

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Katedra biologických disciplín

---

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Agroekologie

**VLIV MINERÁLNÍHO HNOJENÍ  
NA ANATOMICKOU STAVBU LISTU  
OSTŘICE ŠTÍHLÉ**

Bakalářská práce

Autor práce: Drahomíra Hůrková

Vedoucí práce: doc. RNDr. Hana Čížková, CSc.

---

České Budějovice, 2010

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Drahomíra HŮRKOVÁ**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **Agroekologie**  
Název tématu: **Vliv minerálního hnojení na anatomickou stavbu listu  
ostřice štíhlé**  
Zadávací katedra: **Katedra biologických disciplin**

**Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :**

Cíl: zhodnotit vliv minerálního hnojení na vybrané anatomické charakteristiky listu ostřice štíhlé

1. Zpracování literárního přehledu poznatků o vlivu dostupnosti minerálních živin na anatomickou a morfologickou stavbu listu
2. Stanovení hustoty průduchů na spodní a svrchní straně listů ostřice štíhlé při dvou variantách dostupnosti živin
3. Porovnání vlastních výsledků s výsledky navazujícího výzkumu a s literárními údaji.

Rozsah grafických prací: fotografická dokumentace rostlin  
Rozsah pracovní zprávy: 30 stran textu  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

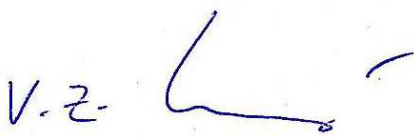
Seznam odborné literatury:

Larcher, W., 1988: Fyziologická ekologie rostlin. Academia, Praha.  
Rychnovská, M., Balátová-Tuláčková, E., Úlehlová, B., Pelikán, J, 1985: Ekologie lučních porostů. Academia, Praha.  
Rychnovská, M. (Ed.), 1987: Metody studia travinných ekosystémů. Academia, Praha.  
Projekt: GA ČR 526/09/1545 (Význam nově asimilovaného uhlíku pro interakce rostlin s půdou v mokřadních travinných ekosystémech v proměnlivých podmínkách vnějšího prostředí)


Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Hana Čížková, CSc.  
Katedra biologických disciplin

Datum zadání bakalářské práce: 15. února 2009  
Termín odevzdání bakalářské práce: 30. dubna 2010

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13 ④  
370 05 České Budějovice

  
prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.  
děkan

L.S.

  
doc. RNDr. Ing. Josef Rajchard, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 3. března 2009

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 10. dubna 2010

.....

podpis

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto prostřednictvím děkuji zejména vedoucí bakalářské práce paní doc. RNDr. Haně Čížkové, CSc., za věnovaný čas, rady a pomoc při psaní této bakalářské práce. Další poděkování patří i mé rodině a mému příteli Martinu Maňaskovi za obětavou a vytrvalou podporu.

## ANOTACE

Tato práce je součástí projektu GA ČR 526/06/0276, který sleduje vliv eutrofizace mokřích luk na interakci půda – rostlina s důrazem na transformace uhlíku a dusíku. Jejím cílem bylo určit rozdíly v anatomické stavbě listu ostřice štíhlé v odlišně ošetřovaných porostech. Rostliny ostřice štíhlé byly studovány na dvou lokalitách: Záblatské louky s organickou půdou a Hamerské louky s minerální půdou. Vliv hnojení byl sledován na plochách, na které byla aplikována dávka minerálního hnojiva: 300 kg NPK .ha<sup>-2</sup> (varianta HIGH) a na plochách kontrolních, které nebyly hnojeny (varianta NO). Hnojení probíhalo v letech 2006 – 2008. V roce 2009 hnojení neproběhlo kvůli dlouhotrvající záplavě. Listy *C. acuta* byly hypostomatické. Na Hamerských loukách byly zjištěny průměrné hustoty průduchů 724 ± 88 mm<sup>-2</sup> ve variantě nehnojené a 820 ± 130 mm<sup>-2</sup> ve variantě hnojené. Na Záblatských loukách byly zjištěny průměrné hustoty průduchů 872±114 mm<sup>-2</sup> ve variantě nehnojené a 849±125 mm<sup>-2</sup> ve variantě hnojené.

Klíčová slova: mokré louky, mokřady, průduchy, minerální hnojivo

## ANNOTATION

This thesis is part of the project GA CR No 526/09/1546 („Importance of newly assimilated carbon to the interaction of plants with soil in grassland and wetland ecosystems in varying environmental conditions“). The was focused on differences in leaf anatomy of plants subjected to different nutrient regimes. Stands dominated by *C.acuta* were studied in two localities - wetlands: Záblatské meadows with organic soil and Hamr meadows with mineral soil. Effect of fertilization was studied in areas subjected to doses of fertilizer of 300 kg NPK. ha<sup>-2</sup> (HIGH treatment) and unfertilized areas (NO treatment). These doses were applied from 2006 to 2008, but not in 2009 because of continuous flooding. All leaves of *C. acuta* were hypostomatic. At Hamr, the average stomatal densities were 724 ± 88 mm<sup>-2</sup> and 820 ± 130 mm<sup>-2</sup> on the lower side of leaves of unfertilizer and fertilized plants respectively. At Záblatské louky, the average stomatal densities were 872±114 mm<sup>-2</sup> and 849±125 mm<sup>-2</sup> on the lower side of the leaves of unfertilizer and fertilized plants, respectively.

Keywords: wet meadows, wetlands, stomata, mineral fertilizer

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. ÚVOD</b> .....   | <b>9</b>  |
| <b>2. LITERÁRNÍ REŠERŠE</b> .....  | <b>10</b> |
| 2.1 MOKŘADY .....  | 10        |
| 2.1.1 <i>Definice mokřadů</i> .....  | 10        |
| 2.1.2 <i>Význam mokřadů jako biotopů vzácných a ohrožených druhů a společenstev</i> .....      | 10        |
| 2.1.3 <i>Ohrožení mokřadů</i> .....  | 11        |
| 2.1.4 <i>Funkce mokřadů</i> .....  | 11        |
| 2.1.5 <i>Mokřadní půda</i> .....   | 11        |
| 2.1.6 <i>Organické a minerální půdy</i> .....  | 12        |
| 2.2 EUTROFIZACE .....  | 13        |
| 2.2.1 <i>Vliv eutrofizace na vegetaci</i> .....  | 13        |
| 2.2.2 <i>Vliv eutrofizace na změnu rostlinné skladby mokřadů</i> .....                         | 13        |
| 2.2.3 <i>Eutrofizace jako celosvětový problém</i> .....  | 14        |
| 2.2.4 <i>Technické možnosti řešení eutrofizace</i> .....                                       | 14        |
| 2.2.5 <i>Způsoby snížení eutrofizace</i> .....   | 14        |
| 2.3 OSTŘICE ŠTÍHLÁ .....   | 15        |
| 2.3.1 <i>Charakteristika ostřice štíhlé</i> .....  | 15        |
| 2.3.2 <i>Charakteristika čeledi šáchorovitých rostlin</i> .....                                | 16        |
| 2.3.3 <i>Vegetace vysokých ostřic</i> .....  | 16        |
| 2.4 PRŮDUCHY .....   | 17        |
| 2.4.1 <i>Význam průduchů</i> .....   | 17        |
| 2.4.2 <i>Úloha průduchů při regulaci transpirace</i> .....                                     | 17        |
| 2.4.3 <i>Četnost a rozmístění průduchů na listu</i> .....                                      | 18        |
| 2.4.4 <i>Stomatální index</i> .....  | 18        |
| 2.4.5 <i>Anatomie a vývoj stomat</i> .....   | 19        |
| 2.4.6 <i>Fyziologický mechanismus pohybu průduchů</i> .....                                    | 20        |
| 2.4.7 <i>Řízení pohybu průduchů</i> .....  | 20        |
| 2.4.8 <i>Faktory ovlivňující šířku štěrbin</i> .....   | 20        |
| 2.4.9 <i>Rozmístění stomat na epidermis listu ostřice</i> .....                                | 21        |
| 2.5 VLIV VNITŘNÍCH A VNĚJŠÍCH FAKTORŮ NA ANATOMICKOU A MORFOLOGICKOU STAVBU LISTU ROSTLIN..... | 22        |
| 2.5.1 <i>Vnitřní faktory</i> .....   | 22        |
| 2.5.1.1 <i>Stavba listu ostřice - genotyp</i> .....  | 22        |
| 2.5.1.2 <i>Inzerce listů</i> .....   | 23        |
| 2.5.1.3 <i>Stárnutí listů</i> .....  | 23        |
| 2.5.2 <i>Vnější faktory</i> .....  | 23        |
| 2.5.2.1 <i>Vliv nedostatku kyslíku</i> .....   | 23        |
| 2.5.2.2 <i>Vliv nedostatku vlhkosti</i> .....  | 24        |
| 2.5.2.3 <i>Vliv výživy NPK</i> .....   | 25        |
| 2.5.2.4 <i>Vliv ozáření</i> .....  | 26        |
| 2.5.2.5 <i>Vliv teploty</i> .....  | 27        |
| 2.5.3 <i>Vliv inzerce, vlhkosti, ozáření a teploty na průduchy</i> .....                       | 28        |
| <b>3. STUĐOVANÉ LOKALITY</b> .....   | <b>29</b> |

---

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 3.1       | PŘÍRODNÍ REZERVACE ZÁBLATSKÉ LOUKY A HAMR .....  | 30        |
| <b>4.</b> | <b>METODIKA .....</b>  | <b>31</b> |
| 4.1       | PRAKTICKÉ POUŽITÍ SVĚTELNÉ MIKROSKOPIE .....   | 31        |
| 4.1.1     | <i>Kvantitativní anatomické studium listové epidermis – mikroreléfová metoda .....</i> | <i>32</i> |
| 4.2       | POUŽITÁ METODIKA.....  | 33        |
| 4.2.1     | <i>Uspořádání pokusu.....</i>  | <i>33</i> |
| 4.2.2     | <i>Postup vlastní práce .....</i>  | <i>34</i> |
| <b>5.</b> | <b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>  | <b>36</b> |
| 5.1       | VÝSLEDKY .....   | 36        |
| 5.1.1     | <i>Vyhodnocení mikrofotografií.....</i>  | <i>36</i> |
| 5.1.2     | <i>Vyhodnocení vlivu NPK na strukturu listu pro Záblatské louky.....</i>               | <i>36</i> |
| 5.1.3     | <i>Vyhodnocení vlivu NPK na strukturu listu pro Hamr.....</i>                          | <i>37</i> |
| 5.1.4     | <i>Porovnání získaných dat mezi lokalitami (Z) a (H).....</i>                          | <i>37</i> |
| 5.2       | DISKUZE.....   | 38        |
| 5.2.1     | <i>Možné zdroje chyb.....</i>  | <i>38</i> |
| 5.2.2     | <i>Vztah zjištěných údajů k výsledkům jiných autorů v rámci projektu .....</i>         | <i>38</i> |
| 5.2.3     | <i>Porovnání zjištěných údajů s ostatními autory.....</i>                              | <i>40</i> |
| <b>6.</b> | <b>ZÁVĚR .....</b>   | <b>41</b> |
| <b>7.</b> | <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>   | <b>42</b> |
| <b>8.</b> | <b>PŘÍLOHY .....</b>   | <b>45</b> |
| 8.1       | SEZNAM PŘÍLOH .....  | 45        |
| 8.2       | FOTOGRAFICKÁ PŘÍLOHA.....  | 50        |



## 1. Úvod

Předkládaná práce je součástí studia mokrých luk, tzn. mokřadů, v rámci projektu (GA ČR 526/06/0276), který sleduje vliv eutrofizace mokrých luk na interakci půda – rostlina s důrazem na transformace uhlíku a dusíku. V projektu je proces eutrofizace simulován terénním pokusem, při němž jsou různé plochy na téže lokalitě vystaveny hnojení o různé intenzitě. Součástí projektu je i studium fotosyntetických charakteristik dominantních rostlinných druhů. Abychom mohli zhodnotit vliv vnějších podmínek na stav a funkci fotosyntetického aparátu rostlin, je vhodné mít informace o strukturách, které rychlost fotosyntézy ovlivňují. Klíčovou strukturou jsou průduchy, které na jedné straně regulují výpar vody z listů, ale současně omezují vstup oxidu uhličitého využitelného pro fotosyntézu. Konkrétním cílem této práce je zjistit, jak se projeví vliv minerálního hnojení na anatomickou stavbu listu ostřice štíhlé (*Carex acuta*), která je typickým a významným představitelem flóry travinných mokřadů. Sledování bylo provedeno ve dvou lokalitách na Třeboňsku, a to na Zábblatských loukách a na mokřích loukách u obce Hamr.

Biotopy mokrých luk jsou právě v oblasti Třeboňska zastoupeny poměrně významně a jejich role je nezastupitelná. Zmínit lze zejména retenční schopnost a funkci přirozené zásobárny vody, a dále poskytování podmínek pro existenci mnoha rostlinných a živočišných druhů, což je důležité pro zachování vysoké biodiverzity v rámci regionu. Mnoho mokřadních společenstev bylo v minulosti ovlivněno nesprávně provedenými melioracemi, a proto bychom v dnešní době mokřadům měli věnovat zvýšenou pozornost. Je tedy nanejvýše vhodné zabývat se jejich studiem, včetně jejich flóry a fauny. Neméně důležitý je výzkum vlivu člověka – přímého i nepřímého, na tyto biotopy.

Cíle práce:

- 1) Shromáždit a utřídit poznatky o vlivu vnějších faktorů na anatomickou stavbu listu ostřice štíhlé.
- 2) Porovnat hustotu průduchů na listech ostřice štíhlé v podmínkách terénního pokusu, tj. na dvou lokalitách a při dvou odlišných režimech hnojení
- 3) Porovnat zjištěné výsledky s výsledky navazujícího výzkumu a literárními údaji.

## 2. Literární rešerše

### 2.1 Mokřady

Po ústupu posledního pevninského ledovce byla většina přirozených jezer na území České republiky zanesena sedimenty a zanikla ještě v době předhistorické. Na jejich místě se však vyvinula rozsáhlá mokřadní společenstva, která byla po staletí nedílnou součástí obrazu české krajiny, ale také přirozenou překážkou ve využívání této krajiny člověkem. Četná „blata“ byla proto od středověku soustavně odvodňována, kromě jiných způsobů především budováním rybníků a jejich soustav. Tak vznikla např. i nejznámější a dodnes zachovaná rybníční soustava Třeboňské pánve (Rožmberská), která zároveň představuje i jeden z nejcennějších mokřadních ekosystémů v České Republice (Ripl et al., 1996).

#### 2.1.1 Definice mokřadů

Za mokřady jsou považována všechna suchozemská prostředí, jejichž ráz určuje voda. Mohou to být jezera, rybníky, prameny, potoky i řeky, ale zejména přechody mezi souší a vodou jako rašeliniště, bažinaté louky a lužní lesy (Gerstmeier, 1994). Mokřady se vyskytují ve všech klimatických pásmech, mají různé půdy a vyskytuje se na nich různá vegetace. Spojujícím rysem většiny mokřadů je půda saturovaná vodou, což určuje jak povahu půdy, tak i typy organismů, které mokřady osidlují (Vymazal, 1995). Definice mokřadů různými autory se v detailech liší. Podle Šarapatky a Niggliho (2008) je mokřad výrazně zamokřené a zavodněné území, které administrativně není jezerem, nádrží nebo součástí aktivního koryta vodního toku. Voda v mokřadu vystupuje k terénu a nad terén a hloubka vody se pohybuje do 0,6 m. Jde o velmi členité přechodové prostředí s nejednoznačnou hranicí mezi vodou a souší, které vyniká pestrostí a bohatostí různých forem života.

#### 2.1.2 Význam mokřadů jako biotopů vzácných a ohrožených druhů a společenstev

Mokřadní ekoton (hraniční ekosystém mezi souší a vodou) může být obýván jak druhy terestrickými, tak vodními. Navíc poskytuje životní prostor i druhům, které se neobejdou bez přechodů z jednoho prostředí do druhého. Tato kombinace odlišných prostředí způsobuje, že obecně se společenstva ekotonu řadí k druhově pestrým ekosystémům s vysokou frekvencí výskytu kriticky ohrožených nebo endemických druhů. Jsou to však ekosystémy velmi specializované – a tedy i velmi zranitelné (Ripl et al., 1996).

### 2.1.3 Ohrožení mokřadů

Nepříznivým zásahem do mokřadních ekosystémů je zejména soustavné odvodňování, spojené s rozšiřováním ploch pro zemědělské plodiny. To odvádí vodu z plochy do napřímených koryt drobných vodotečí a melioračních kanálů a urychluje její odtok z území. Toto napřímení prakticky beze zbytku likviduje stanoviště vhodná pro organismy vázané na vodní režim (tůň, odstavená ramena a přirozeně modelované břehy).

Rostoucí požadavky na odběr povrchové i podzemní vody pro potřeby nejrůznějších lidských aktivit mělo na mnoha místech za následek výrazný pokles hladiny podzemní vody (až o několik metrů). Rostoucí nerovnováha mezi odčerpáváním a možnostmi doplňování zásob podzemní vody vedla k vysychání mnoha dříve zamokřených území, a to včetně soustav drobných tůň.

Mokřadům se jako první skupině biotopů dostalo významné mezinárodní ochrany Ramsarskou konvencí (Anonymus 1, 2010). Bylo tím vyjádřeno uznání jejich významu jako patrně nejproduktivnějších biotopů na světě vůbec (Ripl et al., 1996).

### 2.1.4 Funkce mokřadů

Za nejvýznamnější funkce mokřadů se považují:

- zadržování vody
- stabilizace břehů a ochrana proti erozi
- doplňování zásob podzemní vody a její opětné uvolňování
- čištění vody
- zachycování živin, sedimentů a případných znečišťujících látek, jejich využití nebo odbourávání
- stabilizace mikroklimatu (mokřady hrají důležitou roli při rozdělování toků energie)
- estetický přínos (mokřady jsou často vnímány jako součást kulturního dědictví

(Ripl et al., 1996)

### 2.1.5 Mokřadní půda

Mokřadní půdy jsou prostředím, ve kterém probíhá většina z chemických transformací (přeměn) živin a dalších látek v ekosystému. Jsou také primárním zásobníkem dostupných živin pro většinu mokřadních rostlin (Burianová, 2008). Mokřadní půda je většinou označována jako hydrická. Hydrické půdy jsou

saturovány nebo zaplaveny vodou dostatečně dlouhou dobu během vegetačního období, aby se vytvořily anaerobní podmínky, které podporují růst a obnovu hydrofytní vegetace. Mokřadní půdy se dělí na dva typy, organické a minerální (Anonymus 2, 2010).

### **2.1.6 Organické a minerální půdy**

Za organické se považují takové půdy, jejichž obsah organické hmoty v sušině je v rozsahu 20 – 35%. Půdy s menším obsahem organické hmoty jsou pak označovány jako minerální (Mitsch a Gosselink, 1993). Organické půdy vznikají obvykle na stanovištích pravidelně zaplavovaných nebo dlouhodobě zaplavených, kde se odumřelé části rostlin dostávají do prostředí málo aerovaného nebo zcela anoxického, a kde tedy dochází jen k pomalé oxidaci organické hmoty. Od minerálních půd se odlišují také vysokým obsahem organického dusíku, tmavou barvou, nízkou objemovou hmotností, schopností zadržovat velké množství vody a celkově poněkud jinými fyzikálními, chemickými a biologickými vlastnostmi (Šimek, 2003). Z globálního hlediska jsou organické půdy důležitým úložištěm uhlíku (asi 20% celosvětového množství). Poměr C:N v organické půdě je asi 20:1 (Brady a Weil, 2002).

Minerální půdy mají oproti organickým půdám vysokou dostupnost živin, nízkou pórovitost a malou schopnost poutat vodu (Mitsch a Gosselink, 1993). Poměr C/N v organickém podílu je asi 12:1 (Brady a Weil, 2002). Organické a minerální půdy se od sebe odlišují také způsobem vzniku a rozšířením. Většina minerálních půd se skládá z aluviálních materiálů a jen malá část je jich tvořena na základě materiálu, který pochází z místa výskytu tohoto druhu půdy (Brinkman a Van Diepen, 1995).

## 2.2 Eutrofizace

Dle Smithe et al. (1999) je eutrofizace soubor přírodních a uměle vyvolaných procesů vedoucích ke zvyšování obsahu anorganických živin stojatých a tekoucích vod. Eutrofizace je přírodní děj, jenž v důsledku lidské činnosti přesáhl přirozené meze. Přírodní eutrofizace je způsobena uvolňováním dusíku a fosforu, případně silikátů, z půdy, sedimentů a odumřelých vodních organismů. Umělá eutrofizace je způsobena intenzivní zemědělskou výrobou, některými druhy průmyslových odpadních vod, používáním polyfosforečnanů v pracích a čisticích prostředcích a zvýšenou produkcí komunálních odpadních vod a odpadů fekálního charakteru. Znečištění živinami se může šířit půdou, ovzduším, geologickým podložím a vodou (Tlapák et al., 1992). Dusíkaté sloučeniny se tak dostávají na jiná místa, popř. do potoků a řek. Tak dochází k eutrofizaci našich mokřadů (Slavíková, 1986).

### 2.2.1 Vliv eutrofizace na vegetaci

Eutrofizace narušuje koloběh dusíku a fosforu v přírodě. Snižuje druhovou diverzitu společenstev. Při nadbytku živin dochází k přemnožení sinic a ke vzniku vodního květu. Dominantní rody vodních květů, např. *Anabaena*, *Microcystis* aj. produkují toxiny, které způsobují vodohospodářské problémy a ohrožují vodní živočichy (Šafarčíková a Kouřil, 2006). Ponořené rostliny rostou rychleji, jejich biomasa se akumuluje u povrchu. Mladé části makrofyt zastíňují hlouběji položenou část vodního sloupce. Průhlednost vody klesá, ozáření na dně nedosahuje kompenzačního bodu pro fotosyntézu. Proto fotosyntéza převládá na povrchu a naopak respirace je vyšší u dna. S pokračujícím přísunem živin klesá druhová diverzita vodních rostlin, ale jejich biomasa vzrůstá. Často nastává u dna nedostatek kyslíku (Hejný, 2000). Odumřelé organismy se hromadí spolu s jemnými částicemi na dně vodních nádrží a vytvářejí vnitřní zdroj živin. Tento anaerobní sediment uvolňuje do vody takové množství živin, že dochází k dalšímu rozvoji vodního květu, i když se omezí přísun živin z povodí (Petříček, 1999).

### 2.2.2 Vliv eutrofizace na změnu rostlinné skladby mokřadů

Intenzivní hnojení rybníků dusíkatými hnojivy bylo příčinou zvýšené frekvence výskytu okřehkových porostů, které se dříve vyskytovaly spíše pravidelně na návesních rybnících nebo obdobných eutrofních lokalitách. Nápadně stoupla frekvence výskytu druhu okřehku trojbrázdého (*Lemna trisulca*) a závitky mnohokořenné (*Spirodela polyhiza*). Intenzifikací zemědělství a rybníčního

hospodářství zmizela filtrační pásma tvořená podmáčenými loukami, vysokými ostřicemi a rákosinami (ř. *Arrhenatheretalia*, *Magnocaricetalia*, *Phragmitetalia*), takže se splachy z orné půdy dostávají přímo do vodotečí a nádrží. Změny chemismu vody se postupně projeví i ve složení makrofytní vegetace (Hejný, 2000).

### 2.2.3 Eutrofizace jako celosvětový problém

Otázka eutrofizace není nikterak lokální a netýká se pouze střeoevropského regionu, jedná se o celosvětový problém. Eutrofizovány jsou téměř všechny velké evropské řeky – Seina, Dunaj či Labe (Marquws a Boavida, 1997). Od roku 1920 do roku 1970 se množství použitého fosforu na hnojení zdvojnásobilo. Účinnými zásahy bylo opět docíleno snížení přísunu fosforu na hodnoty z dvacátých let. Přesto je více než 14 000 z 90 000 švédských jezer eutrofních (Bernes, 2000). Prakticky ve všech mořích a oceánech jsou s eutrofizací rovněž problémy. Např. v karibské oblasti jsou vážně poškozována korálová společenstva (Mcclanahan a Muthiga, 1998).

### 2.2.4 Technické možnosti řešení eutrofizace

Eutrofizace povrchových vod je komplexní problém a jeho řešení není jednoduché. Dodatečně odstraňovat fosfor a jiné živiny z odpadních vod je sice nutné, ale je reálné pouze na velkých ČOV. U lokálních zdrojů znečištění s ním lze jen těžko počítat. Vedle systémů zvýšeného odstraňování fosforu z odpadních vod na ČOV jsou hledány i chemickofyzikální postupy. Mezi moderní patří užití polymerních iontoměničů (Zhao a Sengupta, 1998).

### 2.2.5 Způsoby snížení eutrofizace

Nejvíce se vyplatí předcházet vlastnímu znečištění dusíkem a fosforem. Jedním z kroků pro snížení ztrát dusíku při hnojení minerálními hnojivy je volba vhodného hnojiva. Nově vyvinutá tzv. HPL organominerální hnojiva se vyznačují vysokou přijatelností živin a tím i nízkými ztrátami vyplavením. Záleží také na způsobu používání hnojiv. Zónová aplikace hnojiv, např. pod patu při setí nebo radličkami do půdy při hnojení, je úspornější než aplikace plošná. Ve svažitém terénu je nezbytné používat protierozní opatření, např. orat kolmo na průběh svahu (Šafarčíková a Kouřil, 2006). Také je vhodné polohové rozmístění kultur, pásové pěstování plodin, ochranné zalesnění a zatravnění (Tlapák et al., 1992).

## 2.3 Ostřice štíhlá

### 2.3.1 Charakteristika ostřice štíhlé

Zařazení ostřice štíhlé (*Carex acuta*) do taxonomického systému dle Kubáta (2002):

- říše: rostliny (*Plantae*)
- podříše: cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
- oddělení: krytosemenné (*Magnoliophyta*)
- třída: jednoděložné (*Liliopsida*)
- řád: šáchorotvaré (*Cyperales*)
- čeleď: šáchorovité (*Cyperaceae*)
- rod: ostřice

Ostřice štíhlá (Obrázek 1) je vytrvalá 20-150 cm vysoká bylina. Základní demografickou jednotkou porostu jsou odnože, které vyrůstají z podzemních výhonů (oddenků). Listy jsou stejně dlouhé nebo delší než lodyhy, ploché, ale uvnitř se žlábkem, pochvy listů obvykle hnědé nebo načervenalé, neroztřepené a bez kýlu. Plevy jsou ostře kopinaté, černohnědé, měchýřky oboustranně vypouklé. Je rozšířená po celé Evropě a Asii. V České republice se vyskytuje od nížin až do podhůří. Co se týče nároků na stanoviště, řadíme ji mezi heliofyty, helofyty a hydrofyty. Je to K-stratég. Zakořeňuje do hloubky až 50 cm. V létě čerpá vodu ze spodní hladiny vody. Na jednom m<sup>2</sup> bylo zjištěno po vysemenění až 7 700 diaspor. Ty se šíří vodou. Z fytoecologického hlediska je dominantní složkou pobřežních porostů. Indikuje pobřeží stojatých vod s mírným poklesem hladiny a jarním zaplavováním. Snáší mírný stupeň synantropizace (ovlivnění blízkostí člověka). Produktivita nadzemní části činí 0,48-1,21 kg.m<sup>-2</sup> a podzemní částí 0,97-1,25 kg.m<sup>-2</sup>. V říčních systémech její porosty chrání břehy před erozí (Hejný, 2000).

Obrázek 1: *Carex acuta* (Pazdera, 2008)



<http://botanika.wendys.cz>

### 2.3.2 Charakteristika čeledi šáchorovitých rostlin

Šáchorovité (*Cyperaceae*) představují velmi rozsáhlou čeleď rostlin navzájem si dosti podobných. Jsou to převážně byliny vytrvalé, vzhledem dosti podobné trávám, často s plazivými oddenky. Rostliny mají bezkolénkatá, obvykle trojhranná stébla a čárkovitě celokrajné listy s uzavřenými pochvami, bez oušek a jazýčků, postavené ve třech řadách. Květenství je klasovité, hroznovité, strboulovité, kuželovité i latnaté. Drobné kvítky jsou v paždí pluch (plušky chybějí). Okvětí obvykle není vyvinuto nebo je nahrazeno několika štětinami. V oboupohlavním kvítku jsou nejčastěji 3 tyčinky a svrchní pestík se semeníkem a čnělkou, rozeklanou ve 2 až 3 ramena. Často se vyskytují i jednopohlavní květy. Plodem je nažka, často obalená srostlým listenem (nepravý měchýřek). Čeleď zahrnuje rody kamyšník, ostřice, skřípina, suchopýr (Hron, 1979). Rostliny jsou buď jednodomé, nebo dvoudomé (Gazda et al., 1976).

### 2.3.3 Vegetace vysokých ostřic

Vegetace vysokých ostřic je tvořena jednovrstevnými až dvouvrstevnými porosty s převahou vysokých ostřic. Trsnaté ostřice vytvářejí mohutné, kompaktní, až 1 m vysoké trsy neboli bulvy (např. *C. acuta*). Na volných místech mezi bulvy, v tzv. šlencích, rostou obvykle bažinné byliny vyššího vzrůstu, např. *Iris pseudacorus*, *Lysimachia thyrsoflora*, *Ranunculus lingua*. Na bultech ostřic, zvláště pokud jejich starší části odumírají, se mohou uchytit byliny menšího vzrůstu, např. *Galium palustre*. Naopak porosty s převahou výběžkatých netrsnatých ostřic, např. *C. vesicaria*, jsou homogennější. Jejich struktura je dána výškou a zápojem dominantní ostřice (Chytrý et al., 2000). Ostřice jsou rostliny jak hydrostabilní, tak i hydrolabilní. Průduchy hydrostabilních trav reagují velmi citlivě už na první známky záporné vodní bilance. Během dopoledne se proto postupně uzavírají, takže okolo poledne můžeme často pozorovat neostré snížení rychlosti transpirace. Se stárnutím listů, ztrácejí průduchy svou pohyblivost a trávy přestávají postupně ovládat svou vodní bilanci. Přestože půda je suchá, transpirují bez omezení, dokud jim neuschnou listy (Walter, 1988).

Ohrožení vegetace vysokých ostřic tkví v regulaci vodních toků a s ní spojenou absencí záplav, v odvodňování bažin, ničení mrtvých ramen, v aplikaci herbicidů a nadměrném kosení (Chytrý et al., 2000).



## 2.4 Průduchy

Potřebu selektivně diskriminovat látky, které jsou v kapalném prostředí vně těla rostliny a uvnitř by byly nežádoucí, vyřešily rostliny výstavbou selektivně permeabilní membrány. Před asi 450 miliony let, když začaly rostliny kolonizovat souš, stály opět před podobným problémem. Veliký deficit vodní páry v ovzduší a tedy obrovský gradient vodního potenciálu by vedl k rychlému vyschnutí a k smrti. Potlačit výdej vody před příjmem CO<sub>2</sub> vytvořením speciální membrány propustné pro CO<sub>2</sub> a nepropustné pro vodu bylo principiálně nemožné. Řešení se našlo v časové diskriminaci pomocí dvojic svěracích buněk (stomat neboli průduchů), rozmístěných cca na 1% povrchu listu a schopných rostlinu „izolovat“ od atmosféry v čase, kdy má nedostatek vody, a naopak umožňovat vstup CO<sub>2</sub> v době dostatku vody v těle. Zbývajících 99% plochy těla uzavírá a ochraňuje hydrofobní kutikula (Šantrůček, 1998).

### 2.4.1 Význam průduchů

Přímý styk rostliny s vnějším prostředím obstarávají především pletiva krycí společně se soustavou provzdušňovací (průduchy + lenticely + interceluláry). Obě soustavy pletiv chrání rostlinu před přehřátím a nadměrným ochlazením, před nadměrnou ztrátou vody a před mechanickým poškozením. Těmito pletivy zprostředkovávají různé vztahy mezi prostředím a rostlinou. Absorbují často z vnějšku živiny v podobě roztoků i plynů a regulují výměnu různých látek, zejména vody, kyslíku a CO<sub>2</sub> (Kincl, 1981).

### 2.4.2 Úloha průduchů při regulaci transpirace

Transpirační schopnost závisí v prvé řadě na morfologických a anatomických vlastnostech listů. Největší specifickou transpirační schopnost mají listy mokřadních rostlin. Transpirace a příjem CO<sub>2</sub> rostlinou jsou navzájem propojeny průduchy, jimiž difunduje jak vodní pára, tak CO<sub>2</sub>. Aby rostlina mohla přijímat CO<sub>2</sub>, musí současně ztrácet vodu, a když musí snížit ztrátu vody, snižuje se také příjem CO<sub>2</sub>. Když jsou průduchy otevřené, je příjem CO<sub>2</sub> omezován difúzními odpory uvnitř listu mnohem více než transpirace. Když jsou průduchy zavřené, příjem CO<sub>2</sub> zcela ustává, ale voda může dále unikat kutikulou. Nejvýhodnější kompromis mezi spotřebou vody a příjmem CO<sub>2</sub> představují částečně otevřené průduchy. To je zřejmé nejen ze závislosti obou procesů na světle, ale také z chování rostlin při postupném vysoušení. Na přirozeném stanovišti je výdej vody, nezbytný k získání CO<sub>2</sub> pro fotosyntézu, nejmenší v časných ranních hodinách, protože rychlost fotosyntézy se zrána zvyšuje rychleji než rychlost transpirace (Larcher, 1988).

Rychlost transpirace závisí na difúzní vodivosti listu. Ta závisí především na otevření a četnosti průduchů a na složení a tloušťce kutikuly na povrchu listu. Vodivost listu odráží míru adaptovanosti rostlin k danému prostředí. Je to vstupní údaj pro modely funkce průduchů, hospodaření s vodou a modely fotosyntézy listu a celých rostlin. Vodivost průduchů je mírou dostupnosti CO<sub>2</sub> pro biochemický a fotochemický aparát fotosyntézy. Fotosyntéza snižuje koncentraci CO<sub>2</sub> uvnitř listu tím, že tento plyn spotřebovává. Jsou-li průduchy zavřeny, je rychlost fotosyntézy limitována dostupností CO<sub>2</sub> a koncentrace CO<sub>2</sub> v intracelulárních prostorech je blízka koncentraci CO<sub>2</sub> v tzv. kompenzačním bodu. Vodivost průduchů tedy reguluje tok CO<sub>2</sub> právě podle jeho koncentrace uvnitř listu (Šantrůček, 1998).

Jednotlivé orgány rostlin se liší rychlostí, jíž ztrácejí skrze průduchy vodu. Stonky, stejně jako květy, vydávají mnohem méně vody než listy. Na vývoj listových povrchů velice působí podmínky, v nichž jednotlivé rostliny vyrůstají. Rostliny adaptované na suchý vzduch a půdu mají listy se silnější vrstvou kutikuly než rostliny, které se rozvíjely při vyšší vlhkosti prostředí. Ochranné působení kutikuly proti transpiraci je velice účinné. I u rostlin vlhkých stanovišť činí kutikulární transpirace méně než jednu třetinu hodnoty celkové transpirace (Larcher, 1988).

### 2.4.3 Četnost a rozmístění průduchů na listu

Na 1 mm<sup>2</sup> listové plochy může být 20 až 2 000 průduchů. U velké většiny rostlin, se kterými se setkáváme, bývá počet průduchů na 1 mm<sup>2</sup> v rozmezí od 30 do 350. Hustota průduchů je druhově specifická, ale v menším měřítku může kolísat i u jednoho druhu podle podmínek prostředí, ve kterém rostlina roste (Šantrůček, 1998).

### 2.4.4 Stomatální index

Hustota průduchů na listech je obvykle variabilní a ovlivněná environmentálními faktory, avšak korelace mezi počtem průduchů na jednotku plochy (S) a počtem pokožkových buněk (E) ve stejné plošné jednotce je často stálá. Stomatální index  $SI = 100 S / (E + S)$  ukazuje, že množství průduchů vytvořených v pokožce není vyšší na slunci než u zastíněných listů. Vyšší hustota průduchů rostlin rostoucích v suché půdě (ve srovnání s půdou vlhkou), a podobně i větší hustota průduchů u malých, spíše než u velkých listů, tkví především v rozdílech ve vzdálenosti průduchů a nikoli v rozdílech v množství vyvinutých průduchů na jeden list. Toto platí rovněž pro hustoty průduchů v rozdílných částech stejného listu. Na druhé straně, vysoká vlhkost podporuje redukci proporcí průduchů a vodní rostliny

mají nízký stomatární index. Stomatární index je ovlivněn hlavně vnitřními faktory (Tichá, 1985).

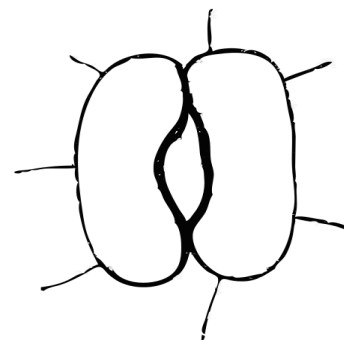
### 2.4.5 Anatomie a vývoj stomat

Průduchy se skládají ze dvou buněk svěracích (*cellulae claudentes*), mezi nimiž je tzv. průduchová štěrbinina. Svěrací buňky jsou obvykle v určitých částech ztlustlé, což podmiňuje mechanismus jejich funkce. Také plazmodezmy (kanálky ve stěně buněk) jsou u svěracích buněk nefunkční, což napomáhá udržovat nitrobuňčný tlak na požadované úrovni. Typickým rysem svěracích buněk je skutečnost, že obsahují chloroplasty, a proto mají zelenou barvu (Vinter, 2009).

Svěrací buňky průduchů při pohledu shora mají ledvinovitý tvar a obsahují množství chloroplastů. Vznikají rozdělením jedné buňky mateřské. U některých rostlin diferenciaci mateřské buňky průduchu předchází několik pravidelných dělení. Na přehrádce dělicí obě vzniklé svěrací (dceřiné) buňky se vytvářejí typické listovité ztlustněny, umožňující přímý styk rostlinných pletiv s vnějším prostředím. Jsou to dva ztlustlé pásy, oddělené tenčí partií blány. Tyto pásy vybíhají v lištny, tvořící na příčném řezu zobánky. Vlastní průduch se skládá ze dvou fazolovitých svěracích buněk, které mezi sebou uzavírají nebo otevírají průduchovou skulinu. Dýchací skulinu rozdělujeme na 3 části. Nejvíce zúžené místo je skulina centrální, širší část skuliny přední dvůrek a pod centrální skulinou je zadní dvůrek.

Velikost svěracích buněk průduchů je závislá na postavení listu na stonku. U spodních listů jsou svěrací buňky větší, avšak celkový počet průduchů na určité ploše listu je menší než u listů horních, kde je jich na stejné ploše mnohem více. Orientovány bývají nejčastěji souběžně se stonkem, tj. ve směru nejintenzivnějšího růstu (Kincl, 1981).

Svěrací buňky (Obrázek 2) jsou obvykle ledvinitého nebo piškotovitého tvaru, ale bylo popsáno množství odchylných druhů průduchů právě na základě jejich anatomie a mechanismu otevírání a zavírání. U průduchu typu *Amaryllis* jsou svěrací buňky ledvinité a nestejně ztlustlé. Vnitřní stěny (obráčené do štěrbině) jsou totiž vyztužené dvěma podélnými lištami, naopak strana hřbetní (odvrácená od štěrbině) je pružná. Když klesne turgor, buňky se napřimují a štěrbinina se uzavírá. Jedná se o průduch typický pro jednoděložné rostliny, méně často je i u dvouděložných (Anonymus 3, 2010).



Obrázek 2: Průduch typ *Amaryllis* (Anonymus 3, 2010)

### 2.4.6 Fyziologický mechanismus pohybu průduchů

Otevírání a zavírání průduchů je způsobeno rozdílem turgoru svěřacích a přilehlých pokožkových buněk (buňky podpůrné). Jestliže začne turgor svěřacích buněk převyšovat turgor buněk podpůrných, průduchy se otevírají. Pokud tlak není větší, zůstávají zavřeny. Zvyšování turgoru je osmoregulační proces spojený s aktivním transportem  $K^+$  z přilehlých buněk do buněk svěřacích. Transport iontovými pumpami vyžaduje zásobování energií (ATP) a je ovlivňován vnitřními činiteli (fytohormony). Působením těchto faktorů se pohotovost průduchů k otevírání a zavírání mění v průběhu dne a v různých stádiích aktivity, vývoje, stresu a adaptace (Larcher, 1988).

### 2.4.7 Řízení pohybu průduchů

Ačkoli průduchy reagují na mnoho vlivů, jejich pohyb se zdá být řízen hlavně dvěma ovládacími okruhy, z nichž jeden je spojen s  $CO_2$  a druhý s  $H_2O$ . Ovládací okruh  $CO_2$  je řízen parciálním tlakem  $CO_2$  v mezibuněčném prostoru. Jeho vliv je patrný za tmy, kdy se epidermis dostává do styku se vzduchem o různé koncentraci  $CO_2$ . Otevírání průduchů na světle je způsobeno hlavně spotřebou  $CO_2$ . Ovládací okruh  $H_2O$  vstupuje do hry při nedostatku vody. V listech se tvoří kyselina abscisová, která blokuje osmoregulaci svěřacích buněk. Tím se postupně snižuje stupeň otevírání průduchů, takže když začne hrozit vážný nedostatek vody, zůstávají průduchy zavřené a nepůsobí na ně další vnější faktory (Larcher, 1988).

### 2.4.8 Faktory ovlivňující šířku štěrbin

Stupeň otevření průduchů a tedy i jejich difúzní odpor, se může měnit podle změn v prostředí a uvnitř rostliny. Vodní potenciál rostliny je základním faktorem, na kterém jsou založeny všechny regulace šířky štěrbin. Průduchy mohou být plně otevřeny, jen když je turgorový potenciál vysoký. Pokud klesne pod určitý práh následkem nedostatku vody, přestanou účinkovat všechny ostatní faktory, které podporují otvírání. V závislosti na druhu rostliny a jejích strukturních zvláštnotech, věku, inerci a stanovištním přizpůsobení jejích listů, existují proto mezní hodnoty vodního potenciálu pro počátek uzavírání a úplné uzavření průduchů. Nízká vzdušná vlhkost je příčinou zavírání průduchů u mnoha druhů, zvláště když začíná klesat vodní potenciál. Proudění vzduchu způsobuje strmější gradient tlaku vodní páry v blízkosti listového povrchu, takže přímý vliv vlhkosti na otevření štěrbin je silný zejména při větru.

Na světle, pokud je dostatek vody, se průduchy otevírají tím více, čím větší je intenzita osvětlení. Za tmy jsou štěrbiny úzké, ale nemusí být nezbytně uzavřené.

Teplota působí v první řadě na rychlost otevírání průduchů, která je závislá na energii dostupné pro pohybový mechanismus (transport iontů). Stupeň otevírání je na teplotě závislý nepřímo prostřednictvím účinků na fotosyntézu (ovládací okruh CO<sub>2</sub>) a na transpiraci (ovládací okruh H<sub>2</sub>O). Při nízkých teplotách (okolo + 5 až 0°C) se průduchy otevírají pomalu a neúplně. Mezi - 5 a 0 ° C transport průduchy ustává. Vysoká teplota viditelně narušuje regulační procesy u některých druhů, takže se průduchy otevírají více než předtím. Pokud může být ztráta vody dostatečně rychle nahrazována, je výsledkem vysoká rychlost transpirace a odpovídající ochlazování (Larcher, 1988).

Společné působení vnějších faktorů obvykle vede ke střednímu otevření průduchových štěrbin. Průduchy bývají úplně otevřeny jen zřídka a krátce, protože je neobvyklé, aby všechny podmínky, které podporují jejich otevírání, nastaly současně. Ze všech vnitřních faktorů jsou nejvýznamnější fytohormony. Prostřednictvím kyseliny abscisové, cytokininů a giberelinů může být regulační systém průduchů přizpůsoben procesům růstu a vývoje a sezónnímu rytmu aktivity rostliny. Chování průduchů se mění s věkem a vývojovým stadiem rostliny. U mnoha rostlin, které zůstávají zelené po celou zimu, klesá pohotovost průduchů k otevírání na minimum během zimního klidu, když je hladina kyseliny abscisové vysoká (Larcher, 1988).

#### **2.4.9 Rozmístění stomat na epidermis listu ostřice**

Podle rozdělení průduchů na listu můžeme listy rozlišit na amfistomatické (s rovnoměrně rozloženými průduchy na spodní a svrchní straně listu), hypostomatické (průduchy hlavně na spodní straně listu) a epistomatické (průduchy převažují na svrchní straně) (Tichá, 1985). Nakamatte a Lye (2010) uvádějí, že tři druhy ostřic jsou epistomatické (*Carex nigra* var. *nigra*, *C.nigra* var. *juncea* a *C. subspathacea*), sedm druhů ostřic je hypostomatických (*C. acuta*, *C. bigelowii* ssp. *bigelowii*, *C. bigelowii* ssp. *rigida*, *C. cespitosa*, *C. elata*, *C. lyngbyei* a *C. paleacea*) a pět druhů je amfistomatických (*C. aquatilis*, *C. ×halophila*, *C. rufina*, *C. stans* a *C. trinervis*).

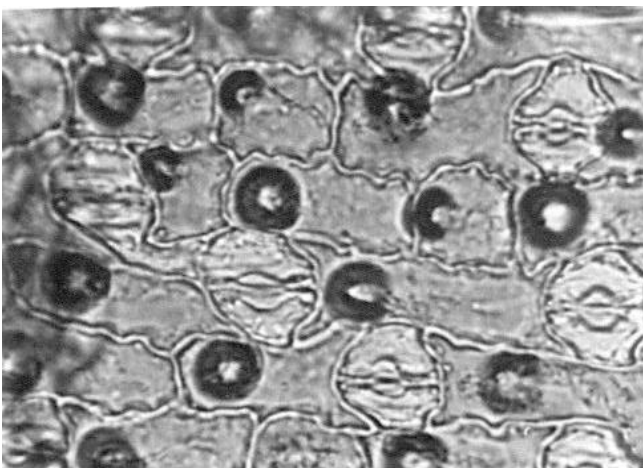
## 2.5 Vliv vnitřních a vnějších faktorů na anatomickou a morfológickou stavbu listu rostlin

### 2.5.1 Vnitřní faktory

#### 2.5.1.1 Stavba listu ostřice - genotyp

Listy, hlavní místa fotosyntetické asimilace CO<sub>2</sub>, jsou morfológicky a anatomicky velmi rozmanité. Jednoděložné rostliny, do kterých se řadí i čeled' šáchorovité, mají žilnatinu rovnoběžnou či souběžnou. Listová čepel je oboustranně souměrná. Na příčném řezu bývá dorzoventrální, to znamená, že je rozlišena na stranu spodní (adaxiální, ventrální) a stranu svrchní (abaxiální, dorzální). Dorzoventrální stavba se neprojevuje pouze v anatomické stavbě, ale i v různém zbarvení spodní a svrchní strany listu. Svrchní strana má více chloroplastů, a proto je sytě zelená. Spodní jich má méně a k tomu obsahuje velké množství intercelulár. Proto má zpravidla světle zelenou barvu.

Na povrchu je čepel kryta pokožkou neboli epidermis (Obrázek 3), která zprostředkuje styk listu s vnějším prostředím a chrání jej před přílišným vypařováním vody, zahříváním i ochlazováním. Pokožku tvoří těsně k sobě přiléhající parenchymatické buňky bez chloroplastů, opatřené na horní straně listu silnější kutikulou. S průduchy se setkáváme nejčastěji na spodní straně listu. Mezi svrchní a spodní pokožkou se nachází pletivo listu se svazky cévními, tzv. mezofyl. Bývá rozlišen na palisádový parenchym blíže svrchní strany a na houbový parenchym při spodní straně listu. Houbový parenchym vedle odvádění asimilátů odpařuje do mezibuněčných prostor vodní páru, která je průduchy uvolňována do ovzduší. Buňky houbového parenchymu se podílejí i na výměně plynů mezi buňkami vnitřních pletiv a ovzduším (Kincl, 1981).



**Obrázek 3: Mikrofotografie (x600) epidermis listu ostřice štíhlé s dobře patrnými průduchy (Stovea et. al., 2005)**

### 2.5.1.2 Inzerce listů

Listy se zakládají v bazální části vegetačního vrcholu. Na stonku jsou postaveny tak, aby co nejlépe využívaly světlo. Toto rozmístění (rozdělení) listů na stonku nazýváme listovou mozaikou. Ostřice má střídavé postavení listů. Znamená to, že z každého uzlu stonku jí vyrůstá pouze jediný list. Sledujeme-li jednotlivé listy výše postavené na stonku, zjišťujeme, že jsou postaveny v genetické spirále (Kincl, 1981).

### 2.5.1.3 Stárnutí listů

Se stárnutím listů ztrácejí průduchy svou pohyblivost a mnohé rostliny včetně trav přestávají postupně ovládat svou vodní bilanci. Přestože půda je suchá, transpirují rostliny bez omezení, dokud jim neuschnou listy. Dalším procesem, jehož rychlost se mění s věkem rostlinné části, je dýchání. Mladší rostliny dýchají rychleji než starší. U mladých, dosud rostoucích částí rostlin je dýchání zvláště výrazné. Rychlost růstového dýchání je úměrná rychlosti růstu. S pokračující diferenciací a dospíváním tkání se respirační aktivita vrací na mnohem nižší úroveň. Začátek funkčních poruch při stárnutí listů může být předznamenán přechodným ostrým zvýšením dýchání. Toto zvýšení je známkou změn v metabolismu, které jsou mimo jiné pozorovatelné na odbarvování listoví (Larcher, 1988).

Podle Krpeše (2010) jsou nejdůležitější obecné projevy stárnutí listů následující:

- Zaniká fotoperiodická citlivost.
- Nastupuje stupňovitý rozpad chlorofylu.
- Zmenšuje se intenzita a výkon fotosyntézy.
- Nastupuje malá intenzita respirace.
- Stoupá obtížnost transportu asimilátů, hormonů, vody i minerálních solí.
- Tvoří se menší množství stimulatorů růstu a zvětšuje se obsah inhibičních látek.
- Zmenšuje se propustnost buněčných blan pro ionty a další substance.
- Nastupuje stupňovitá dezintegrace procesů metabolismu a změna struktury v pletivech a v buňkách (nastává stupňovitý rozklad tonoplastu).

## 2.5.2 Vnější faktory

### 2.5.2.1 Vliv nedostatku kyslíku

Morfologická adaptace na prostředí chudé kyslíkem spočívá ve vývoji pletiv (aerenchymů) se systémem prostorových mezibuněčných kanálů, kterými kyslík

snáze difunduje z listů do stonků a kořenů. U bahenních rostlin činí objem mezibuněčných prostor až 60 % kořenového parenchymu, zatímco u rostlin na dobře provzdušněné půdě je to méně než 10% (Larcher, 1988).

### 2.5.2.2 Vliv nedostatku vlhkosti

Zvýšení difúzního odporu nadzemních částí proti výdeji vodní páry dosahují rostliny včasným uzavíráním průduchů a účinnou kutikulární ochranou proti transpiraci. Regulační adaptací k suchu je zvýšení hladiny koncentrace kyseliny abscisové v pletivech. Tím se zvyšuje pohotovost průduchů k uzavírání. Strukturní adaptací jsou menší, ale hustěji uspořádané průduchy na listech, které se vyvíjejí při nedostatku vody. Takové listy snižují transpiraci rychleji, protože malé průduchy reagují citlivěji. Navíc je jejich epidermis méně propustná pro vodu díky silnějším vrstvám kutikuly.

Zmenšení transpiračního povrchu dosahují rostliny rychle a vratně skládáním a svinováním listů. Tento mechanismus je velmi rozšířen u trav a ostřic. Např. u kavylu (*Stipa tenacissima*) se svinutím listů snižuje transpirace na 40 % hodnoty při rozvinutých listech. Protože se rychlost výdeje vody zvyšuje s velikostí transpirující plochy, vede zmenšení plochy listu k lepšímu uchování vody. Listy, vyvíjející se při nedostatečném zásobování vodou, jsou zpravidla drobnější, případně mělce dělené a mají menší specifickou listovou plochu. Účinnost vedení vody se zvyšuje zvětšováním vodivé plochy cévních svazků. To znamená hustší žilnatinu v listech. Cévnaté rostliny chrání před ztrátami výparem kutikula. Kutikula zabraňuje vstupu vody, když je povrch rostlin vlhký. Při nedostatku vody a nedostatečném zásobování živinami postrádá rostlina suroviny pro vytvoření rozsáhlého systému listoví a hodnota LAI zůstává nízká.

Nejsou-li po několik dnů nebo týdnů srážky, vyčerpávají se zásoby vody v půdě a vodní bilance rostlin se postupně zhoršuje. Za takové situace snižují rostliny humidních oblastí svoji spotřebu vody tím, že otevírají průduchy méně a na kratší dobu. Při dalším vysychání se snižuje hydratace protoplazmy a tím i fotosyntetická kapacita. Příjem CO<sub>2</sub> dosahuje normálních rychlostí jen v úzkém rozsahu dostatečného zásobování vodou, mimo něj začíná klesat a nakonec se zcela zastaví. První kritický bod odpovídá takovému nedostatku vody, při kterém se průduchy začínají zavírat. Pokud po dosažení prvního kritického bodu rostlina opět získá vodu, nastává rychlá obnova výměny CO<sub>2</sub>. Druhý kritický bod odpovídá stavu, kdy jsou průduchy úplně uzavřeny a projevuje se i přímý účinek nedostatku vody na protoplazmu. Příjem CO<sub>2</sub> z vnějšku už neprobíhá, ale CO<sub>2</sub> uvolněný při dýchání může být znovu vázán. Po dosažení tohoto stavu už obnovení přísunu vody nevede



k okamžité obnově fotosyntézy. Obnova se opoždí a za určitých podmínek se už nemůže po silném vyschnutí původní fotosyntetická kapacita obnovit. Schopnost snášet vysušení je dána druhově specifickou a adaptabilní schopností protoplazmy snášet velkou ztrátu vody. Nedostatek vody vyvolává postupnou ztrátu turgoru protoplazmy a zvýšení koncentrace buněčné šťávy. Výsledkem změn vyvolaných nedostatkem vody je nejdříve narušování buněčných funkcí. Pak se objevují poruchy životních funkcí rostlin a nakonec jsou poškozeny protoplazmatické struktury. Ve vegetačním období jsou buňky k vysušení zvláště citlivé. V období klidu jsou poněkud odolnější (Larcher, 1988).

### 2.5.2.3 Vliv výživy NPK

Živiny jsou využívány k výstavbě vlastního těla a k životním procesům. Některé mají úlohu stavební, jiné funkční, popřípadě i obojí. Stavební a funkční význam dusíku spočívá v tom, že je součástí aminokyselin, bílkovin i enzymů a koenzymů, chlorofylu, alkaloidů, nukleových kyselin. Podporuje růst výhonků a tvorbu zelené listové hmoty. Nedostatek dusíku způsobuje to, že listy jsou malé a žluté. Fosfor zvyšuje odolnost proti nízkým teplotám. Podporuje vývin kořenového systému a tím lepší zásobování rostlin ostatními živinami a vláhou. Nedostatek fosforu způsobuje nahnědlé zbarvení částí listů a předčasné opadávání. Draslík je nezbytný pro biochemické procesy. Zvyšuje obsah cukru, škrobu a celulózy. Mimo to zvyšuje odolnost rostlin proti napadení chorobami (Linhart, 2004).

Nedostatek minerálních živin stejně jako změny ve vzájemném poměru přijímaných prvků mohou měnit obsah chlorofylu a počet, velikost či ultrastrukturu chloroplastů. Při nedostatku dusíku vznikají chlorózy, které způsobují pokles příjmu CO<sub>2</sub> na méně než 1/3. Také se vyvíjejí malé listy s méně pohyblivými průduchy (Larcher, 1988). Nedostatek dusíku od samého začátku vegetace má za následek omezení tvorby stavebních i funkčních bílkovin, což se projeví zabrzděním růstu všech orgánů. Listy sice zachovávají svůj charakteristický tvar, ale jsou menší až zakrnělé, stébla a stonky jsou slabé. Rostliny s porušenou výživou dusíkem od samého začátku vegetace proto dříve kvetou a rychleji dozrávají. Prvním nápadným projevem je žloutnutí starších (spodních) listů (Bair, 1988). Nadbytek dusíku způsobuje nadměrné dýchání, a tak snižuje výtěžek fotosyntézy (Larcher, 1988). Nadměrně se vyvíjejí především vegetativní orgány. Snižuje se pevnost mechanických pletiv v důsledku rozvoje parenchymatických na úkor sklerenchymatických buněk. Nedostatečná tvorba cukrů má za následek i zvýšenou citlivost k poškození nízkými teplotami a mrazem. Na listech se vytvářejí hnědavé nekrózy s bělavým nádechem.

Na rozdíl od dusíku dokáže rostlina regulovat nedostatek fosforu tím, že jej uvolňuje z organických rezerv. Proto se nedostatečný příjem fosforu neobjevuje okamžitě. Nadbytečný přísun fosforu vede k výskytu nekrotických na listech, jejich postupnému odumírání, k předčasné zralosti rostlin, a tím k výnosovým redukcím.

Při nedostatku příjmu draslíku dochází k omezení rozvoje kořenů, poruchám vodního režimu, omezením transportu glycidů a narušením syntézy bílkovin. Rostliny trpící nedostatečným příjmem draslíku jsou charakteristicky zavadlé. Kořenový systém je nedostatečně vyvinutý a na starších listech se vyskytují nekrotické (Bair, 1988).

#### 2.5.2.4 Vliv ozáření

Záření je pro rostlinu zdrojem energie a stimulem vývoje, ale může způsobit i poškození rostliny. Některé rostliny se brání poškození přílišným světlením tím, že natáčejí listy nebo chloroplasty v buňkách hranou k záření (fototaxe) nebo vytvářejí povrchy s vysokou odrazivostí (např. s pokryvem chlupů), resp. povrchy, které propouštějí málo záření (korek). Rostliny adaptované ke stínu, vytvářejí velké listové povrchy a mají vysokou koncentraci chlorofylu a přídatných pigmentů v chloroplastech. Rostliny vystavené vyšším intenzitám záření vytvářejí účinný systém pro vedení vody ve stoncích. Jejich listy mají několik vrstev mezofylu a buňky mají četné chloroplasty. Suchozemské rostliny také dokážou kompenzovat rozdíly v kvalitě dopadajícího záření změnami v množství svých pigmentů. Je to z ekologického hlediska výhodné.

Produkce je tím vyšší, čím vyšší je rychlost asimilace  $\text{CO}_2$  rostlin, tvořících porost, čím dokonaleji rozsáhlý systém asimilačních povrchů rostlin (pokryvnost listová LAI) přijímá dopadající světlo a čím delší je doba, po kterou mohou rostliny udržet kladnou bilanci výměny plynů (délka vegetační doby). Pokud je hustota listová menší, světlo je plně dostupné všem jednotlivým rostlinám a zvyšuje se růst jednotlivých rostlin. Celková produkce v otevřených porostech je menší než v porostech uzavřených.

Ozářenost jednotlivých listů by mohla vést k mylnému závěru, že rostliny mají světla nadbytek. Ale pro celé rostliny a pro porosty tomu tak není. Je pravda, že jednotlivé listy jsou často na rostlině uspořádány tak, aby co nejlépe zachycovaly nejsilnější průměrné světlo, ale ve skutečnosti je orientace listu jen zřídka kolmá k přímému slunečnímu záření. V průběhu dne dopadá na listy rostliny záření v mnoha různých úhlech a tak jsou listy jen zřídka vystaveny plnému slunečnímu ozáření. Mimoto si listy navzájem stíní (Larcher, 1988).

### 2.5.2.5 Vliv teploty

Při teplotách nad 40°C vznikají v rostlinných pletivech jedovaté látky typu toxinu a při teplotách kolem 50°C dochází ke koagulaci proteinů, k porušení proteinelipidního komplexu. Čím delší dobu působí vysoká teplota, tím škodlivější je její účinek. Odolnost pletiv proti zvýšeným teplotám je nepřímo závislá na obsahu vody. Proto jsou pletiva s vysokým obsahem vody chráněna pletivy s nízkou tepelnou vodivostí (korek, kura, borka). Odolnost proti mrazu zvyšuje dostatečný přísun draslíku. Ionty K<sup>+</sup> napomáhají bobtnání bílkovin v buňkách, tím brání podstatným a trvalým změnám ve vlastnostech nativních bílkovin (denaturaci) a umožňují větší odolnost proti mrazu.

Nadměrně vysoká teplota oproti nadměrně nízké teplotě může způsobit poškození struktur, doprovázené narušením metabolismu, oslabováním růstu a životnosti rostlin. Je příčinou odumírání buněk, orgánů a celého jedince. Při termotropní změně lipidové fáze dochází k degradaci lipidů na mastné kyseliny fosfolipidů na galaktolipidy, tvoří se zbytky nenasycených mastných kyselin.

Únik před přehříváním představují různá anatomicko-morfologická přizpůsobení jako je hustota průduchů, organizace transpirace při deficitu vody apod. Rostliny rostoucí trvale za vysokých teplot předcházejí přehřívání listu prostřednictvím zmenšení absorpce slunečního záření díky velmi hustým termoizolačním krycím chlupům na povrchu listu. Na povrchu kutikuly vytvořený vosk odráží světlo. Listová čepel takových rostlin se často odvrací od světla, (paraheliotropismus). Snížení tepla provádějí také malé rozměry listových čepelí, to umožňuje rychlejší vydávání tepla do atmosféry.

Proces přizpůsobení zvýšeným teplotám probíhá velmi rychle. Rostlina reaguje v průběhu několika hodin expozice na působení teploty vyvolávající stresovou reakci nižší než letální. V čase aklimatizace rostlin dochází k přestavbě buněčných membrán a k zvětšení podílu nasycených mastných kyselin

Rychlost působení chladu a hraniční meze poškození záleží na velikosti teploty a čase jejího působení a rychlosti ochlazování. Speciálně je velmi škodlivý náhlý pokles teploty (termický šok). Čím nižší je teplota a délka působení, tím je hranice poškození větší. Citlivost různých fyziologických procesů a funkce buněčných struktur na nízkou teplotu je rozmanitá. Nejrychleji se narušuje proces fotosyntézy a tím fungování thylakoidů v chloroplastech, zastavuje se krouživý pohyb fytoplazmy (Krpeš, 2010).

### 2.5.3 Vliv inzerce, vlhkosti, ozáření a teploty na průduchy

Zákonitosti v hustotě průduchů na listové čepeli se liší u listů rozdílné inzerce. U listů ječmene hustota průduchů roste na obou listových površích od báze k vrcholu listové čepele ve spodních listech, kdežto u svrchních listů jsou maximální hodnoty ve střední části nebo na bázi listu. Na druhé straně svrchní, střední i spodní listy *Vaccinium macrocarpon* (kanadská brusinka) mají stejný gradient v hustotě průduchů na spodní straně listu.

Vlhkost ve vnějším i vnitřním prostředí listů ovlivňuje povahu vlivu inzerce na gradient hustoty průduchů a velikosti. Sušší podmínky nebo kultivace mají za následek obvykle postupně vyšší hustotu průduchů. Na druhé straně, při vlhčím prostředí jsou menší rozdíly mezi postupnými listy.

Vyšší ozáření může způsobit strmější vliv inzerce na gradient hustoty průduchů. Na listech rajčete se vysoké ozáření projevilo tím, že listy byly amfistomatické, s přibližně třikrát více průduchy na spodní straně. Listy pěstované za nízkého ozáření byly, naproti tomu, hypostomatické. Měly mírně nižší hustotu průduchů na spodní straně. Listy druhů *Circea*, *Scilla*, *Ficaria* a *Lepidium* za světla a za tmy nebo na slunci a ve stínu, ale za podobné vlhkosti, vykazovaly nepodstatné rozdíly v hustotě průduchů.

Pšenice pěstovaná při 10, 18 a 27 °C v růstovém boxu vykazovala změny v hustotě průduchů v postupně zakládáných listech, ale charakter vlivu inzerce na gradientu zůstal podobný. S výjimkou nízké hustoty průduchů svrchních listů při 27 °C. Kombinace teploty a vzdušné vlhkosti (chladnější a více vlhké „jarní“ podmínky, teplejší a sušší „letní“ podmínky) vykazovala podobné výsledky. Nicméně v teplejších a sušších podmínkách byl vliv inzerce na gradient strmější a maximálního počtu průduchů na list bylo dosaženo poněkud dříve (Tichá, 1985).

### 3. Studované lokality

Studované lokality (Obrázek 4) jsou součástí CHKO Třeboňsko, které je připisován mimořádný přírodovědný význam. CHKO Třeboňsko je oproti ostatním velkoplošným chráněným územím ČR oblastí od středověku intenzivně přetvářenu. Dnes se nachází ve stadiu druhotné biologické rovnováhy. Západní část CHKO je od roku 1982 součástí Chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV). Na území CHKO jsou mokřady Třeboňské rybníky a Třeboňská rašeliniště chráněné Ramsarskou úmluvou. Některá území, jako tzv. oblasti ochrany ptactva, jsou součástí evropského systému ochrany přírody Natura 2000 (Němeček, 2007).

Studované lokality, nacházející se v Třeboňské pánvi, jsou loukami dlouhodobě zamokřenými nebo zaplavovanými vodou. Lze je proto zařadit mezi mokřady typu „wet meadows“ (mokré louky). Jejich hydromorfní půdy jsou pod stálým vlivem vysoké hladiny z přilehlé nádrže nebo toku a nelze je z důvodů hydrologických již dále odvodňovat. Na těchto mokřadech se nedaří intenzivní rostlinné nebo živočišné výrobě a někdy se v souvislosti s nimi mluví o „neplodných půdách“. Nedostatečně bývá oceňována jejich funkce jako genové banky. Stejně tak bývá nedoceňován jejich význam pro retenci vod a filtraci splachů a jejich vliv na stabilitu a diverzitu krajinného systému (Jeník a Květ, 1983).

Obrázek 4: Mapa lokality s vyznačenými (Z) a (H) loukami (Leskovcová, 2009)



### 3.1 Přírodní rezervace Záblatské louky a Hamr

V biosférické rezervaci Třeboňsko (TBBR) byly Záblatské louky (Z) a Hamr (H) vybrány jako ekosystémy, ve kterých se sleduje efekt eutrofizace. V tabulce 1 jsou podrobněji popsány vybrané charakteristiky obou lokalit. Tato dvě místa jsou charakteristická pro dva hlavní druhy mokřých luk. První lokalita (Z) se nachází na rašelinné půdě. Zatímco druhý typ mokřé louky, umístěný blízko vesnice Hamr (H), je na aluviálním substrátu naplavenin písku. Nadmořská výška lokality Záblatských luk je 426 m n. m. a pro lokalitu Hamerských luk je 415 m n.m. Záblatské louky jsou okrajový (marginální) mokřad umístěný v záplavové oblasti velkého rybníka. Vzhledem k tomu, že hladina vody v rybníku je udržována v úzkém rozsahu po celý rok, také hladina vody v přilehlém mokřadu Záblatské louky je obvykle stabilní. Místo podléhá relativně dlouhodobému zaplavení v době, kdy hladina vody v přiléhajícím Záblatském rybníku je zvýšená.

Hamerské louky jsou umístěny v záplavové oblasti v nivě řeky Nežárky a hladina vody je zde stejná jako v odvodňovacích kanálech spojených s řekou. Z toho důvodu je zde hladina vody více proměnlivá než na lokalitě Záblatské louky. Nicméně průměrná hladina vody na Hamerských loukách je nižší než na Záblatských loukách. Fytocenologický snímek provedený v roce 2007 ukázal, že Záblatské louky je ostřicová louka s převládajícím druhem ostřice měchýřkaté (*Carex vesicaria*) a ostřice štíhlé (*Carex acuta*). Zblochan vodní (*Glyceria maxima*) a ostřice štíhlá jsou dominantní na lokalitě Hamr. Půdy v obou studovaných místech jsou klasifikovány jako naplaveniny (Píček et al., 2008).

**Tabulka 1: Vybrané charakteristiky studovaných lokalit** (Burianová, 2008)

| Charakteristika                     | Hamr   | Záblatské louky                              |
|-------------------------------------|--|--|
| Nadm. výška [m n.m.]                | 415  | 426  |
| Zeměpisná šířka [severní]           | 49°09´                                       | 49°06´                                       |
| Zeměpisná délka [východní]          | 14°46´                                       | 14°39´                                       |
| Obsah celkového C [%]               | 9,93 ± 1,65                                  | 22,41 ± 2,25                                 |
| Obsah celkového N [%]               | 0,67 ± 0,1                                   | 1,20 ± 0,09                                  |
| Poměr C:N                           | 14,6   | 18,66  |
| Obsah jílových částic [%]           | 12,5   | 22,5   |
| Kategorie půd podle trofie          | mezotrofní                                   | mezotrofní                                   |
| Kategorie půd podle SOM             | minerální                                    | organická                                    |
| Dominantní druh vegetačního pokryvu | <i>Glyceria maxima</i><br><i>Carex acuta</i> | <i>Carex vesicaria</i><br><i>Carex acuta</i> |
| Management lokality                 | kosená                                       | kosená                                       |

## 4. Metodika

### 4.1 Praktické použití světelné mikroskopie

Mikroskop je základní přístroj, který využíváme ve světelné mikroskopii. Je to složené optické zařízení skládající se z těchto částí:

- ze zdroje světla
- posuvného reostatu, který reguluje světelný tok vycházející ze žárovky
- kondenzoru, který soustřeďuje proud paprsků
- clony, která upravuje jejich množství
- stolku, na nějž upevňujeme řez umístěný na podložním sklíčku do speciální svorky
- objektivu, který zvětšuje obraz řezu a promítá ho směrem k okuláru
- a ze samotného okuláru, který obraz ještě více zvětšuje a jímž obraz pozorujeme (Smíšek, 2009)

K mikroskopování potřebujeme nejen laboratorní přístroj, jako je mikroskop, ale také laboratorní nástroje ( pinzeta, skalpel, kapátko), laboratorní sklo a preparáty. Pro pozorování ve světelném mikroskopu používáme nativní nebo fixované preparáty. Nativní preparáty zhotovujeme z živého materiálu. Díky tomu máme možnost sledovat nezměněné struktury a životní projevy preparátu. Fixované preparáty jsou zhotoveny z usmrceného materiálu, který je dále upravován řezáním a barvením. Podle trvanlivosti mikropreparátu rozlišujeme dále preparáty dočasné a trvalé. Dočasný preparát je takový, který zhotovíme poměrně v krátkém čase. Prozkoumáme ho, popíšeme, a pak ho zrušíme. Uzavíracím prostředím je především voda a glycerol. Trvalý preparát vydrží desítky let a můžeme jej archivovat.

Pro zhotovování jednotlivých preparátů se řídíme několika vžitými pravidly mikroskopování. Používáme jen dokonale čistá mikroskopická skla. Pozorované objekty ukládáme na podložní skla doprostřed a přikrýváme je krycími skly. Řezy zhotovujeme co nejtenčí. Snažíme se také omezit přítomnost vzduchových bublin při výrobě preparátu tím, že krycí sklíčko přikládáme na jednu hranu k vodní kapce preparátu, a pak je pomalu pokládáme. Preparáty pozorujeme buď suchým, nebo imerzním optickým systémem. U suchého optického systému jsme limitováni dosažitelným zvětšením na 60- 450x. Při použití imerzního optického systému na fixovaný a obarvený nátěr suspenze kápneme kapku kvalitního oleje a speciální imerzní objektiv se do něj ponoří. Zvětšení je 1050 násobné a vyšší.

Samotné mikroskopování se provádí tak, že mikroskop, který nemá zabudovaný světelný zdroj, umístíme na dobře osvětlené místo nebo proti

světelnému zdroji, jímž osvětlíme zrcátko. (Moderní mikroskopy již mají zabudovaný interní světelný zdroj.) Měníčem objektivu pak nastavíme zvětšení. Na křížový stolek umístíme preparát, který upevníme pružinami. Otáčením makrometrického šroubu posuneme tubus tak, aby objektiv byl těsně nad krycím sklem. Okulárem pozorujeme preparát a makrometrickým šroubem oddalujeme preparát od objektivu, až se obraz zaostří. Doostříme pak mikrometrickým šroubem. Pohybem stolku s preparátem vyhledáme nejvhodnější místo na pozorování. Otáčením revolverovým nosičem zařadíme více zvětšující objektiv a doostříme mikrometrickým šroubem. Pozorovaný preparát nebo jeho část pečlivě zakreslíme, popíšeme a zaznamenáme zvětšení (Jurčák, 2001).

Při sledování mikroskopických struktur je nejjednodušší a nejnázornější vyjádřit výsledky kresbou. Kresby si označíme a uschováme, abychom se k nim mohli později vracet a srovnávat jiné objekty a struktury s těmi, které jsme pozorovali dříve. Nikdy netečujeme, nečárkujeme a nevybarvujeme barevnými tužkami. Při kreslení mikroskopických struktur potřebujeme jen obyčejnou tužku a čistý, nelinkovaný papír. Při kreslení mikroskopických struktur zobrazujeme reálně to co vidíme. Do kresby nevnášíme osobité pojetí nebo osobitý styl. Nikdy nekreslíme obraz okamžitě, jak jsme ho našli v mikroskopu. Nejdříve ho prostudujeme. Teprve když dobře rozlišíme struktury a pochopíme jejich význam, začneme je jednoduše zakreslovat na papír asi tak, jako bychom obtahovali jejich obrysy. Naše kresba musí být přesná. Nejdůležitější je zachovat poměry délek k šířce. Jsou-li všechny buňky víceméně stejné, stačí nakreslit jednu nebo několik z nich. Tím máme vyjádřenou představu jak o stavbě buňky, tak o jejím zapojení mezi ostatními buňkami. Při kreslení zobrazujeme jen ty struktury, které sledujeme, kdežto ostatní nekreslíme. Tím je kresba jako zobrazující prostředek názornější než mikrofotografie, která naopak zobrazí vše. Třeba i to, co sledované struktury zastírají (Pazourek, 1978).

#### **4.1.1 Kvantitativní anatomické studium listové epidermis - mikroreliefová metoda**

Rostlina je schopna citlivě zachytit změny ekologických podmínek především na pokožce listu. Proto jsou pokožky listů častým a významným objektem kvantitativních anatomických studií. Po sběru listu je nutné materiál pečlivě a jednoznačně označit. Označení zahrnuje rostlinný druh, číslo vzorku, lokalitu a datum. Nesmí dojít k záměně. Nejlépe se osvědčil proužek papíru s označením tužkou přiložený k objektu. Mikroreliefové preparáty se používají ke studiu povrchů, především pro studium listové pokožky. Povrch není obvykle ideálně rovný, ale tvoří



mikrorelief, který je možné odlít do vhodné hmoty. Ke zhotovení mikroreliefu se používají různé hmoty. Dobře vyhovuje a nejdostupnější je bezbarvý lak na nehty. Štětečkem nebo bříškem prstu nanese se a jedním tahem rozetře na povrchu listu trochu laku. Protože lak rychle tuhne, nepřejíždíme přes tuto plochu prstem či štětečkem znovu, abychom blanku nepoškodili. Při snímání mikroreliefu nesmí být povrch listu vlhký. Lak rozetřený bříškem prstu musí nejprve utuhnout. Teprve pak přilepíme průhlednou pásku a snímáme. Páska se hned přitlačuje na podložní sklíčko. Přitlačovat ji musíme postupně, aby nevznikaly vzduchové bubliny. K přenosu ztuhlé blanky na podložní sklíčko je nejvýhodnější používat průhlednou izolepu. Pásku k listu dobře přimáčkneme. Pak ji strhneme z listu a přiložíme na podložní sklíčko.

Preparát je nutno na okraji pečlivě označit. Na dobrém mikroreliefovém preparátu lze studovat hustotu průduchů. Při stanovení hustoty průduchů na plošnou jednotku narýsujeme na papír čtverec, jehož stranu zjistíme pomocí objektivního mikrometru. Z průměrného počtu průduchů na jednotce plochy vypočteme jejich celkový počet na listu.

Máme-li změřit a vyjádřit plošné relativní zastoupení jednotlivých pletivových komplexů sledovaného orgánu kvantitativně, použijeme k tomu tradiční planimetrickou metodu. Sice je přesná, ale časově značně náročná. Práce se dá urychlit zhotovením mikrofotografií, na nichž pak ostrou tužkou zpřesníme obrysy měřených struktur. Výsledky, které dostaneme, jsou relativní. Pro zjištění absolutních hodnot měřených ploch je třeba promítnout a zakreslit měřítko objektivního mikrometru nebo sestrojít čtverec o straně tohoto známého intervalu (Pazourek, 1978).

## **4.2 Použitá metodika**

### **4.2.1 Uspořádání pokusu**

Pokus byl realizován na dvou ekologicky odlišných lokalitách. První lokalitou byly Záblatské louky s organickou půdou. Druhá lokalita se nacházela na louce v nivě řeky Nežárky v blízkosti obce Hamr s půdou minerální. Na obou lokalitách probíhal pokus s různými úrovněmi hnojení a zvolilo se i stejné uspořádání pokusu. Na každé lokalitě se vytyčily čtyři bloky. Ty byly označeny dřevěnými kůly. Každý blok obsahoval tři plochy, ve kterých bylo prováděno různě intenzivní hnojení. Varianta NO byla bez hnojení, varianta LOW byla hnojena dávkou 65 kg NPK hnojiva na hektar za rok a varianta HIGH byla vystavena dávce 300 kg NPK hnojiva na hektar za rok. Plochy byly hnojeny ve dvou dílčích dávkách

během vegetační sezóny. První byla aplikována začátkem května a druhá v polovině července. Hnojení probíhalo od roku 2006 do roku 2008. V roce 2009 hnojení neproběhlo kvůli dlouhotrvající záplavě.

Pozemky byly sečeny v obdobný čas jako sousední pozemky. Pokusné plochy na Zábłatských i Hamerských loukách byly posečeny v polovině června 2009. Pokusné plochy u obce Hamr byly posečeny dvakrát, a to v polovině června a na konci vegetační doby (Picek et al., 2008). Vzorky listů byly odebrány v době seče, tedy 12. 6. 2009.

#### 4.2.2 Postup vlastní práce

Pro práci jsem využila rostlinného materiálu z odběru biomasy v červnu 2009, který provedli Lazárková (2010) a Sláma (2010). Vzorky pro účel této práce se odebíraly vždy ve variantě vysoce hnojené (s roční dávkou živin  $300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  N, P a K) a nehnojené. Varianta s nízkým hnojením hodnocena nebyla. V laboratoři jsem z každého vzorku vybrala dvě čepele dospělých listů ostřice štíhlé bez viditelných poškození. Vzorek jsem vždy odebírala přibližně ve  $2/3$  výšky listu. Pro každou variantu bylo hodnoceno celkem osm vzorků. Zhotovila jsem preparáty z 32 listů (ze šestnácti vzorků pro každou lokalitu). Celkem jsem tedy vyhotovila preparáty z 64 listů.

Pro stanovení hustoty průduchů jsem zvolila mikroreliefovou obtiskovou metodu. Na povrch z obou stran listu jsem nanesla tenkou vrstvu průhledného roztoku Dentakrylu a nechala 2 minuty zaschnout. Na listu se vytvořil tenký film akrylové pryskyřice, který se stal věrným otiskem povrchové struktury listu. Přes film jsem přelepila izolepu. Opatrně jsem ho strhla, nalepila na podložní sklíčko a mikroskopovala.

Při mikroskopování jsem se řídila stanovenými pravidly pro práci se světelným mikroskopem. Obraz objektivu jsem zaostřila a u jednotlivých preparátů jsem se zaměřila jen anatomickou stavbu průduchů (stomat). Pro vytvoření mikrofotografie, jsem na každém preparátu našla nejvhodnější místo, na němž stomata byla nejlépe zřetelná. Průduchy nesměly být zakryty vzduchovými bublinami z laku. Tato skutečnost jinak znesnadňovala jejich determinaci a mohla vést k následným chybám. Místa bez kyslíkových bublin jsem vyfotografovala. Některé vzorky bylo nutno vyřadit pro množství vzduchových bublin, které znemožňovaly přesné určení počtu průduchů. Z lokality Zábłatské louky (Z) hnojené varianty jsem vyřadila vzorky 2HB1, 2HB2, 3HB1 a 4HA1. Z lokality (Z) nehnojené varianty to byly vzorky 1NA2 a 2NB1. Z lokality Hamr (H) hnojené varianty jsem vyloučila vzorky 1HA2, 1HB1, 1HB2, 2HB2, 3HB2, 4 HA1, 4HA2, 4HB1 a 4HB2.

A z lokality (H) nehnojené varianty jsem vyřadila vzorky 1NA1,1NB2, 2NA2, 2NB1, 4NB1 a 4NB2. Z lokality (Z) hnojené varianty jsem z preparátů vyhotovila 11 mikrofotografií. Z lokality (Z) nehnojené varianty 14 mikrofotografií. Sedm mikrofotografií jsem vyfotografovala pro lokalitu (H) varianty hnojené a 10 mikrofotografií pro lokalitu (H) varianty nehnojené.

Na dobrém mikroreliefovém preparátu jsem studovala hustotu průduchů. Zvětšení mikroskopického preparátu jsem stanovila pomocí mikrometrického měřítka, na němž je vyryt 1 mm rozdělený na 100 dílků. Z fotografie mikrometrického měřítka jsem vytvořila měřítko naryšované na papíře. Rozměr jednoho dílku byl 0,01 mm. Při stanovení hustoty průduchů na plošnou jednotku jsem narysovala do mikrofotografie obdélník, jehož plochu jsem vypočítala podle daného geometrického vztahu pro obsah obdélníku. Spočítala jsem jednotlivé průduchy v obdélníku. Průduchy jsem si před tím pro usnadnění práce barevně zvýraznila. Tento postup jsem opakovala na všech mikrofotografiích. Z poměrů počtu průduchů a ploch jsem vypočítala pro jednotlivé preparáty hustoty průduchů na  $1 \text{ mm}^2$ . Průměr hustoty jednotlivých bloků vycházel vždy z měření alespoň dvou vzorků.

## 5. Výsledky a diskuze

### 5.1 Výsledky

#### 5.1.1 Vyhodnocení mikrofotografií

Na horní (adaxiální) straně vzorku listu ostřice štíhlé jsem nezjistila žádné průduchy (Příloha 1). Proto jsem dále pracovala jen s dolní (abaxiální) stranou listu (Příloha 2-5). Na jednotlivých, mnou zhotovených, mikrografiích jsem pozorovala převážně jen štěrby průduchů. U epidermálních buněk jsem naměřila průměrnou délku 0,03  $\mu\text{m}$  a průměrnou šířku 0,02  $\mu\text{m}$ . Průduchy byly uspořádány v podélných řadách a orientovány byly rovnoběžně s délkou listu. Svěrací buňky měly ledvinovitý tvar. Byly spolu srostlé svými rozšířenými tenkostěnnými konci. Střední části svěracích buněk byly užší a tlustostěnné. Podle tvaru zjištěných svěracích buněk jsem vyhodnotila tento typ průduchů jako typ *Amaryllis*, který je charakteristický pro jednoděložné rostliny.

#### 5.1.2 Vyhodnocení vlivu NPK na strukturu listu pro Zábłatské louky

V tabulce 2 jsou zaznamenány průměrné počty průduchů listové čepele ostřice štíhlé pro Zábłatské louky. Celková průměrná hodnota hustoty průduchů u varianty HIGH dosáhla počtu  $849 \pm 125$  průduchů na  $1\text{mm}^2$ . U varianty NO dosáhla hodnoty  $872 \pm 114$  průduchů na  $1\text{mm}^2$ . Mezi plochami HIGH a NO jsem tak zjistila neprůkazné rozdíly v počtu průduchů.

**Tabulka 2: Průměrná hustota průduchů listové čepele ostřice štíhlé pro oblast (Z)**

| Blok          | Hnojení | Průměrný počet průduchů na $\text{mm}^2$ |
|---------------|---------|--|
| 1             | HIGH    | 880                                      |
| 2             | HIGH    | 829                                      |
| 3             | HIGH    | 797                                      |
| 4             | HIGH    | 884                                      |
| <b>Průměr</b> |         | <b><math>849 \pm 125</math></b>          |
| 1             | NO      | 769                                      |
| 2             | NO      | 868                                      |
| 3             | NO      | 915                                      |
| 4             | NO      | 909                                      |
| <b>Průměr</b> |         | <b><math>872 \pm 114</math></b>          |

### 5.1.3 Vyhodnocení vlivu NPK na strukturu listu pro Hamr

Průměrnou hustotu průduchů listové čepele ostřice štíhlé pro Hamr jsem zaznamenala do tabulky 3. Hustota průduchů ve variantě HIGH se pohybovala v rozpětí  $820 \pm 130$  průduchů na  $1\text{mm}^2$ . Varianta NO vykazovala rozpětí  $724 \pm 88$  průduchů na  $1\text{mm}^2$ . V předchozích letech hnojené bloky HIGH vykazovaly větší hodnoty hustoty průduchů oproti nehnojeným NO.

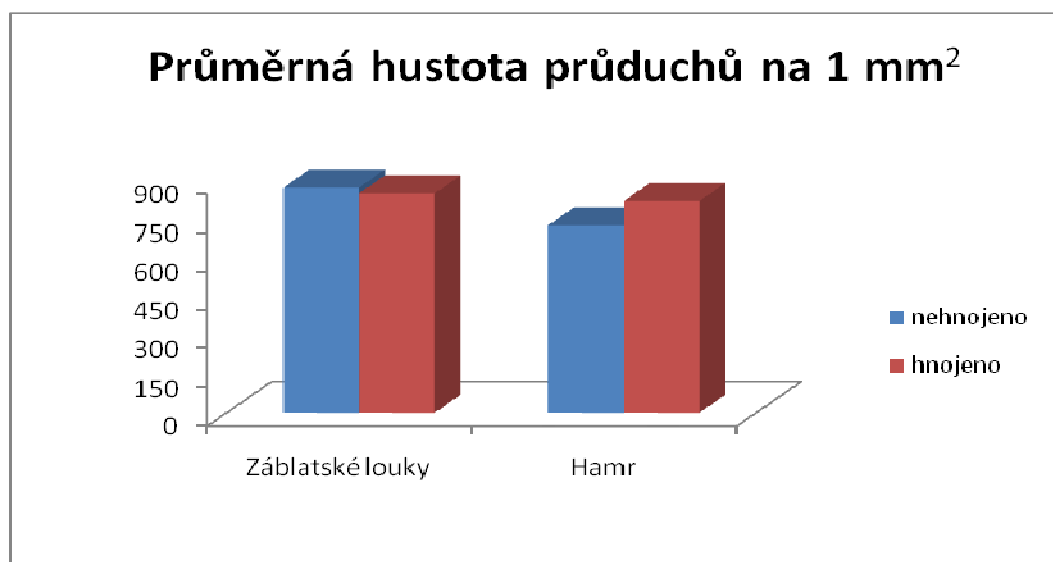
**Tabulka 3: Průměrná hustota průduchů listové čepele ostřice štíhlé pro Hamr**

| Blok          | Hnojení | Průměrný počet průduchů na $\text{mm}^2$ |
|---------------|---------|--|
| 1             | HIGH    | 725                                      |
| 2             | HIGH    | 832                                      |
| 3             | HIGH    | 838                                      |
| <b>Průměr</b> |         | <b><math>820 \pm 130</math></b>          |
| 1             | NO      | 850                                      |
| 2             | NO      | 705                                      |
| 3             | NO      | 704                                      |
| 4             | NO      | 660                                      |
| <b>Průměr</b> |         | <b><math>724 \pm 88</math></b>           |

### 5.1.4 Porovnání získaných dat mezi lokalitami (Z) a (H)

Jak vyplývá z grafu 1, nehnojené varianty z obou lokalit se mezi sebou lišily hustotou průduchů. Nehnojená varianta z lokality Zábblatské louky vykazovala oproti nehnojené variantě z lokality Hamr průměrně větší hustotu průduchů na  $1\text{mm}^2$  listu čepele. To zřejmě souvisí s lepší kvalitou organické půdy v lokalitě Zábblatské louky oproti minerální půdě v Hamru.

**Graf 1: Porovnání hustoty počtu průduchů mezi lokalitami (Z) a (H)**



## 5.2 Diskuze

### 5.2.1 Možné zdroje chyb

- 1) Dle povahy sběru materiálu jsem nemohla ovlivnit, které listy ostřice budou zkoumány. Zjištěné výsledky proto mohou být ovlivněny také vlivem inzerce a rozdílného ozáření listů na stanovišti. Aby se vymezil skutečný vliv hnojení na anatomickou stavbu listu, bylo by nutné pečlivě selektovat listy při sběru, aby se mohl potvrdit či vyvrátit vliv inzerce. Také porovnání výsledků z několika let sledování s hydrometeorologickými podmínkami by pomohlo určit, jak se vliv hnojení projevuje při různé vlhkosti a teplotě.
- 2) V obou lokalitách byla založena varianta bez hnojení, s nízkou dávkou hnojení a vysokou dávkou hnojení. Z důvodu nedostatku času jsem sledovala pouze variantu s vysokou dávkou hnojení a porovnávala ji s nehnojenou variantou. Pro lepší zhodnocení vlivu hnojení na anatomickou stavbu by příště bylo vhodné sledovat i oblast s nízkou dávkou hnojení.
- 3) Na Zábblatských ani Hamerských loukách neproběhlo ve sledovaném roce hnojení kvůli záplavám, což nepochybně ovlivnilo získaná data. Proto by bylo vhodné sledování zopakovat. Mimo jiné by se tak lépe projevil i vliv hnojení na rozdílném typu půdy – organické (Z) oproti minerální (H).

### 5.2.2 Vztah zjištěných údajů k výsledkům jiných autorů v rámci projektu

Jak je patrné z výsledků, v lokalitě Zábblatské louky jsem neprokázala změnu anatomické stavby listu ostřice štíhlé mezi oblastmi HIGH a NO. To odpovídá skutečnosti, že oblast HIGH zde nebyla v roce 2009 v důsledku dlouhotrvajících záplav hnojena. Hnojení, které zde proběhlo v minulých letech, se nijak na epidermis ostřice neprojevilo.

Hnojení na lokalitě Zábblatské louky probíhá od roku 2006. V letech 2006 - 2008 byla lokalita hnojena dvakrát během vegetační sezóny (Picek et al., 2008). Výzkumem vlivu hnojení na nárůst biomasy se v letech 2006-2008 zabýval Edwards (2009). Z jeho práce vyplývá, že vyšší dávka hnojení přispívala k vyšší produkci nadzemní biomasy. Lazárková (2010) prováděla měření biomasy v této lokalitě v roce 2009. Ve své práci uvádí, že nelze očekávat rozdíly v produkci biomasy mezi plochami různých variant NO, LOW a HIGH. Uvádí, že je to z důvodu vynechání pohnojení lokality. Provedený statistický test (ANOVA hlavních efektů) skutečně neprokázal rozdíly mezi variantami.

Leskovcová (2009) v roce 2008 měřila délku nejdelšího listu náhodně vybrané odnože na Záblatských loukách ve dvou termínech. V obou měřeních byla tedy průměrná délka listu vyšší u varianty hnojené s rozdílem 14 cm v prvním datu a 12 cm v datu druhém. Dále zjišťovala hodnoty čisté fotosyntézy, konduktivity, transpirace a transpirační koeficient při dvou různých ozářeních 600 a 1200  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Na Záblatských loukách byl při ozáření 600  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  zjištěn statisticky významný pouze efekt odběrového data pro konduktivitu. Vliv ostatních parametrů nebyl statisticky průkazný. Při ozáření 1200  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  byl statistický významný rozdíl v konduktivitě a transpiračním koeficientu mezi odběrovými daty. Rozdíly mezi variantami nebyly statisticky průkazné při žádné ozáření. V temnostním dýchání byly rozdíly prokazatelné pouze ve vztahu ke dnům měření. Mezi variantami hnojení rozdíly nebyly průkazné. Při měření maximální rychlosti fotosyntézy a účinnosti přeměny dopadající zářivé energie byly oba parametry vyšší u rostlin nehnojených než u rostlin hnojených. Stejně tak specifická listová plocha byla nepatrně vyšší u rostlin nehnojených. Tyto údaje však nebyly statisticky průkazné.

Z těchto zjištění je patrné, že hnojení na Záblatských loukách nemělo pro rostlinu prokazatelný přínos kromě nárstu biomasy. Je otázka, zda by se nějak změnila anatomická stavba listu, pokud by k hnojení v roce 2009 došlo. Je možné, že buď k anatomické změně vlivem hnojení nedochází, nebo již rostlina nedovede zvýšení počtu průduchů využít a jejich využití více reguluje. Pro potvrzení či vyvrácení této hypotézy by však bylo nutné provést pokus opakovaně.

V lokalitě Hamr v roce 2009 hnojení také neproběhlo. Zajímavý je proto zjištěný rozdíl v hustotě průduchů mezi hnojenou a nehnojenou variantou. Je obtížné určit, zda byl nárst náhodný, nebo zda se projevil efekt hnojení z minulých let. Pokud by se tato hypotéza potvrdila, znamenalo by to, že je minerální půda více ovlivněna dlouhodobou fertilizací. Je také možné, že z důvodu toho, že je oblast Záblatských luk více vlhčí, jsou zde živiny z půdy vyplavovány. A proto byla předcházející fertilizací více ovlivněna oblast Hamerských luk. Opět zde platí, že pro potvrzení či vyvrácení hypotézy je třeba pokus provést opakovaně.

Leskovcová (2009) pro lokalitu Hamr a měření prováděné v roce 2008 uvádí, že ve všech případech byly průměrně délky a šířky listů vyšší u varianty hnojené než u varianty nehnojené. U délky listů byl rozdíl mezi variantami 3 cm a u šířky listů se jedná o rozdíl 0,1 cm. Hodnoty specifické listové plochy a průměrná šířka listu byly vyšší u varianty hnojené než u varianty nehnojené. Ve všech pěti měřených dnech byly hodnoty temnostního dýchání vyšší u varianty hnojené než u varianty nehnojené. Na Hamerských loukách byla fotosyntéza v první polovině vegetační sezóny opět vyšší u nehnojených rostlin. Efekt hnojení se projevil až ke

konci vegetační sezóny. Tedy až po druhé seči, kdy byly hodnoty fotosyntézy vyšší u rostlin vystavených hnojení.

Výsledky čisté primární produkce nadzemní biomasy v lokalitě Hamr bez opadu v roce 2009 dosáhly nejvyšších hodnot na plochách intenzivně hnojených  $566,26 \text{ g.m}^{-2}$ . Na plochách s nízkou intenzitou hnojení čistá primární produkce  $469,48 \text{ g.m}^{-2}$  a na plochách nehnojených  $500,43 \text{ g.m}^{-2}$  (Lazárková, 2010).

### 5.2.3 Porovnání zjištěných údajů s ostatními autory

Vzhledem k zjištěným údajům, kdy je na nehnojené variantě často vyšší produkce biomasy než na variantě s nízkou dávkou hnojiva, mohlo by mnohé osvětlit zjištění anatomických změn i u rostlin s nízkou intenzitou hnojení. Makušová (1987) použila mikroreliefovou metodu při studiu adaptací bojínku lučního na stupňovanou hladinu výživy. Pokus měl 2 varianty hnojení – bez hnojení a s nižší a vyšší dávkou hnojiva. Výsledky měření průduchových aparátů na adaxiální straně potvrdily vliv minerální výživy na anatomickou stavbu listu. Se vzrůstající dostupností minerálních živin vzrůstala i velikost listu. Stoupala také plocha průduchových aparátů. Poměr k celkové ploše listu byl nejvyšší při nižší dávce hnojiva. Za těchto podmínek stomatární aparát zaujímal 8,7 % horní plochy listu. Přitom byly v této variantě menší, ale četnější průduchy s hustotou 192 na  $1\text{mm}^2$ . S dalším stupňováním dávky živin se však již nezvyšoval poměrný podíl na celkové ploše listu. Došlo i ke snížení hustoty průduchů. Nejzřetelněji se tedy adaptovaly listy k nižší dávce. Zvýšení dávek vyvolávalo jen malé anatomické změny.

Larcher (1988) uvádí, že regulační adaptací k suchu je zvýšení hladiny koncentrace kyseliny abscisové v pletivech. Tím se zvyšuje pohotovost průduchů k uzavírání. Strukturální adaptací jsou menší, ale hustěji uspořádané průduchy na listech, které se vyvíjejí při nedostatku vody. Takové listy snižují transpiraci rychleji, protože malé průduchy reagují citlivěji.

Vzhledem k tomu, že půdy Hamru jsou o něco sušší a hladina vody je zde zpravidla nižší a nestálější než v (Z), neshodují se má zjištění s údaji Larchera. Na Záblatských loukách jsem zjistila průměrně větší množství průduchů než v lokalitě Hamr. Je ale možné, že ostřice se brání proti nedostatku vlhkosti spíše skládáním a svinováním listů a snížením počtu průduchů by reagovala až při dlouhotrvající nízké vlhkosti.



## 6. Závěr

Předkládaná práce je součástí studia mokrých luk, tzn. mokřadů, v rámci projektu GA ČR 526/06/0276, který sleduje vliv eutrofizace mokrých luk na interakci půda – rostlina s důrazem na transformace uhlíku a dusíku. Konkrétním cílem této práce je zjistit, jak se projeví vliv minerálního hnojení na anatomickou stavbu listu ostřice štíhlé (*Carex acuta*). Ta je charakterizována jako typický a významný představitel flóry travinných mokřadů. Sledování bylo provedeno ve dvou lokalitách na Třeboňsku, a to na Záblatských loukách a na mokrých loukách u obce Hamr.

Pro kvantitativní studium listové epidermis byla použita mikroreliefová metoda otisků listů. Na horní (adaxiální) straně vzorku listu ostřice štíhlé nebyly zjištěny žádné průduchy. Proto se dále pracovalo jen s výsledky vztahujícími se k dolní (abaxiální) straně listu.

Na lokalitě Záblatské louky dosáhla celková průměrná hustota průduchů u varianty HIGH počtu  $849 \pm 125$  průduchů na  $1 \text{ mm}^2$ . U varianty NO dosáhla hodnoty  $872 \pm 114$  průduchů na  $1 \text{ mm}^2$ . V lokalitě Záblatské louky nebyla prokázána změna anatomické stavby listu ostřice štíhlé mezi oblastmi HIGH a NO. To odpovídá skutečnosti, že oblast HIGH zde nebyla v roce 2009 v důsledku dlouhotrvajících záplav hnojena. Hnojení, které zde proběhlo v minulých letech, se nijak na epidermis ostřice neprojevilo.

Na lokalitě Hamr se pohybovala celková hustota průduchů ve variantě HIGH v rozpětí  $820 \pm 130$  průduchů na  $1 \text{ mm}^2$ . Varianta NO vykazovala rozpětí  $724 \pm 88$  průduchů na  $1 \text{ mm}^2$ . Hnojené bloky (varianta HIGH) měly větší hustotu průduchů oproti nehnojeným blokům (varianta NO). Zjištěný rozdíl je však obtížné vysvětlit proto, že lokalita Hamr v roce 2009 také nebyla hnojena. Aby bylo možno určit, zda zjištěný rozdíl je náhodný nebo jde o soustavný rozdíl, je třeba měření opakovat.

## 7. Seznam použité literatury

- ANONYMUS 1 (2010): *Ramsarská úmluva 396/1990 Sb. Sdělení MZV - Úmluva o mokřadech*. Dostupné online: <http://www.ramsar.org> [cit. 1. 04. 2010].
- ANONYMUS 2 (2010): *Základní charakteristiky mokřadů*. Dostupné online: [http://cistirna.hyperlink.cz/pododkazy/charakteristiky\\_mokradu.htm](http://cistirna.hyperlink.cz/pododkazy/charakteristiky_mokradu.htm) [cit. 2. 04. 2010].
- ANONYMUS 3 (2010): *Průduchy*. Dostupné online: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Průduch> [cit. 10. 04. 2010].
- BERNES, C. (2000): *Eutrophication of soil and water. swedish environmental protection agency*. In: Kočí, V., Burkhard, J., Maršálek, B. (2000): *Eutrofizace na přelomu tisíciletí*. Vysoká škola chemicko - technologická , Praha, s. 4.
- BRADY N. C., WEIL R. R. (2002): *The nature and properties of soil*. In: Burianová, J. (2008): *Vliv živinové zátěže na rhizosférní efekt v mokřadních půdách*. [Diplomová práce]. České Budějovice, s. 10. Jihočeská univerzita, Přírodovědecká fakulta.
- BRINKMAN R., VAN DIEPEN C. A. (1995): *Mineral soils*. In: Patten B. C. (1990): *Wetlands and shallow continental water bodies. Natural and human relationships*. SPB Academic Publishing bv, The Hague, s. 130.
- BURIANOVÁ, J. (2008): *Vliv živinové zátěže na rhizosférní efekt v mokřadních půdách*. [Diplomová práce]. České Budějovice, 52 s. Jihočeská univerzita, Přírodovědecká fakulta.
- EDWARDS, K. (2009): *Závěrečná zpráva projektu GAČR 526/06/0276 "Eutrofizace mokřých luk"*.
- GAZDA, J., STŘIHAVKOVÁ, H., TOBĚRNÁ, V. (1976): *Základy soustavné botaniky 2: Rostliny krytosemenné*. SPN, Praha, 169s.
- GERSTMEIER R. (1994): *Steinbachův velký průvodce přírodou*. GeoCenter, Praha, 191s.
- HEJNÝ, S. (2000): *Rostliny vod a pobřeží*. East West Publishing, Praha, s. 15.
- CHYTRÝ, M., KUČERA, T., KOČÍ, M. et al. (2001): *Katalog biotopů ČR: interpretativní příručka k evropským programům Natura 2000 a Smaragd*. AOPK ČR, Praha, 304 s.
- JENÍK, J., KVĚT, J. (1983): *Studie zaplavovaných ekosystémů u Třeboňska*. Academia, Praha, 147 s.
- JURČÁK, J. (2001): *Základní praktikum z botanické mikrotechniky a rostlinné anatomie*. VUP Olomouc, Olomouc, 103 s.
- KINCL, M. (1981): *Cvičení z anatomie a morfologie*. Pedagogická fakulta Ostrava, Ostrava, 364 s.
- KRPEŠ, V. (2010): *Ekofyziologie rostlin*. Dostupná online: <http://katedry>.

- osu.cz/kbe/odd\_bot/stahni.php?co=stud\_mat&id=95\_29.pdf [cit. 1. 4. 2010].
- KUBÁT, K. (2002): *Klíč ke květeně České republiky*. Academia, Praha, 927 s.
- LARCHER, W.(1988): *Fyziologická ekologie rostlin*. Academia, Praha, 361 s.
- LAZÁRKOVÁ, K. (2010): *Vliv minerálního hnojení na růst biomasy*. [Bakalářská práce]. České Budějovice, 61 s. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta.
- LESKOVCOVÁ, M. (2009): *Vliv minerálního hnojení na fotosyntetické charakteristiky ostrice štíhlé (Carex acuta)*. [Diplomová práce]. České Budějovice, 64 s. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta.
- LINHART, J. (2004): *Změna vlivů současného zemědělství na přírodní složky prostředí*. In: *Ekologické zemědělství: Zemědělství v chráněných územích*. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, s. 78.
- MAKUŠOVÁ, Z. (1987): *Kvantitativní anatomické studium vegetativních orgánů*. In: Rychnovská, M. a kol. (1987): *Metody studia travinných porostů*. Akademia, Praha, s. 42.
- MARQUES, R. T., BOAVIDA, M. J. (1997): *Monitoring water quality in the portuguese reservoirs of the river tejo watershed*. In: Kočí, V., Burkhard, J., Maršálek, B. (2000): *Eutrofizace na přelomu tisíciletí*. Vysoká škola chemicko - technologická, Praha, s. 4.
- MCCLANAHAN, T. R., MUTHIGA, N. A. (1998) : *An ecological shift in a remote coral atoll of belize over 25 year*. Univerzita Cambridgea, Anglie, s. 122-130.
- MITSCH W. J., GOSELINK J. G. (1993): *Wetlands*. In: Burianová, J. (2008): *Vliv živinové zátěže na rhizosférní efekt v mokřadních půdách*. [Diplomová práce]. České Budějovice, s. 10. Jihočeská univerzita, Přírodovědecká fakulta.
- NAKAMATTE, E. N, LYE, K. A. (2010): *Foliar micro-morphology of Carex sect. Phacocystis in northern Europe, Nordic Journal of Botany*. Dostupné online: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1756-1051.2009.00661.x> s. 216-230 [cit. 8.9.2009].
- PAZDERA Z. (2008): *Fotografie Carex acuta*. Dostupné online: <http://botanika.wendys.cz/kytky/foto.php?759:3> [ cit. 3. 6. 2009].
- PAZOUREK, J. (1992): *Atlas anatomické stavby rostlin*. Univerzita Karlova, Praha, 163 s.
- PETŘÍČEK, V. (1999): *Péče o chráněná území: I. Nelesní společenstva*. AOPK, Praha, 451 s.
- PICEK, T., KAŠTOVSKÁ, E. EDWARDS, K., ZEMANOVÁ, K., DUŠEK, J. (2008) : *Short term effects of experimental eutrophication on carbon and nitrogen cycling in two types of wet grassland*. In: *Community Ecology*. Vol 9 (suppl.), pp. 1-8.
- RIPL, W., POKORNÝ, J., EISELTOVÁ, M., RIDGILL, S. (1996): *Holistický přístup ke struktuře a funkci mokřadů a jejich degradaci*. In: Eiseltová, M. (ed.): *Obnova jezerních ekosystémů - holistický přístup*. Wetland International publ. č. 32, Oxford, UK, 190 s.

- SLÁMA, M. (2010): *Vliv minerálního hnojení na růst biomasy*. [Bakalářská práce]. České Budějovice, 36 s. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta.
- SLAVÍKOVÁ, J. (1986): *Ekologie rostlin*. SPN, Praha, s. 121.
- SMÍŠEK, J. (2009): *Mikroskopie v mikrobiologii a mikrobiologická barven*. Dostupné online: <http://www.mikrobiologie.unas.cz/obecna.html> [cit. 11. 12. 2009].
- SMITH, V. H., TILMAN, G. D., NEKOLA, J. C. (1999): *Eutrophication: Impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems*. *Environmental pollution* 100: (1-3), s. 179-196.
- STOVEA, M., UZUNOVA K., POPOVA, E., STOYANOVA, K. (2005): *Phytologia balcanica* 11, Sofia, *Patterns and levels of variation within section Phacocystis of genus Carex (Cyperaceae) in Bulgaria*, s. 60.
- ŠAFARČÍKOVÁ, S., KOUŘIL, M. (2006): *Živiny v krajině*. Daphne ČR - Institut aplikované ekologie, České Budějovice, s. 6-12.
- ŠANTRŮČEK, J. (1998): *Vodní režim rostlin*. In Procházka, S., Macháčková, I., Krekule, J (1998): *Fyziologie rostlin*, s. 76-86.
- ŠARAPATKA, B., NIGGLI, U. (2008): *Zemědělství a krajina*. Univerzita Palackého, Olomouc, 271 s.
- ŠIMEK, M. (2003). *Základy nauky o půdě: Biologické procesy a cykly prvků*. Johanus, České Budějovice, 131 s.
- TICHÁ, I. (1985): *Ontogeny of leaf morphology and anatomy*. In Šesták, Z.: *Photosynthesis during leaf development*. Academia, Praha, s. 16-50.
- TLAPÁK, V., ŠÁLEK J. LEGÁT V. (1992): *Voda v zemědělské krajině*. Zemědělské nakladatelství Brázda, Praha, 318 s.
- VINTER, V. (2009). *Rostliny pod mikroskopem - základy anatomie cévnatých rostlin*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, s. 47-49.
- VYMAZAL, J. (1995): *Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách*. In: Burianová, J. (2008): *Vliv živinové zátěže na rhizosférní efekt v mokřadních půdách*. [Diplomová práce]. České Budějovice, s. 4. Jihočeská univerzita, Přírodovědecká fakulta.
- WALTER, L. (1988): *Fyziologická ekologie rostlin*. Academia, Praha, s. 297.
- ZHAO, D., SENGUPTA, A. K. (1998): *Ultimate removal of phosphate from wastewater using a new class of polymeric ion exchangers*. In: Kočí, V., Burkhard, J., Maršálek, B. (2000): *Eutrofizace na přelomu tisíciletí*. Vysoká škola chemicko - technologická, Praha, s. 5.

## **8. Přílohy**

### **8.1 Seznam příloh**

Příloha 1. Mikrofotografie otisku svrchní pokožky listu *Carex acuta* ze Záblatské louky z varianty HIGH

Příloha 2. Mikrofotografie otisku průduchů spodní pokožky listu *Carex acuta* ze Záblatské louky z varianty HIGH

Příloha 3. Mikrofotografie otisku průduchů spodní pokožky listu *Carex acuta* ze Záblatské louky z varianty NO

Příloha 4. Mikrofotografie otisku průduchů spodní pokožky listu *Carex acuta* z Hamerské louky z varianty HIGH

Příloha 5. Mikrofotografie otisku průduchů spodní pokožky listu *Carex acuta* z Hamerské louky z varianty NO

## 8.2 Fotografická příloha

Příloha 1: Mikrofotografie otisku svrchní pokožky listu *Carex acuta* ze Zábělské louky z varianty HIGH. Nenalezeny žádné průduchy. (foto Drahomíra Hůrková)

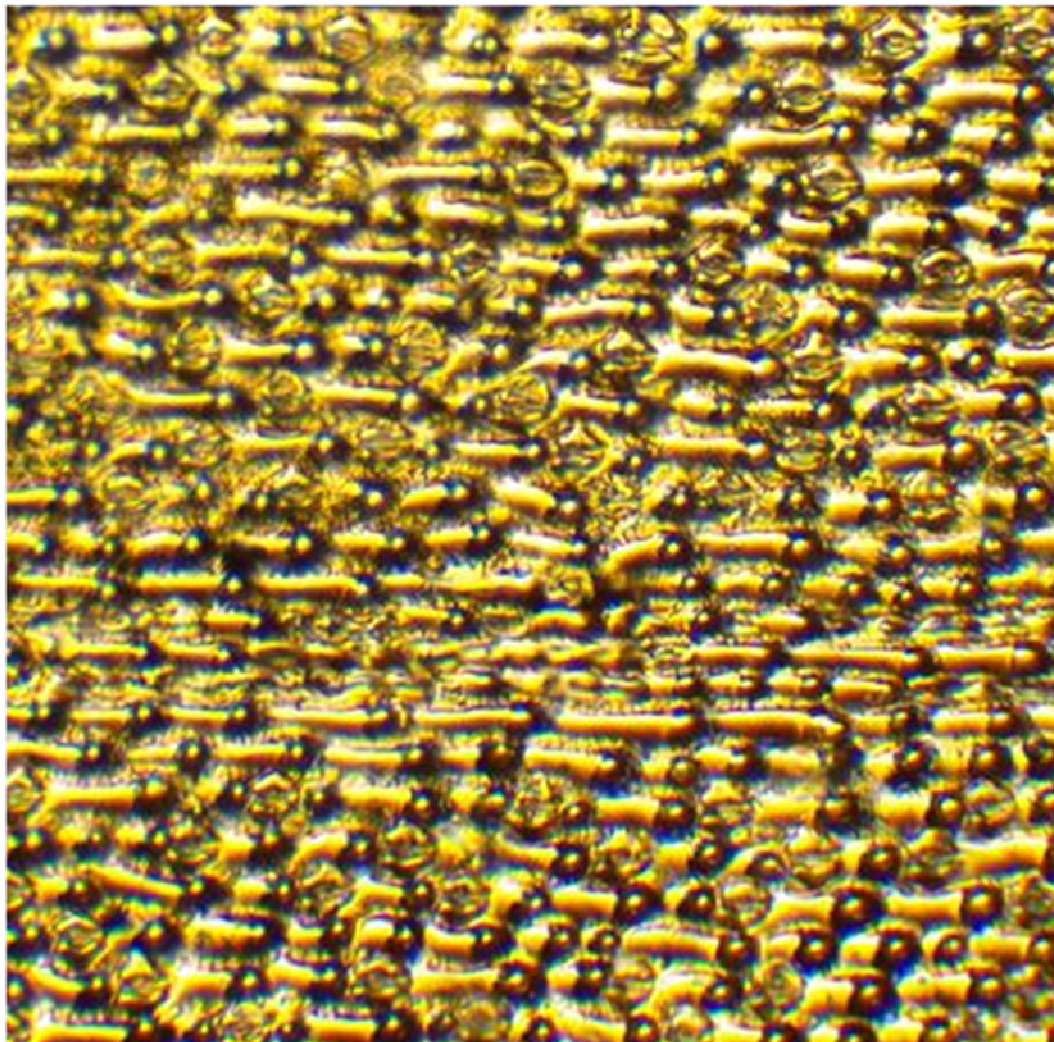
0,1 mm



**Příloha 2: Mikrofotografie otisku průduchů spodní pokožky listu *Carex acuta* ze Zábłatské louky z varianty HIGH (foto Drahomíra Hůrková)**

0,1 mm

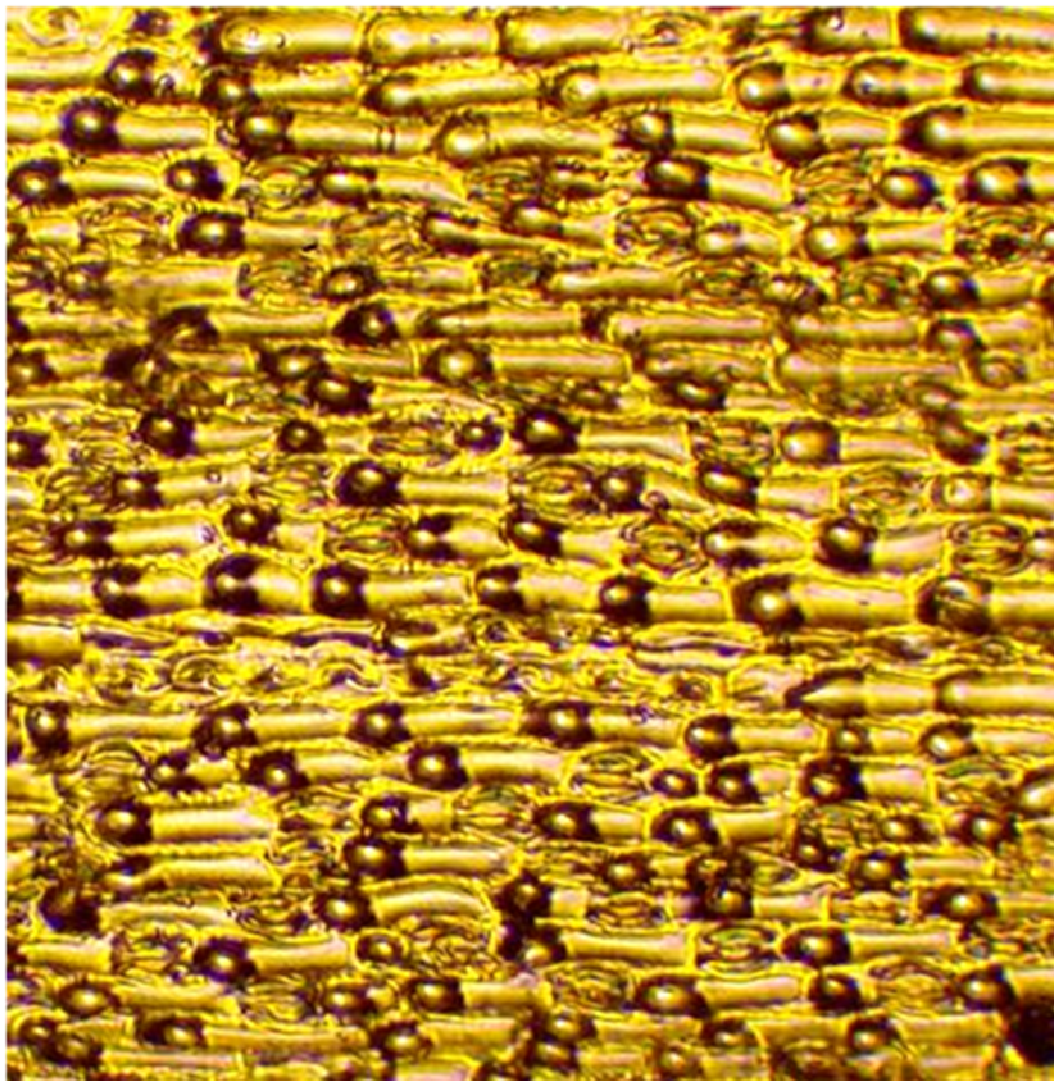
---





Příloha 3: Mikrofotografie otisku průduchů spodní pokožky listu *Carex acuta* ze Zábłatské louky z varianty NO (foto Drahomíra Hůrková)

0,1 mm

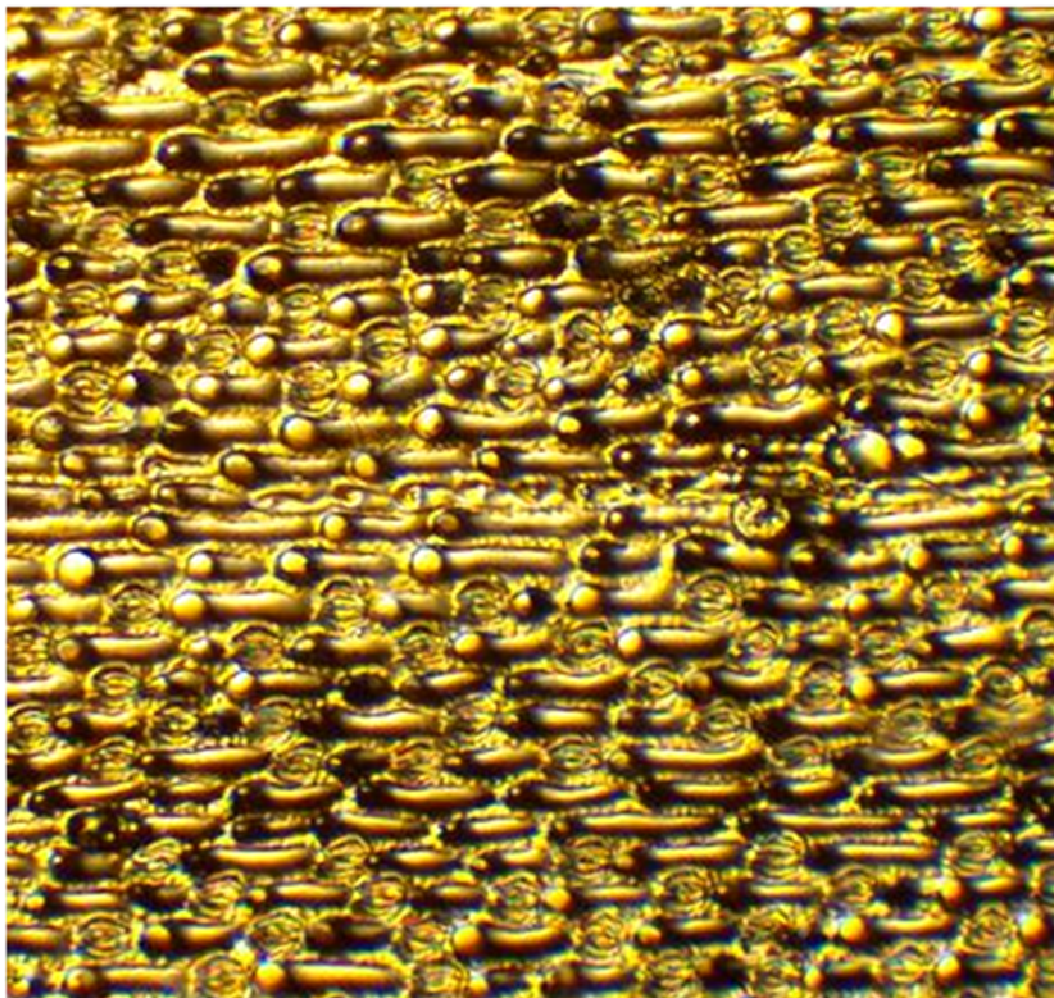




**Příloha 4: Mikrofotografie otisku průduchů spodní pokožky listu *Carex acuta* z Hamerské louky z varianty HIGH (foto Drahomíra Hůrková)**

0,1 mm

---



**Příloha 5: Mikrofotografie otisku průduchů spodní pokožky listu *Carex acuta* z Hamerské louky z varianty NO (foto Drahomíra Hůrková)**

0,1 mm

