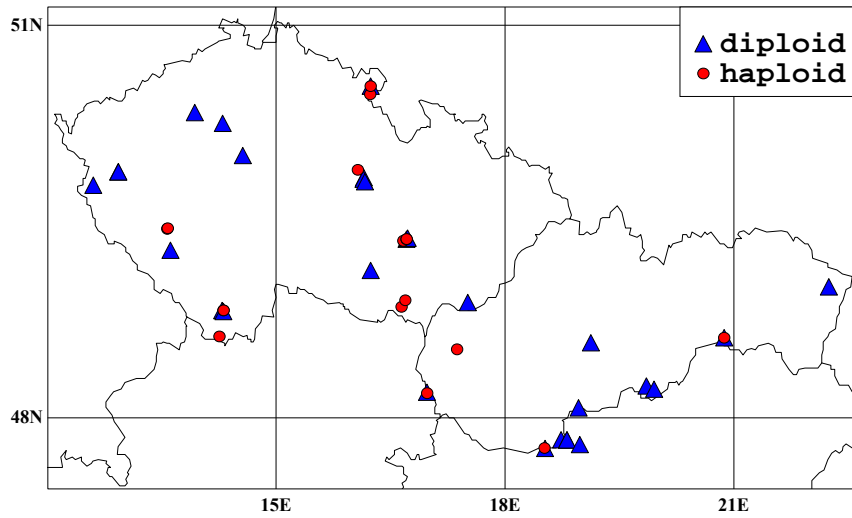
Příloha 3. Lokalizace položek použitých pro kulivační experiment

Číslo Lokalita

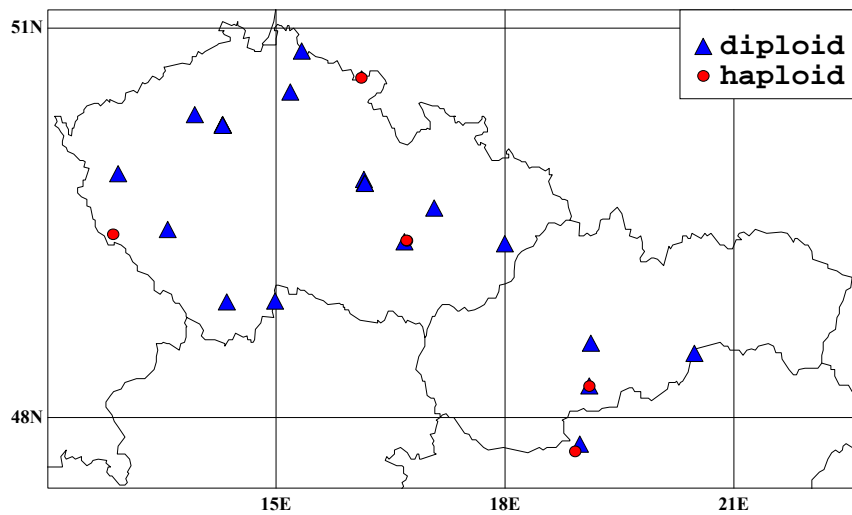
T. muralis var. *muralis*:

- 13 ČESKÁ REP.: Distr. České Budějovice, České Budějovice – Čtyři dvory, 'Na Sádkách' street, Institute of AS CR, greenhouse of Dept. of Botany BF JCU, ca 390 m a. s. l., N48°58,4679' – E14°27,4749', vertical face of concrete wall, near the base, on bare surface, slightly wet, shaded, 8.9.2005 leg. J. Košnar No. 1019
- 14 SLOVENSKO: Distr. Bratislava IV, 'Devínská Kobyla' National Nature Reserve, ca 1 km N of Devín, along touristic path, ca 280 m a. s. l., N48°11,2657' – E16°58,8442', horizontal face of limestone boulder, dry, half-shaded by Tilia, on thin soil layer, 29.5.2005 leg. J. Košnar No. 1042
- 15 ČESKÁ REP.: Distr. Chrudim, NR Maštale, valley of the 'Novohradka' river, ca 0.5 km SW of 'Vranice' settlement, bridge over the river, ca 425 m a. s. l., N49°49,3794' – E16°8,7601', vertical face of concrete of the bridge, SE-exposed, half-shaded, moderately wet, 24.9.2005 leg. J. Košnar No. 607
- 16 ČESKÁ REP.: Distr. Bruntál, Skály, ca 640 m a. s. l., N49°54,8452' – E17°13,3103', vertical face of concrete wall, near the base, SW-exposed, slightly wet, shaded, on bare surface, 13.8.2005 leg. J. Košnar No. 1038
- 17 ČESKÁ REP.: Distr. Louny, sandstone rocks N below the railway between Peruc and Vrbno n. Lesy, ca 1,3 km W of the railway station Peruc, ca 340 m a. s. l., N50°19,9580' – E13°56,1352', inclined face of carbonian sandstone rock, SE-exposed, half-shaded, slightly wet, 26.9.2005 leg. J. Košnar No. 578
- 18 ČESKÁ REP.: Distr. Blansko, 'Arnoštovo údolí' valley: valley of 'Punkva' river, ca 0.75 km SE of Blansko, near the CKD Blansko Engineering machine-works, ca 280 m a. s. l., N49°21,1607' – E16°40,1045', banking indicator, inclined face of concrete, SSE-exposed, dry, unshaded, 21.9.2005 leg. J. Košnar No. 765
- 19 ČESKÁ REP.: Distr. Chrudim, Střemošice, by the road to 'Poklona', 440–450 m a. s. l., N50°19,958' – E13°56,1352', guard stone by the road, sandstone, N-exposed inclined face, only slightly wet, half-shaded by vegetation, on bare rock surface, 22.5.2005 leg. J. Košnar No. 1039
- 20 FRANCIE: Auvergne, dépt. 15 Cantal, Lavigerie: NE slopes of a ridge between Mt Puy Mary and Brèche de Rolland, ca. 740 m SE of the summit of Puy Mary, alt. ca. 1560 m a. s. l., N45°6,3252' – E2°41,0323', ENE-facing vertical ± dry volcanic rocks, 13.9.2003 leg. J. Kučera No. 10800.
- 21 RUMUNSKO: Bihor county, Oradea, 'Parcul Petőfi Sándor' park, ca 140 m a. s. l., N47°3' - E21°56', concrete wall, vertically in fissure, NW-exposed, slightly wet, half-shaded, on bare surface/thin soil layer, 3.9.2005 leg. J. Košnar No. 1046
- 22 SLOVENSKO: Distr. Nové Zámky, E of Kamenica n. Hronom, 'Kováčovské kopce (Burda)' hills, near the touristic path to 'Skaly' rocks, ca 160 m a. s. l., N47°49,9057' – E18°44,1547', vertical face of concrete near field, on bare surface, SE-exposed, dry, shaded by herbs, 30.5.2005 leg. J. Košnar No. 994
-

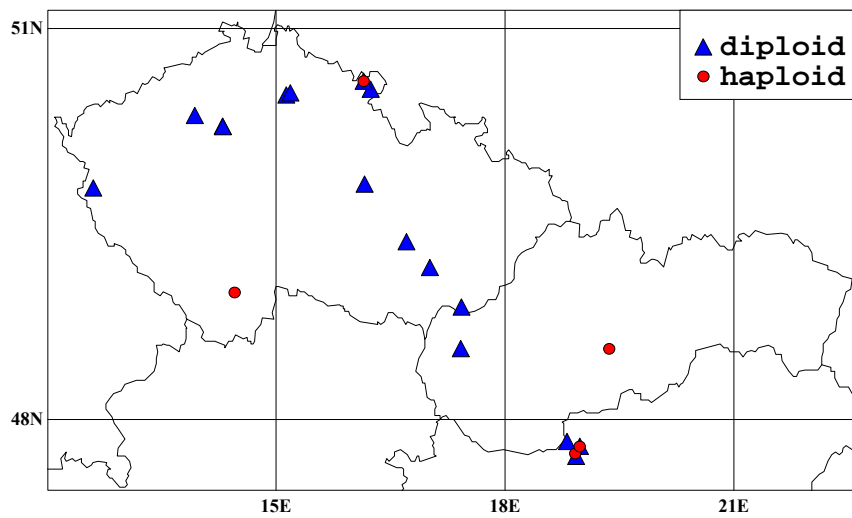
Příloha 4. Mapy rozšíření cytotypů *T. muralis*



Obr. 1. *Tortula muralis* subsp. *muralis* var. *muralis*.



Obr. 2. *Tortula muralis* subsp. *muralis* var. *aestivalis*.



Obr. 3. *Tortula muralis* subsp. *muralis* - přechodné typy mezi var. *muralis* a var. *aestivalis*.

Příloha 5. Seznam položek analyzovaných na absolutní obsah DNA.

Položky jsou lokalizovány podle údajů ze sched; n – počet opakování, SD – směrodatná odchylka průměru (pouze při analýze více vzorků z 1 položky/mikrolokality); souřadnice lokalit jsou uvedeny v systému WGS – 84 nebo S-1942.

Číslo	Lokalita	průměr [pg DNA]	n	SD
<i>T. muralis</i> var. <i>muralis</i> - haploidní cytotyp				
1	ČESKÁ REP.: Distr. Blansko, NNR Vývěry Punkvy, 'Pustý žleb' valley, wall W along the road, ca 0.3 km NNE of the crossing in Skalní mlýn, ca 350 m a.s. l., M33 E3624.43, N5471.85; vertical face of the concrete of the wall, ENE-exposed, on bare surface, moderately wet, half-shaded, 4.9.2006 leg. J. Košnar No. 865	0,563	1	
2	ČESKÁ REP.: Distr. Blansko, NNR Vývěry Punkvy, 'Pustý žleb' valley, wall W along the road, ca 0.3 km NNE of the crossing in Skalní mlýn, ca 350 m a.s. l., M33 E3624.43, N5471.85; vertical face of the concrete of the wall, ENE-exposed, on bare surface, moderately wet, half-shaded, 4.9.2006 leg. J. Košnar No. 866	0,569	1	
3	ČESKÁ REP.: Distr. Plzeň - jih, Kramolín, dwarf wall N along the road, ca 510 m a. s. l., M33 E3397.22, N5480.55; horizontal face of concrete wall, open, dry, 2.8.2005 leg. J. Košnar No. 564	0,577	1	
4	ČESKÁ REP.: Distr. Blansko, NNR Vývěry Punkvy, 'Pustý žleb' valley, wall W along the road, ca 0.3 km NNE of the crossing in Skalní mlýn, ca 350 m a. s. l., M33 E3624.43, N5471.85; vertical face of the concrete of the wall, E-exposed, on bare surface, moderately wet, half-shaded, 4.9.2006 leg. J. Košnar No. 862	0,586	1	
5	ČESKÁ REP.: Distr. Náchod, Teplice nad Metují, ca 0.2 km SSW of the railway station, ca 480 m a.s. l., M33 E3581.47, N5607.84; vertical face of sandstone boulder of the wall, base-enriched, unshaded, SW-exposed, 28.4.2006 leg. J. Košnar No. 735	0,604	1	
6	ČESKÁ REP.: Distr. Plzeň - jih, Kramolín, dwarf wall N along the road, ca 510 m a. s. l., M33 E 3397.22, N5480.55; horizontal face of concrete wall, open, dry, 2.8.2005 leg. J. Košnar No. 564	0,608	1	
7	ČESKÁ REP.: Distr. Blansko, NNR Vývěry Punkvy, 'Pustý žleb' valley, wall W along the road, ca 0.3 km NNE of the crossing in Skalní mlýn, ca 350 m a.s. l., M33 E3624.43, N5471.85; vertical face of the concrete of the wall, E-exposed, on bare surface, moderately wet, half-shaded, 4.9.2006 leg. J. Košnar No. 863	0,618	1	
8	ČESKÁ REP.: Distr. Náchod, 'U studny' (Zone I of PLA), NE of 'Žďárky' village, 440 m a. s. l., M33 E3587.73, N5594.29; vertical face of concrete, on bare rock surface, slightly wet, unshaded, N-exposed, 30.4.2006 leg. J. Košnar No. 741	0,622	1	
9	ČESKÁ REP.: Distr. Plzeň - jih, Kramolín, dwarf wall N along the road, ca 510 m a. s. l., M33 E3397.22, N5480.55; horizontal face of concrete wall, open, dry, 2.8.2005 leg. J. Košnar No. 564	0,627	1	
10	celkem	0,597	10	0,0241

Příloha 5. Seznam položek analyzovaných na absolutní obsah DNA

Číslo	Lokalita	průměr [pg DNA]	n	SD
<i>T. muralis</i> var. <i>muralis</i> - diploidní cytotyp				
11	ČESKÁ REP.: Distr. Louny, sandstone rocks N below the railway between Peruc and Vrbno n. Lesy, ca 1,3 km W of the railway station Peruc, ca 340 m a.s. l., M33 E3424.34, N5578.53; almost vertical face of carboniferous sandstone rock, SE-exposed, on bare surface, moderately wet, half-shaded by the vegetation, 16.9.2006 leg. J. Košnar No. 869	1,146	1	
12	SLOVENSKO: Distr. Zvolen, Zvolen castle, by the entrance of the castle, 280 m a.s. l., N48°34,3' - E19°7,67'; near the base of the wall, vertical face of andesite(?) boulder, on bare stone/on very thin soil layer, open, N-exposed, 16.9.2005 leg. J. Košnar No. 634	1,109	1	
13	ČESKÁ REP.: Distr. Hodonín, Velká nad Veličkou, by the touristic path, ca 0.3 km NE of the railway station, ca 290 m a.s. l., M33 E3684.49, N5419.51; horizontal face of concrete, half-shaded, 23.4.2006 leg. J. Košnar No. 711	1,118	1	
14	ČESKÁ REP.: Distr. Hodonín, Velká nad Veličkou, by the touristic path, ca 0.3 km NE of the railway station, ca 290 m a.s. l., M33 E3684.49, N5419.51; horizontal face of concrete, half-shaded, 23.4.2006 leg. J. Košnar No. 712	1,123	1	
15	ČESKÁ REP.: Distr. Mělník, Kralupy n. Vltavou, Lobeč, ca 1.6 km NNW of the railway station 'Kralupy n. Vltavou', left bank of the Vltava river, top of the wall above the railway tunnel, ca 160-180 m a.s. l., M33 E3450.35, N5569.11; inclined face of concrete of the wall, E-exposed, on bare surface, slightly shaded, dry, 13.7.2006 leg. J. Košnar No. 829	1,132	1	
16	ČESKÁ REP.: Distr. Tachov, Nature Park 'Hadovka', Krasíkuv Dvůr, ruin of 'Krasíkov' castle, ca 2.4 km WSW of the railway station 'Kokašice', ca 610 m a.s. l., M33 E3351.48, N5529.51; horizontal face of basaltic stone of the wall, on thin soil layer, moderately wet, half-shaded, 11.7.2006 leg. J. Košnar No. 811	1,143	1	
17	SLOVENSKO: Distr. Lučenec, Belina, 200-230 m a.s. l., N48°14,5705' - E19°51,29'; wall, vertical face of concrete, N-exposed, on bare surface, slightly wet, half-shaded by Sambucus, 31.5.2006 leg. J. Košnar No. 1021	1,150	1	
18	ČESKÁ REP.: Distr. Svitavy, Budislav, wall NW along the road to 'Kamenné Sedliště', ca 530 m a.s. l., M33 E3584.07, N5519.79; vertical face of cenomanian sandstone boulder of the wall, base-enriched, on bare surface, E-exposed, rather dry, unshaded, 18.8.2006 leg. J. Košnar No. 867	1,153	1	
19	ČESKÁ REP.: Kralupy n. Vltavou, Lobeč, ca 2.25 km NNW of the railway station 'Kralupy n. Vltavou', left bank of the Vltava river, wall E along the railway, ca 140-150 m a. s. l., E3450.32, N5569.84; vertical face of carboniferous? sandstone boulder of the wall, E-exposed, half-shaded, slightly wet, on bare surface, 13.7.2006 leg. J. Košnar No. 817	1,158	1	
20	ČESKÁ REP.: Distr. Tachov, Studánka, wall W along the road in S part of the village, 600-610 m a.s. l., M33 E3327.70, N5518.94; inclined face of concrete dwarf wall, NE-exposed, on bare surface, dry, unshaded, 11.6.2006 leg. J. Košnar No. 771	1,160	1	
21	MAĎARSKO: Pest county, Visegrádi-hegység Mts., Visegrád: by the entrance to the ruin of the castle, near the cash office, ca 330 m a.s. l., N47°47,68' - E18°58,92'; NNE-exposed vertical face of andesite rock, on bare rock surface, dry, unshaded, 16.5.2006 leg. J. Košnar No. 751	1,166	1	

Příloha 5. Seznam položek analyzovaných na absolutní obsah DNA

Číslo	Lokalita	průměr [pg DNA]	n	SD
<i>T. muralis</i> var. <i>muralis</i> - diploidní cytotyp				
22	LOTYŠSKO: Distr. Riga, Krimulda, ca 120 m SSE of the summit of 'Taurētāju kalns' hill, wall NW along the touristic path to 'Gūtmaņa ala' cave, near the pond, ca 20-30 m a.s. l., N57°10,33' - E24°50,231'; vertical face of limestone boulder of the wall, ENE-exposed, slightly wet, half-shaded, on bare rock surface, 24.6.2006 leg. J. Košnar No. 777	1,186	1	
23	ČESKÁ REP.: Distr. Náchod, Teplice nad Metují, ca 0.2 km SSW of the railway station, ca 480 m a.s. l., M33 E3581.47, N5607.84; vertical face of sandstone boulder of the wall, base-enriched, unshaded, SW-exposed, 28.4.2006 leg. J. Košnar No. 735	1,224	1	
24	LOTYŠSKO: Distr. Cesis, Metluri, railway station building, ca 110-120 m a. s. l., N57°12,43' - E25°14,073'; vertical face of concrete, WNW-exposed, unshaded, dry, 28.6.2006 leg. J. Košnar No. 800	1,241	1	
25	ČESKÁ REP.: Distr. Náchod, Police nad Metují, near the field station of Broumovsko PLA, ca 450-460 m a. s. l. , M33 E3588.02, N5601.24; vertical face of sandstone boulder of the wall, base-enriched, unshaded, NNW-exposed, 27.4.2006 leg. J. Košnar No. 723	1,127	1	
26	celkově	1,156	15	0,0372
<i>T. muralis</i> var. <i>aestiva-muralis</i> (přechodné typy) - haploidní cytotyp				
27	MAĎARSKO: Pest county, Visegrádi-hegység Mts., Visegrád, small andesite rocks above the touristic path to the ruin of the castle (ca 80 m SSE), 280-290 m a. s. l., N47°47,55' - E18°58,84'; niche of andesite rock, on bare rock surface, vertical, SE-exposed, slightly wet, half-shaded, 16.5.2006 leg. J. Košnar No. 757	0,546	1	
<i>T. muralis</i> var. <i>aestiva-muralis</i> (přechodné typy) - diploidní cytotyp				
28	ČESKÁ REP.: Pest county, Visegrádi-hegység Mts., Visegrád: by the entrance to the ruin of the castle, near the cash office, ca 330 m a. s. l., N47°47,68' - E18°58,92'; vertically in shallow niche of andesite rock, NNE-exposed, on bare rock surface, slightly wet, half-shaded, 16.5.2006 leg. J. Košnar No. 752	1,139	1	
29	ČESKÁ REP.: Distr. Louny, sandstone rocks N below the railway between Peruc and Vrbno n. Lesy, ca 1,3 km W of the railway station Peruc, ca 340 m a. s. l., M33 E3424.34, N5578.53; horizontal face of carboniferous sandstone stone, on bare surface, moderately wet, half-shaded by the vegetation, 16.9.2006 leg. J. Košnar No. 871	1,158	1	
30	ČESKÁ REP.: Distr. Louny, sandstone rocks N below the railway between Peruc and Vrbno n. Lesy, ca 1,3 km W of the railway station Peruc, ca 340 m a. s. l., M33 E3424.34, N5578.53; inclined face of carboniferous sandstone stone, SSW-exposed, on bare surface, moderately wet, shaded by the vegetation, 16.9.2006 leg. J. Košnar No. 872	1,158	1	
31	ČESKÁ REP.: Distr. Blansko, NNR Vývěry Punkvy, 'Suchý žleb' valley: ca 0.3 km S of the crossing in Skální mlýn, 'Kateřinská jeskyně' cavern, rocks on the right side by the entrance to the cavern, in shallow cavity near the base of limestone rock, vertical face, SSE-exposed, on bare rock surface, slightly wet, half-shaded by herbs, 4.9.2006 leg. J. Košnar No. 837	1,188	1	

Příloha 5. Seznam položek analyzovaných na absolutní obsah DNA

Číslo	Lokalita	průměr [pg DNA]	n	SD
<i>T. muralis</i> var. <i>aestiva-muralis</i> (přechodné typy) - diploidní cytotyp				
32	ČESKÁ REP.: Distr. Vyškov, Kojátky, ca 400 m a. s. l., M33 E3624.35, N5471.72; concrete wall, 20.8.2005 leg. T. Malinová, herb. J. Košnar No. 1035	1,188	1	
33	LOTYŠSKO: Distr. Riga, Krimulda, wall NW long the touristic path SW near 'Mazā ala' cave, ca 20-30 m a. s. l., N57°10,5396' - E24°50,503'; SE-exposed vertical face of limestone boulder of the wall, slightly wet, half-shaded, on bare rock surface, 24.6.2006 leg. J. Košnar No. 778	1,194	1	
34	ČESKÁ REP.: Distr. Mělník, Kralupy n. Vltavou, Lobeč, ca 1.6 km NNW of the railway station 'Kralupy n. Vltavou', left bank of the Vltava river, sandstone rocks E below the railway, ca 140-150 m a. s. l., M33 E3450.36, N5569.14; vertical face of carboniferous sandstone rock, NE-exposed, half-shaded, slightly wet, on bare rock surface, 13.7.2006 leg. J. Košnar No. 815	1,209	1	
35	ČESKÁ REP.: Distr. Louny, sandstone rocks N below the railway between Peruc and Vrbno n. Lesy, ca 1,3 km W of the railway station Peruc, ca 340 m a. s. l., M33 E3424.34, N5578.53; inclined face of carboniferous sandstone stone, SE-exposed, on bare surface, moderately wet, half-shaded by the vegetation, 16.9.2006 leg. J. Košnar No. 870	1,232	1	
36	SLOVENSKO: Distr. Lučenec, Belina, ca 200-230 m a. s. l., N48°14,5705' - E19°51,29'; wall, vertical face of concrete, N-exposed, on bare surface, slightly wet, half-shaded by Sambucus, 31.5.2005 leg. J. Košnar No. 1022	1,106	1	
37	SLOVENSKO: Distr. Rimavská Sobota, 'Cerová vrchovina' Protected Landscape Area, Hajnáčka, 260-270 m a. s. l., N48°13,0888' - E19°57,492'; concrete wall, vertically in fissure, SE-exposed, rather dry, shaded, on bare surface, 31.5.2005 leg. J. Košnar No. 1025	1,126	1	
38	ČESKÁ REP.: Distr. Náchod, Teplice nad Metují, ca 0.2 km SSW of the railway station, ca 480 m a. s. l., M33 E3581.47, N5607.84; vertical face of sandstone boulder of the wall, base-enriched, slightly wet, unshaded, NNE-exposed, 28.4.2006 leg. J. Košnar No. 733	1,159	1	
39	ČESKÁ REP.: Distr. Náchod, Police nad Metují, near the field station of Broumovsko PLA, 450-460 m a. s. l., M33 E3588.02, N5601.24; vertical face of sandstone boulder of the wall, base-enriched, unshaded, NNW-exposed, 27.4.2006 leg. J. Košnar No. 721	1,218	1	
	celkem	1,173	12	0,0382
<i>T. muralis</i> var. <i>aestiva</i> - haploidní cytotyp				
40	ČESKÁ REP.: Distr. Náchod, Dolní Adršpach, railway viaduct near the entrance to Adršpašsko-teplické skály NNR, ca 370 m WNW of the railway station 'Adršpach', ca 510 m a. s. l., M33 E3579.30, N5610.06; vertical face of sandstone boulder of the wall, base-enriched, moderately wet, slightly shaded, SSW-exposed, 28.4.2006 leg. J. Košnar No. 724	0,569	1	
41	LOTYŠSKO: Distr. Riga, Krimulda, ca 120 m SSE of the summit of 'Taurētāju kalns' hill, wall NW along the touristic path to 'Gūtmaņa ala' cave, near the pond, ca 20-30 m a. s. l.; N57°10,33' - E24°50,23'; fissure among limestone boulders of the wall, inclined, ENE-exposed, slightly wet, half-shaded, on bare rock surface, 24.6.2006 leg. J. Košnar No. 775	0,574	1	
	celkově	0,5714	2	0,0038

Příloha 5. Seznam položek analyzovaných na absolutní obsah DNA

Číslo	Lokalita	průměr [pg DNA]	n	SD
<i>T. muralis</i> var. <i>aestiva</i> - diploidní cytotyp				
42	MAĎARSKO: Pest county, Visegrádi-hegység Mts., Visegrád: by the entrance to the ruin of the castle, near the cash office, ca 330 m a. s. l., N47°47,68' - E18°58,92'; NNE-exposed vertical face of andesite rock, on bare rock surface, slightly wet, half-shaded, 16.5.2006 leg. J. Košnar No. 753	1,127	1	
43	ČESKÁ REP.: Distr. Louny, sandstone rocks N below the railway between Peruc and Vrbno n. Lesy, ca 1,3 km W of the railway station Peruc, ca 340 m a. s. l., M33 E3424.34, N5578.53; vertical face of carbonian sandstone rock, W-exposed, half-shaded, slightly wet, 26.9.2005 leg. J. Košnar No. 575	1,130	1	
44	ČESKÁ REP.: Distr. Český Krumlov, Loučovice, 5. 11.2005 herb. J. Košnar No. 1048	1,133	1	
45	SLOVENSKO: Distr. Rožňava, 'Slovenský kras' Protected Landscape Area, N of Kečovo, ca 250-300 m a. s. l., N48°29,6725' - E20°29,0659'; concrete of the wall, vertically in fissure, NNW-exposed, on bare surface, slightly wet, half-shaded, 1.6.2005 leg. J. Košnar No. 1007	1,137	1	
46	ČESKÁ REP.: Distr. Svitavy, Budislav, wall NW along the road to 'Kamenné Sedliště', ca 530 m a. s. l., M33 E3584.07, N5519.79; vertical face of cenomanian sandstone boulder of the wall, on bare surface, dry, unshaded, 20.7.2006 leg. J. Košnar No. 833	1,142	1	
46	ČESKÁ REP.: Distr. Mělník, Kralupy n. Vltavou, Lobeč, ca 1.9 km NNW of the railway station 'Kralupy n. Vltavou', left bank of the Vltava river, small valley ca 140-150 m W from the railway, ca 160-170 m a. s. l., M33 E3450.18, N5569.40; carboniferous sandstone rocks at the bottom of the valley, vertical face of the rock, S-exp., moderately wet, rather shaded, on bare rock surface, 13.7.2006 leg. J. Košnar No. 826	1,143	1	
47	ČESKÁ REP.: Distr. Český Krumlov, NR Dívčí Kámen, mill by the touristic path at the left bank of the Vltava river, ca 150 m NNW of the ruin of Dívčí Hrad castle, 430 m a. s. l., M33 E3452.91, N5417.79; brick at the base of the wall, half-shaded, inclined face, WNW-exposed, 12.5.2005 leg. J. Košnar No. 412	1,156	1	
48	ČESKÁ REP.: Distr. Vsetín, Vsetín, S below the castle, wall N along the path, 360-370 m a. s. l., M33 E3718.02, N5471.85; vertical face of flysh boulder of the wall, S-exposed, slightly wet, half-shaded, on thin soil layer, 20.7.2005 leg. J. Košnar No.1036	1,165	1	
49	ČESKÁ REP.: Distr. Mělník, Kralupy n. Vltavou, Lobeč, ca 1.6 km NNW of the railway station 'Kralupy n. Vltavou', left bank of the Vltava river, sandstone rocks E below the railway, near the railway tunnel, 140-150 m a. s. l., M33 E3450.36, N3450.36; vertical face of carboniferous sandstone rock, NE-exposed, half-shaded, slightly wet, on thin soil layer, 13.7.2006 leg. J. Košnar No. 816	1,174	1	
50	ČESKÁ REP.: Distr. Mělník, Kralupy n. Vltavou, Lobeč, ca 1.6 km NNW of the railway station 'Kralupy n. Vltavou', left bank of the Vltava river, small carboniferous rock outcrop W above the railway tunnel, 170-190 m a. s. l., M33 E3450.34, N5569.13; inclined face of sandstone outcrop, NE-exposed, half-shaded, slightly wet, on bare rock surface, 13.7.2006 leg. J. Košnar No. 828	1,179	1	

Příloha 5. Seznam položek analyzovaných na absolutní obsah DNA

Číslo	Lokalita	průměr [pg DNA]	n	SD
<i>T. muralis</i> var. <i>aestiva</i> - diploidní cytotyp				
51	ČESKÁ REP.: Distr. Semily, NM Údolí Žehrovky, ca 1 km WNW of Nebákov, near the 'Semínský rybník' pond, dwarf wall along the touristic path, ca 280 m a. s. l., M33 E3513.38, N5597.35; vertical face of sandstone wall, base-enriched, NW-exposed, half-shaded, slightly wet, 24.6.2005 leg. J. Košnar No. 560	1,180	1	
52	ČESKÁ REP.: Distr. Tachov, Nature Park 'Hadovka', Krasíkův Dvůr, ruin of 'Krasíkův' castle, ca 2.4 km WSW of the railway station 'Kokašice', ca 610 m a. s. l., M33 E3351.47, N5529.51; inclined, ne-exposed face of the brick, moderately wet, half-shaded, on bare surface, 11.7.2006 leg. J. Košnar No. 813	1,196	1	
53	ČESKÁ REP.: Distr. Louny, sandstone rocks N below the railway between Peruc and Vrbno n. Lesy, ca 1,3 km W of the railway station Peruc, ca 340 m a. s. l., M33 E3424.34, N5578.53; inclined face of carboniferous sandstone stone, SE-exposed, on bare surface, moderately wet, half-shaded by the vegetation, 16.9.2006 leg. J. Košnar No. 873	1,209	1	
54	ČESKÁ REP.: Distr. Mělník, Kralupy n. Vltavou, Lobeč, ca 1.6 km NNW of the railway station 'Kralupy n. Vltavou', left bank of the Vltava river, small carboniferous rock outcrop W above the railway tunnel, ca 170-190 m a. s. l., M33 E3450.34, N5569.13; vertical face of sandstone outcrop, E-exposed, half-shaded, slightly wet, on bare rock surface, 13.7.2006 leg. J. Košnar No. 827	1,218	1	
55	ČESKÁ REP.: Distr. Blansko, 'Arnoštovo údolí' valley: valley of 'Punkva' river, ca 1.5 km ESE of Blansko, near the CKD Blansko Engineering machine-works, ca 350 m a. s. l., M33 E3622.45, N5470.4; inclined face of a brick, E-exposed, rather shaded by vegetation, slightly wet, 21.9.2005 leg. J. Košnar No. 603	1,220	1	
56	ČESKÁ REP.: Distr. Svitavy, Nové Hrady, valley of the Novohradka river, ca 600 m N of Vranice, 394 m a. s. l., M33 E3582.95, N5523.25; vertical sandstone wall of the ruin of a house, W-facing, half-shaded, on bare rock/very thin soil layer, 19.6.2005 leg. J. Košnar No. 460	1,250	1	
57	ČESKÁ REP.: Distr. Plzeň - jih, Kramolín, dwarf wall N along the road, ca 510 m a. s. l., M33 E3397.22, N5480.55; vertical face of siliceous boulder of the dwarf wall, on bare stone/very thin soil layer, base-enriched, S-exposed, rather dry, slightly/half shaded, 2.8.2005 leg. J. Košnar No. 563	1,267	1	
58	ČESKÁ REP.: Distr. Semily, NM Údolí Žehrovky, ca 1 km WNW of Nebákov, near the 'Semínský rybník' pond, dwarf wall along the touristic path, ca 280 m a. s. l., M33 E3513.38, N5597.35; vertical face of sandstone wall, base-enriched, NW-exposed, half-shaded, slightly wet, 24.6.2005 leg. J. Košnar No. 560	1,314	1	
59	ČESKÁ REP.: Distr. Jindřichův Hradec, deer park ca 2.2 km ENE of Velký Londýn, 485 m a. s. l., M33 E3499.22, N5418.43; inclined face of granite stone of the wall, base-rich, W-exposed, half-shaded by tree canopy, 3.4.2005 leg. J. Košnar No. 312	1,433	1	
60	celkově	1,199	19	0,0765

Příloha 5. Seznam položek analyzovaných na absolutní obsah DNA

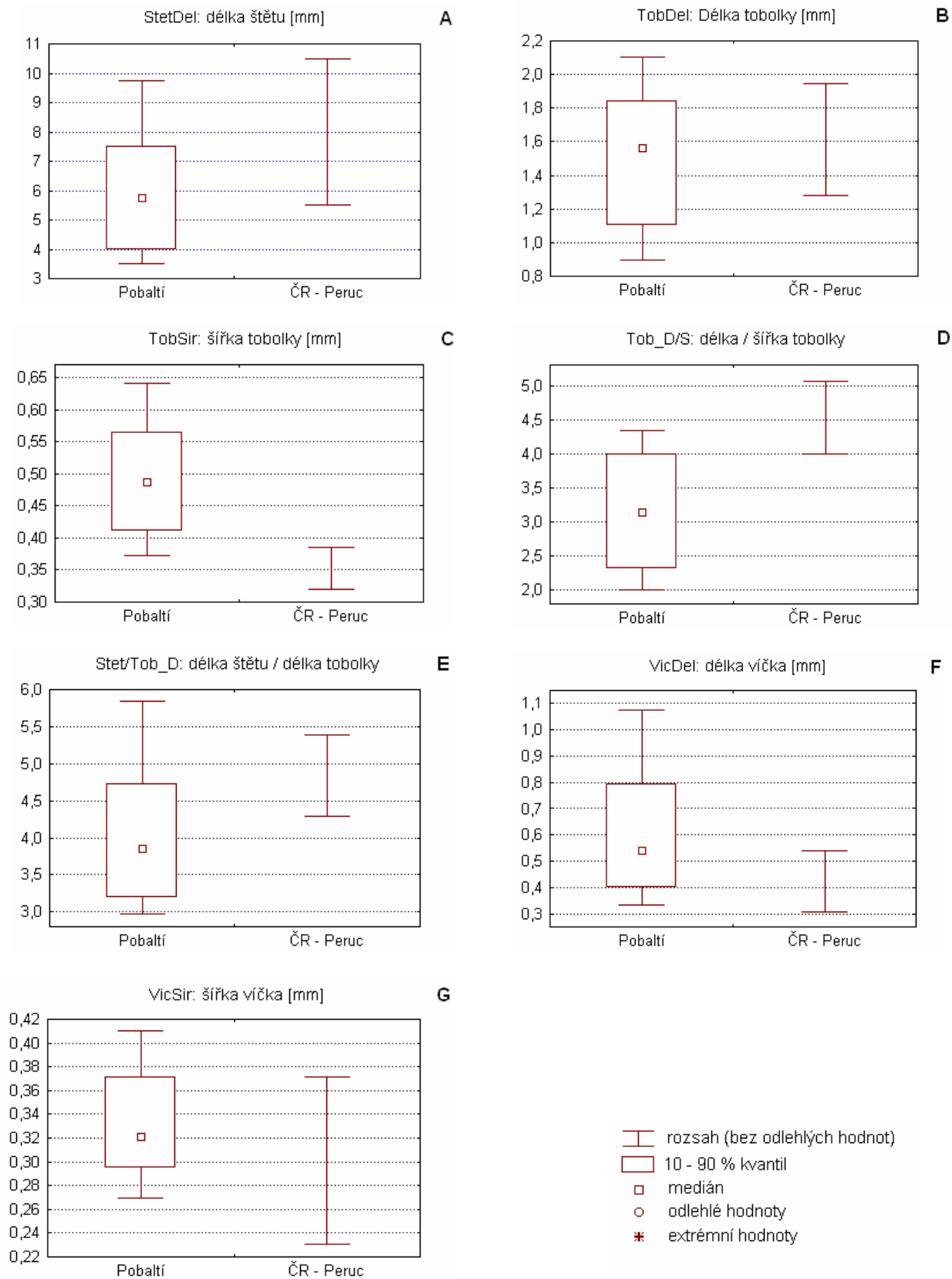
Číslo	Lokalita	průměr [pg DNA]	n	SD
<i>T. obtusifolia:</i>				
61	RAKOUSKO: Salzburg, Radstädter Tauern, E of Zalußenalm, SSW slope of Griebnerkar, ca 1.1 km SW of the top of Plankowitzspitze, 1760–1770 m a.s.l., N47°08,3639' – E13°23,9098', 14.9.2006 leg. J. Košnar No. 926, 927, 928, 932, 933, 934	0,582	6	0,0147
62	SLOVENSKO: Distr. Detva, NNR Rohy, S–exposed slope at the foothill of 'Prostredný vrch' hill, ca 650 NE of 'Stožok' railway station, ca 30 m above the road, ca 420–430 m a.s.l., N48°32,54' – E019°21,87'; vertical face of andesite rock, SE-exposed, half-shaded by the vegetation, 15.9.2005 leg. J. Košnar No. 626	0,627	1	
63	SLOVENSKO: Distr. Detva, NNR Rohy, SSE–exposed slope of 'Prostredný vrch' hill, ca 750 NE of 'Stožok' railway station, rocks in oak forest above open andesite rocks, ca 440 m a.s.l., N48°32,55' – E019°21,94', overhanging in niche of andesite rock, SSW-exposed, inclined/vertical, shaded, 15.9.2005 leg. J. Košnar No. 631	0,593	1	
64	celkově	0,601	3	0,0234
<i>T. muralis</i> var. <i>aestiva</i> – <i>T. obtusifolia</i> (přechodné rostliny):				
65	MAĎARSKO: Pest county, Visegrádi-hegység Mts., Visegrád, small andesite rocks above the touristic path to the ruin of the castle (ca 80 m SSE), 280–290 m a.s.l., N47°47,55' – E18°58,84', shallow niche of andesite rock, on bare rock surface, vertical, SE-exposed, slightly wet, half-shaded, 16.5.2006 leg. J. Košnar No. 756	0,577	1	
<i>T. lingulata:</i>				
66	LOTYŠSKO: Distr. Riga, Sigulda, 'Pikenes krauja' rock formation, rocks between 'Gudribas avots' fount and 'Mazā Velna ala' cave, ca 20–30 m a.s.l., N57°09,019' – E24°49,025', SSE-exposed vertical face of small sandstone rock, base-enriched, moderately wet, half-shaded, on bare rock surface, 24.6.2006 leg. J. Košnar No. 783	1,259	1	
67	LOTYŠSKO: Distr. Cesis, Ieriķi, valley of 'Kumada' river, left river bank, 'Sesīlu klintis' rock formation, ca 2.3 km NNW of 'Ieriķi' railway station, ca 70–80 m a.s.l., N57°13,1967' – E25°09,6858', SE-exposed vertical face of sandstone rock, base-enriched, moderately wet, shaded, on bare rock surface, 26.6.2006 leg. J. Košnar No. 796	1,176	1	
68	LOTYŠSKO: Distr. Cesis, 'Kārļu grava' valley, rocks on the left brook bank, ca 0.6 km SW of Kārļi, ca 100–110 m a.s.l., N57°14,358' – E25°11,996', WSW-exposed inclined/vertical face of sandstone rock outcrop, base-enriched, moderately wet, half-shaded, on bare rock surface, 27.6.2006 leg. J. Košnar No. 799	1,174	1	
69	LOTYŠSKO: Distr. Cesis, Cīrulīši, 'Cīrulīšu klintis' rock formation, ca 1.3 km SSW of the bridge over 'Gauja' river, ca 30 m a.s.l., N57°18,128' – E25°13,243', WNW-exposed vertical face near the base of sandstone rock, base-enriched, moderately wet, half-shaded, on bare rock surface, 28.6.2006 leg. J. Košnar No. 801	1,223	2	0,0074

Příloha 5. Seznam položek analyzovaných na absolutní obsah DNA

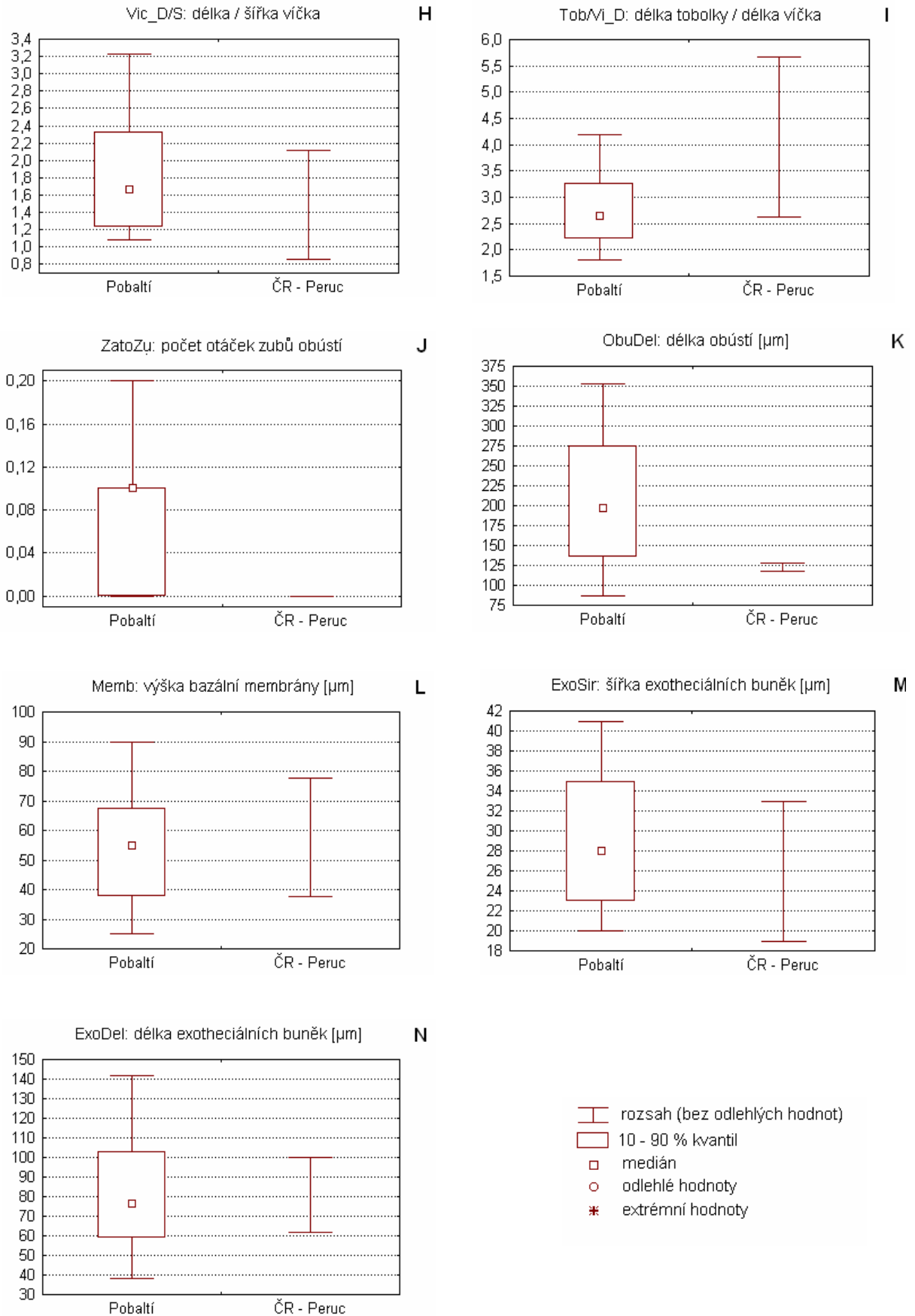
Číslo	Lokalita	průměr [pg DNA]	n	SD
<i>T. lingulata:</i>				
70	ČESKÁ REP.: Distr. Louny, sandstone rocks N below the railway between Peruc and Vrbno n. Lesy, ca 1,3 km W of the railway station Peruc, ca 340 m a.s.l., N50°19,957' – E13°56,1386', inclined face of carboniferous sandstone stone, SSE-exposed, on bare surface, moderately wet, half-shaded by the vegetation, 16.9.2006 leg. J. Košnar No. 868	1,201	1	
	celkově	1,206	5	0,0357

Příloha 6. Srovnání českých rostlin *T. lingulata* s populacemi z Pobaltí

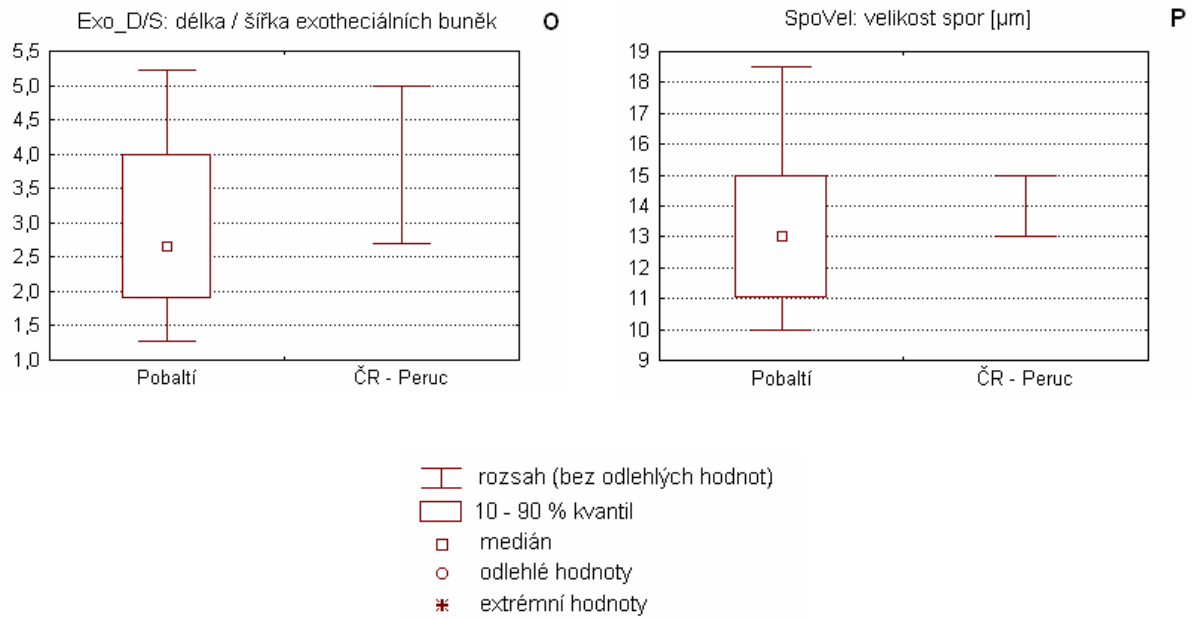
Znaky sporofytu



Obr. 1 A-G. Kvantitativní morfologické znaky sporofytu rostlin *T. lingulata* z Pobaltí a z ČR.

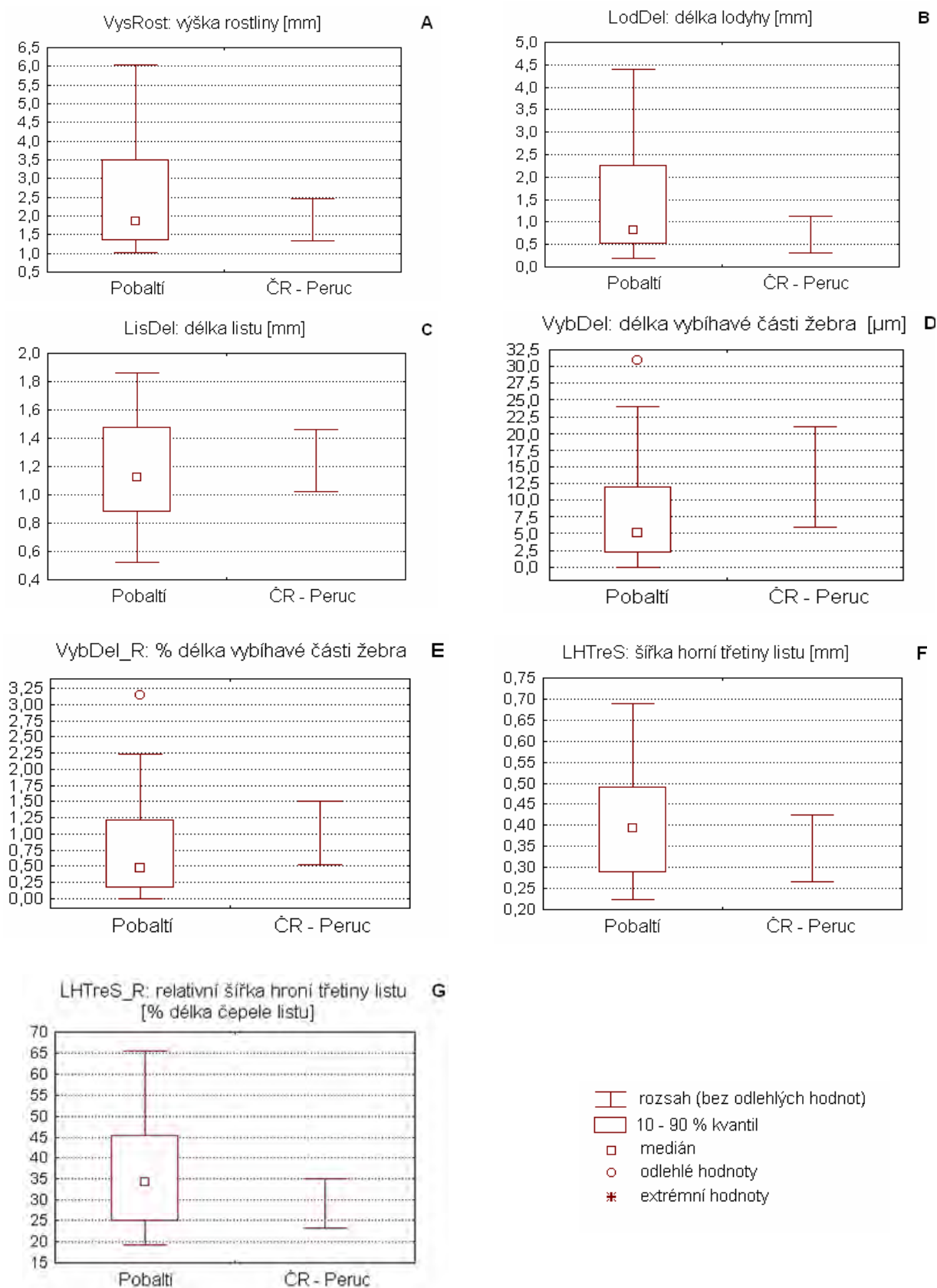


Obr. 1 H-N. Kvantitativní morfologické znaky sporofytu rostlin *T. lingulata* z Pobaltí a z ČR.

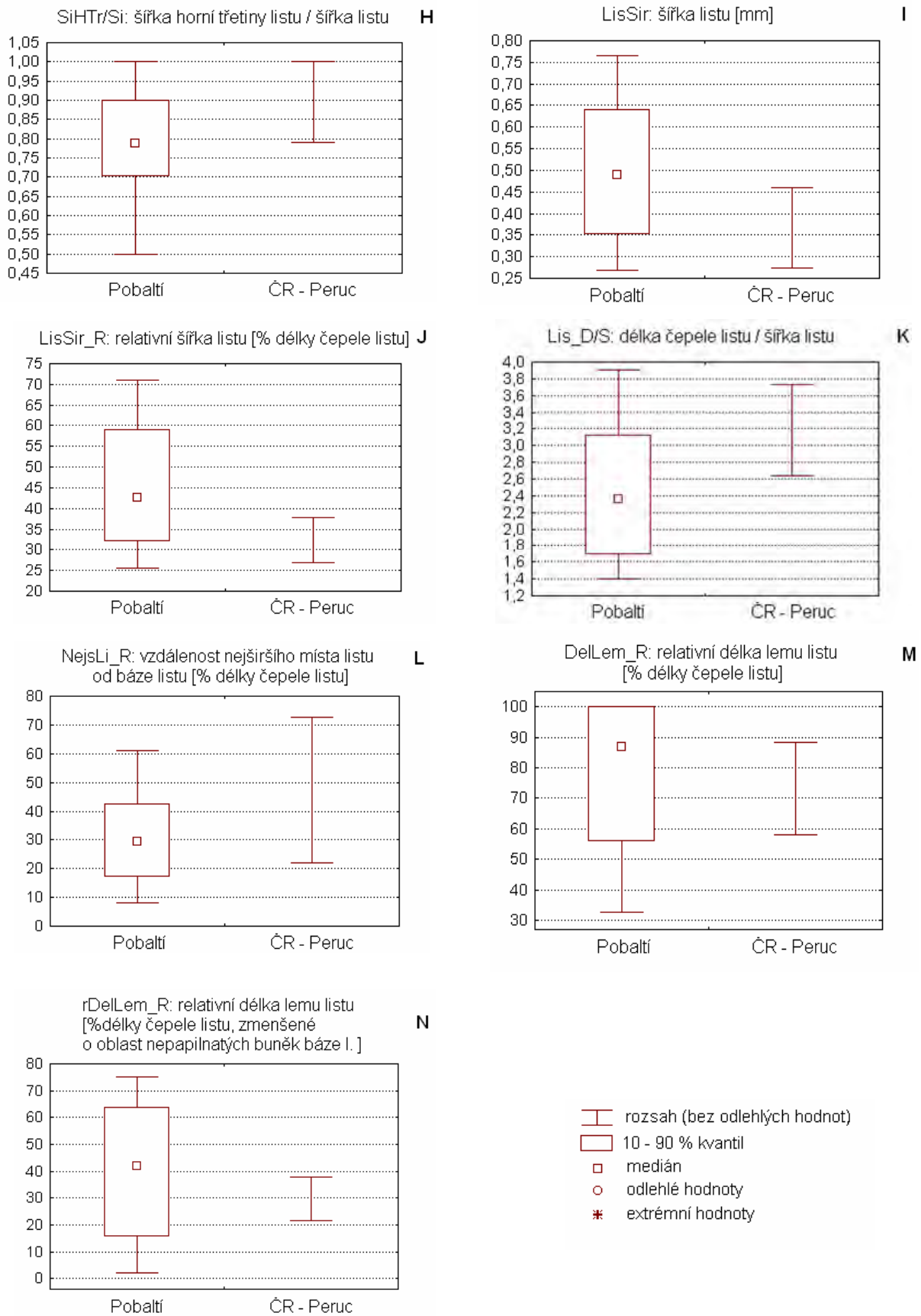


Obr. 1 O-P. Kvantitativní morfologické znaky sporofyту rostlin *T. lingulata* z Pobaltí a z ČR.

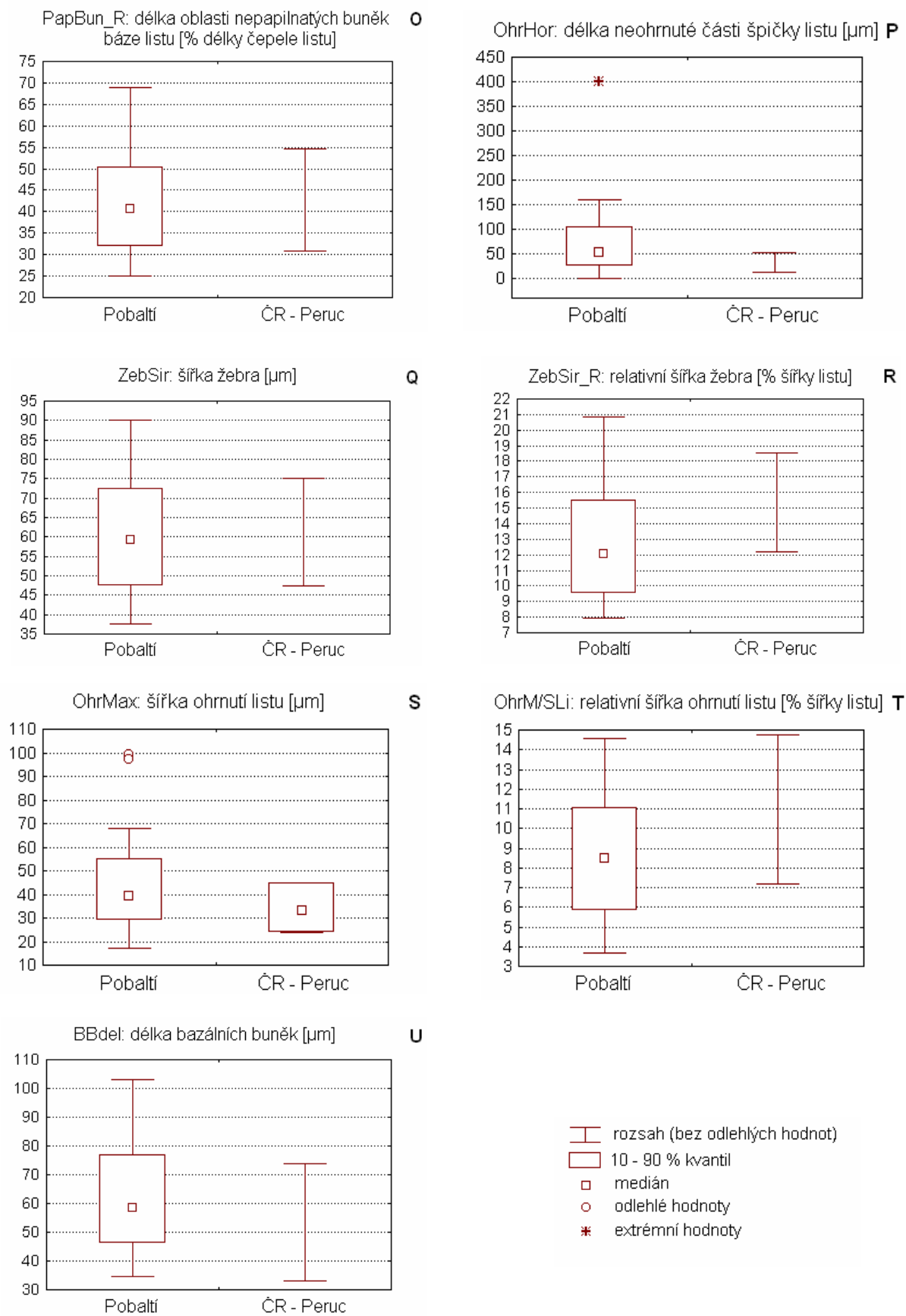
Znaky gametofytu



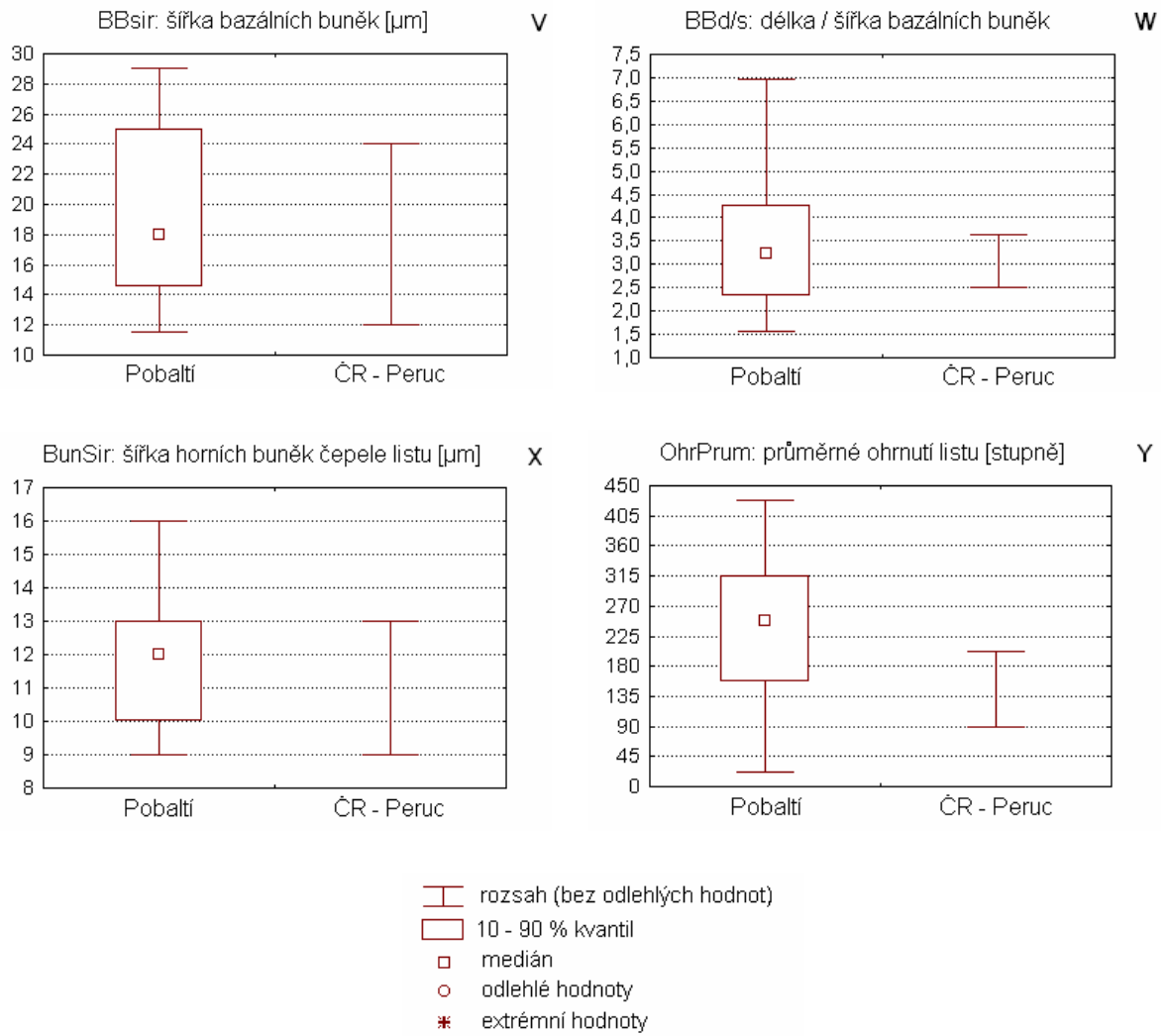
Obr. 2 A-G. Kvantitativní morfologické znaky gametofytu rostlin *T. lingulata* z Pobaltí a z ČR.



Obr. 2 H-N. Kvantitativní morfologické znaky gametofytu rostlin *T. lingulata* z Pobaltí a z ČR.



Obr. 2 O-U. Kvantitativní morfologické znaky gametofytu rostlin *T. lingulata* z Pobaltí a z ČR.



Obr. 2 V-Y. Kvantitativní morfologické znaky gametofytu rostlin *T. lingulata* z Pobaltí a z ČR.