

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
Katedra biologických disciplín

Studijní program: **Zemědělské inženýrství**

Studijní obor: **Agroekologie**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Podzemní biomasa ostřice štíhlé (*Carex acuta*) v travinném mokřadu

Vypracoval: Bc. Marek Nešpor

Vedoucí práce: prof. RNDr. Hana Čížková, CSc., Zemědělská fakulta
Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích

Konzultant: Ing. Lenka Moulisová

České Budějovice 2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Marek NEŠPOR**
Osobní číslo: **Z13640**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Agroekologie**
Název tématu: **Podzemní biomasa ostřice štíhlé (*Carex acuta*) v travinném mokřadu**
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 práce:

Zhodnotit sezónní dynamiku podzemní biomasy ostřice štíhlé v modelovém travinném mokřadu (Mokré Louky u Třeboně)

Postup:

1. Zpracování literárního přehledu poznatků o produkci biomasy mokřadních ostřic ve vztahu k jejich životnímu cyklu
2. Stanovení podzemní biomasy ostřice štíhlé na modelové lokalitě čtyřikrát během vegetační sezóny 2014
3. Porovnání vlastních výsledků s výsledky navazujícího výzkumu a s literárními údaji.

Rozsah grafických prací: **tabulky primárních dat**
Rozsah pracovní zprávy: **40 stran textu včetně tabulek**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury:

Bernard, J.M., Solander, D., Květ, J., 1988. Production and nutrient dynamics in Carex wetlands. *Aquat. Bot.* 30, 125-147.

Končalová, H., 1990. Anatomical adaptations to waterlogging in roots of wetland graminoids: limitations and drawbacks. *Aquatic Botany* 38, 127-134.

Soukupová, L., 1988. Short life-cycles in two wetland sedges. *Aquat. Bot.* 30, 49-62.

Soukupová, L., 2002. Life strategy of graminoid populations in the wet meadows. In: Květ, J., Jeník, J., Soukupová, L. (eds.). *Freshwater Wetlands and their Sustainable Future. A Case Study of the Třeboň Basin Biosphere Reserve.* CRC Press, Boca Raton, pp. 255-267.


Projekt:

GA ČR P504/11/1151: Úloha rostlin v bilanci skleníkových plynů ostřicového slatiniště

Vedoucí diplomové práce: **prof. RNDr. Hana Čížková, CSc.**
Katedra biologických disciplin
Konzultant diplomové práce: **Ing. Lenka Moulisová**
Datum zadání diplomové práce: **12. února 2014**
Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2015**


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studená 13
370 02 České Budějovice
L.S.


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

V Českých Budějovicích dne 11. března 2014

Nešpor Marek, J. (2015): Podzemní biomasa ostřice štíhlé (*Carex acuta*) v travinném mokřadu. [Below-ground biomass of (*Carex acuta*) in a graminoid wetland]. XX p., Faculty of Agriculture, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, pouze s použitím doporučených 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 diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 21. dubna 2015

.....

Bc. Marek Nešpor

Poděkování

Chtěl bych poděkovat všem, kdo mi pomáhali a podporovali mě při psaní této práce. Na prvním místě bych chtěl poděkovat mé školitelce prof. RNDr. Haně Čížkové, CSc. za všechny její čas strávený při diskusích ohledně psaní mé diplomové práce a za všechny podněty a připomínky, které mi pomohly realizovat tuto práci. Také bych chtěl poděkovat Ing. Lence Moulisové za konzultace k mé diplomové práci. Dále patří veliký dík mé rodině a také přátelům za podporu, motivaci a odreagování jak při psaní této práce, tak i při studiu celkově. Poděkování patří také lidem, s kterými jsem jezdil na odběry rostlinné biomasy a kteří mě odvezli na místo odběrů a zase zpět, pomohli mi odnášet vzorky a také mi dělali společnost při mé práci.

Anotace

Diplomová práce je součástí projektu GA ČR P504/11/1151, „Úloha rostlin v bilanci skleníkových plynů ostřicového slatiniště“. Cílem práce je zhodnotit sezónní dynamiku podzemní biomasy ostřice štíhlé v modelovém travinném mokřadu (Mokré Louky u Třeboně).

Odběry podzemní biomasy byly provedeny destruktivní metodou. V roce 2014 byly stanoveny čtyři odběry, při každém byla vybrána tři odběrová místa. Z každého místa byly odebrány pomocí rýče tři bulty ostřice štíhlé (*Carex acuta*) a tři vzorky zeminy v bezprostředním okolí odběru bultu.

Živé kořeny převažovaly nad odumřelými ve všech odběrech. Jejich celková hmotnost v průběhu roku mírně kolísala. Poměr živých kořenů vůči odumřelým se výrazně nelišil.

V bultu se vyskytovalo větší množství živých kořenů než pod bultem. Vodní kořeny tvořily pouze malou část živých kořenů v bultu ve všech odběrech. Výrazné zvýšení celkové hmotnosti kořenů v odběru 21.10. 2014, v porovnání s odběrem 5.8. 2014, bylo způsobeno větším podílem podzemních částí ostatních rostlin.

Nadzemní části odnoží v průběhu roku rostly a přibývaly na hmotnosti. Největší hmotnost odnoží byla zaznamenána 5.8. 2014. Při jarním odběru 25.3. 2014 nebyly zaznamenány žádné odumřelé odnože. Hmotnost odumřelých odnoží byla převážně podobná ve všech odběrech.

Objemový obsah vody půdních válečků v (%) byl zpravidla vyšší ve vrchních vrstvách půdy. Oběmová hmotnost půdy byla téměř shodná na všech odběrových lokalitách, až na vrchní vrstvu na lokalitě 1, kde byla průměrná oběmová hmotnost půdy znatelně nižší.

Klíčová slova: mokřad, mokřadní vegetace, podzemní biomasa, kořen, oddenek, *Carex acuta*.

Annotation

This thesis is part of the project GA CR P504 / 11/1151 "The role of plants in the greenhouse gas balance *Carex fens*". The aim of this thesis is to evaluate the seasonal dynamics of *Carex acuta* belowground biomass in model grassland wetlands (the "wet meadows") near Třeboň.

Belowground biomass of *C. acuta* L. was sampled using the destructive method. The samples were taken on four dates in 2014. On each date, three hummocks of *C. acuta* and three soil samples in their immediate vicinity were sampled on each date.

Live roots had a greater dry weight than decaying roots on all sampling dates. Their total dry weight varied slightly, depending on season. The ratio of live roots to decaying roots did not differ much. The weight of live roots in hummock was almost always higher than that of the dead ones.

The dry weight of living roots was always greater in the hummock than below it. Their total weight varied slightly during the year. Aquatic roots formed only a small part of the dry weight of live roots in hummocks. A greater total belowground dry weight found on 21st December 2014, in comparison with 5th August 2014, was associated with a greater amount of rhizomes of other plant species.

The shoots increased their dry weight during the year. Maximum weight of tillers was recorded on 8th August 2014. There were no dead shoots on 25th March 2014. Dry weights of dead tillers were largely similar throughout the year.

The volumetric soil water content (%) was usually higher in the upper soil layers. The bulk density of the soil was almost identical on all sampling sites, except for the top layer on site 1, where it was considerably lower.

Keywords: wetland, wetland vegetation, underground biomass, root, rhizom, *carex acuta*.

Obsah

1. Úvod.....	11
2. Literární přehled.....	12
2.1. Vymezení pojmů.....	12
2.2. Mokřad.....	12
2.2.1. Vlastnosti mokřadních ekosystémů.....	13
2.2.2. Vlastnosti kořenů mokřadních rostlin.....	13
2.3. Cyklus uhlíku.....	14
2.3.1. Celkový koloběh uhlíku.....	15
2.3.2. Bilance uhlíku.....	18
2.3.3. Hospodaření rostliny s uhlíkem.....	19
2.4. Specifika mokřadních ekosystémů.....	20
2.4.1. Fixace uhlíku mokřadními rostlinami.....	21
2.5. Popis studovaného druhu.....	23
2.5.1. Základní Charakteristika ostřice štíhlé.....	23
2.5.2. Životní cyklus ostřice štíhlé.....	24
2.5.3. Strukturní charakteristika kořenů.....	25
2.5.4. Funkční charakteristika kořenů.....	27
2.5.5. Význam kořenů mokřadních rostlin pro mikrobiální společenstva.....	29
3. Popis lokality.....	30
4. Metodika.....	31
4.1. Odběr biomasy trsů.....	31
4.2. Odběr půdní sondou.....	32
4.3. Postup oddělování výřezů z trsů.....	33
5. Výsledky.....	35
5.1. Průběh podzemní biomasy <i>Carex acuta L.</i> během roku.....	35
5.2. Průměrná hmotnost odnože <i>Carex acuta L.</i> během roku.....	37
5.3. Vyhodnocení výřezů z trsů.....	38
5.4. Analýza půdních válečků.....	39
6. Diskuse.....	40
6.1. Metody stanovení biomasy.....	40

6.2. Podzemní biomasa a struktura kořenů.....	41
7. Závěr.....	44
8. Přehled literatury.....	46
9. Přílohy	51

1. ÚVOD

Mokřady tvoří rozhraní mezi suchozemským a vodním prostředím. Jejich půda je dočasně nebo dlouhodobě zaplavena či zamokřena.

Mokřadní ekosystémy jsou velice cenné a specifické biotopy. V mokřadech se vyskytují rozmanitá a dynamická společenstva. Organismy, které se zde vyskytují, jsou přizpůsobeny těmto podmínkám. Rostliny v mokřadech jsou přizpůsobeny na trvalé zamokření a kolísání vodní hladiny. Míra zaplavení ovlivňuje dostupnost kyslíku v zamokřeném substrátu. Kyslík tak patří k určujícím vnějším faktorům z hlediska sezónní dynamiky a životního cyklu rostlin.

Mokřady napomáhají v tvorbě a udržení lokálního klimatu. I přesto jejich rozloha a počet stále klesá.

Význam studia kořenových soustav spočívá v poznání struktury a funkce rostlinné složky ekosystémů. Oproti porostům jiných typů ekosystémů je stále relativně málo informací o velikosti kořenových soustav a růstu kořenů u mokřadních rostlin. Data dokumentující délku života dosud chybí, avšak uvádí se, že kořeny tohoto vytrvalého druhu ostřice štíhlé (*Carex acuta* L.) mohou žít déle než jeden rok. V kontextu studia fixace uhlíku v mokřadních ekosystémech, v rámci aplikovaného výzkumu, budou využity tyto poznatky o dynamice podzemní biomasy a v ní uloženého uhlíku.

Hlavním cílem diplomové práce je zhodnotit sezónní dynamiku podzemní biomasy ostřice štíhlé v modelovém travinném mokřadu (Mokré Louky u Třeboně).

Dílčí cíle zahrnují:

1. Zpracování literárního přehledu poznatků o produkci biomasy mokřadních ostřic ve vztahu k jejich životnímu cyklu.
2. Stanovení podzemní biomasy ostřice štíhlé na modelové lokalitě čtyřikrát během vegetační sezóny 2014.
3. Porovnání vlastních výsledků s výsledky navazujícího výzkumu a s literárními údaji.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1. Vymezení pojmů

Produkce- je syntetická práce asimilující rostliny nebo porostu, která je vyjádřena určitým množstvím vytvořené celkové sušiny nebo její definované části. (Slavíková, 1983)

Primární produkce-množství biomasy, které vytvoří rostlina nebo porost za určitý časový úsek (Slavíková, 1983). Tato produkce se rozděluje na čistou a hrubou. Sekundární produkce-je nově vytvořená biomasa na úrovni konsumentů/heterotrofů/ a destruentů. Ti přejímají hmotu od primárních producentů nebo od konzumentů nižších úrovní (Pivnička, 1984).

Čistá produkce-je odvozena z hrubé produkce po odečtení podílu odumřelých částí rostlin (Nečas a Květ, 1966).

Hrubá produkce-je vyjádřena jako celková produkce sušiny včetně odumřelých částí rostlin. (Nečas a Květ, 1966).

Biomasa- je nejčastěji definována jako hmotnost sušiny živých organismů v daném čase na určité jednotce zemského povrchu. Mezi tyto jednotky řadíme plochy půdy, dna či vodní hladiny. Pod pojmem biomasa rozumíme všechny živé i neživé části rostlin, spolu s opadem i stařinou (Jakrlová, 1987).

2.2. Mokřad

Mokřad je charakterizován jako území, na němž voda sahá až k povrchu půdy nebo alespoň do kořenové zóny. Obsah živin nebo nízká hladina kyslíku jsou dalšími charakterizujícími vlastnostmi, které odlišují půdy mokřadů od ostatních půd. V mokřadech se vyskytuje pouze ta vegetace, která je adaptována k dlouhodobému zaplavení, rostliny které nejsou adaptovány na tyto podmínky se zde nevyskytují (Mitch a Grosselink, 1993).

Ramsarská úmluva definuje mokřad jako: „území bažin, slatin, rašelinišť i území pokrytá vodou, přirozeně i uměle vytvořená, trvalá či dočasná, s vodou stojatou či tekoucí, sladkou, brakickou či slanou, včetně území s mořskou vodou, jejíž hloubka při odlivu nepřesahuje šest metrů“. Pro potřeby České republiky se mokřadem rozumí zejména: rašeliniště a slatiniště, rybníky, soustavy rybníků, lužní

lesy, nivy řek, mrtvá ramena, tůně, zaplavované nebo mokré louky, rákosiny, ostřicové louky, prameny, prameniště, toky a jejich úseky, jiné vodní a bažinné biotopy, údolní nádrže, zatopené lomy, šterkovny, pískovny, horská jezera, slaniska (Vlasáková, 2014).

2.2.1. Vlastnosti mokřadních ekosystémů

Mokřadní ekosystémy tvoří přechodovou zónu mezi teretrickým a vodním prostředím (Čížková a Šantrůčková, 2006). Od suchozemských ekosystémů se mokřadní ekosystémy odlišují svým vodním režimem. V půdách mokřadů převládají anaerobní podmínky, které jsou způsobeny nadměrným nasycením vodou. Nadbytek vody v půdě zapříčiňuje fyzikální a chemické změny. Zaplavení půdy způsobuje omezenou výměnu plynů mezi atmosférou a půdou, čímž se systém mění z aerobního a oxidačního na anaerobní a redukční (Vymazal, 2010). Kyslík je v zaplavených půdách přítomen pouze v tenké vrstvě na povrchu půdy. Naopak v nezaplavovaných půdách se kyslík vyskytuje ve většině půdního profilu. V této vrstvě se kromě kyslíku vyskytují také další prvky v oxidovaném stavu (dusík ve formě NO_3^- , železo ve formě Fe^{3+} , síra ve formě SO_4^{2-} a mangan ve formě Mn^{4+}). V zaplavené půdě se kyslík rychle vyčerpá a vznikají toxické produkty mikrobiálního metabolismu, jako je redukované železo a mangan, sulfan (sirovodík), organické kyseliny aj. (Čížková a Šantrůčková, 2006).

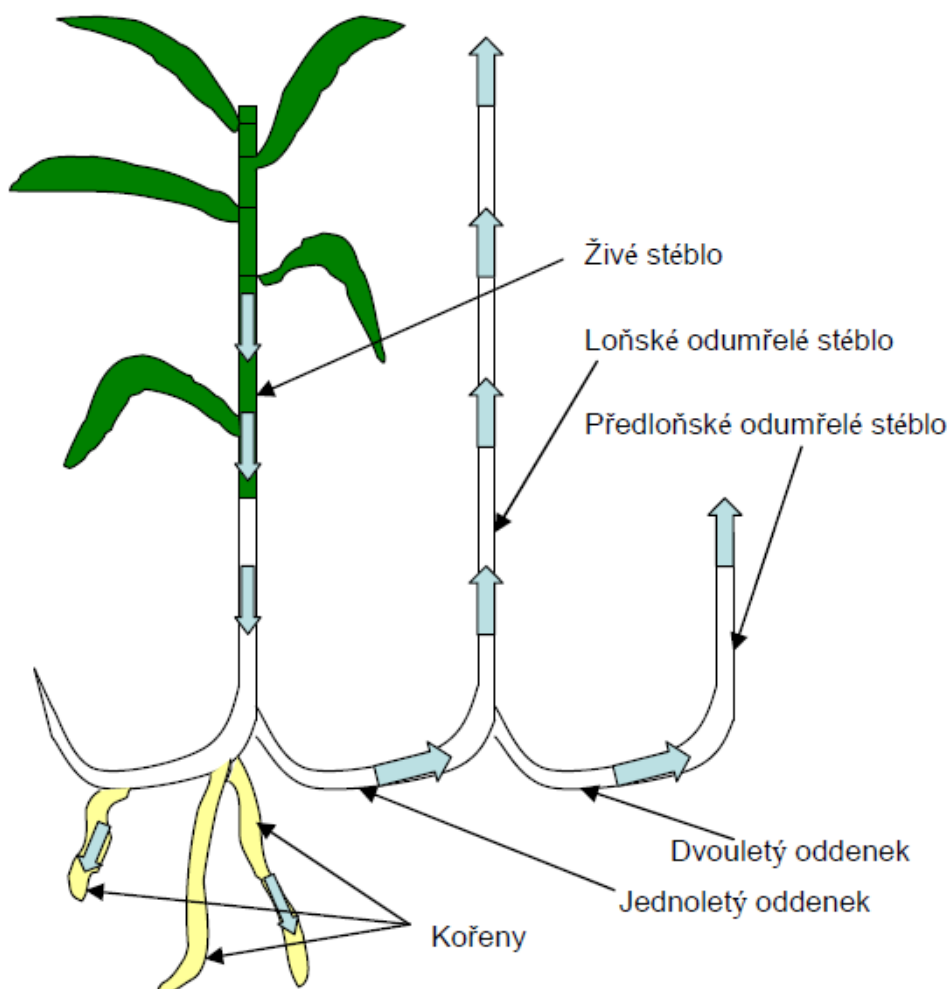
2.2.2. Vlastnosti kořenů mokřadních rostlin

V mokřadní půdě kyslík není přítomen, proto kořeny pro respiraci potřebují získat kyslík z nadzemních částí rostlin (Brix, 1993) tzv. vnitřím provětráváním. Toto vnitřní provětrávání slouží buňkám podzemních orgánů jako náhradní zdroj pro příjem kyslíku. V pletivech listů, stonků, oddenků a kořenů se nachází soustava vzdušných prostor, která tvoří strukturu pro vnitřní provětrávání. V rozích buněk parenchymatického pletiva se nacházejí i malé interceluláry (mezibuněčné prostory), které se uplatňují při provětrávání. Pohybu plynů ve vzdušných prostorech u vnitř rostlinného těla napomáhají dva mechanismy, difúze a objemový neboli hromadný tok. Pomocí difúze se molekuly daného plynu pohybují ve směru koncentračního spádu. Molekuly všech plynů se při hromadném toku pohybují stejným směrem po

spádu tlaku (Čížková, 2006). Např. polykormon rákosu má takové provětrávání (obr. č. 1). V listových pochvách mladých prýtů v polykormonu rákosu vzniká přetlak vzduchu. Proud vzduchu je odtud přiváděn do oddenku, uloženého v zaplavené půdě, a poté je ventilován zpět do atmosféry přes staré prýty. I u dalších mokřadních rostlin s oddenky byl zjištěn gradient tlaku a konvekce (Čížková, 2006).

Obrázek č. 1: Schéma struktury polykormonu rákosu. Modré šipky znázorňují směr provětrávání polykormonu. Schéma H. Čížková. Převzato z:

<http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/procesy-spojene-s-eutrofizaci-mokradu.pdf>



2.3. Cyklus uhlíku

Sušina živé biomasy vyšších zelených rostlin je tvořena průměrně ze 45% uhlíkem. Rychlost fotosyntetického příjmu oxidu uhličitého primárními producenty

ze vzduchu je určována rychlostí obratu uhlíku v terstrických ekosystémech. Určuje také dobu setrvání uhlíku ve vytvořených organických látkách a též dobu setrvání v opadu v odumřelých částech rostlin, popř. také v detritu (drobné rostlinné zbytky) a tím také rychlost jejich rozkladu, popř. dobu setrvání ve formě humusu. Tím navazuje cyklus uhlíku bezprostředně na průběh detritového a pastevně-kořistnického potravního řetězce.

Primární produkce a její rozklad jsou závislé na stanovištních podmínkách (rozklad především na teplotě a vlhkosti). Rychlost obratu uhlíku je v podstatě určována klimatickými podmínkami, tj. průběhem a hodnotou ozáření, teplotou a zásobeností vody během roku. Rozdíly v průběhu cyklu uhlíku v jednotlivých typech makroklimatu, tj. v jednotlivých vybraných biomech na Zemi, můžeme tak stanovit z globálního hlediska. Strategické vlastnosti a životní forma hlavních rostlinných dominant jsou spojeny s rozdělením uhlíku do jednotlivých částí. Tyto části jsou tvořeny klimaxovými společenstvy těchto ekosystémů. To je způsobeno výběrem hlavních dominantních rostlinných druhů a jejich fylogenetické a florogenetické adaptace na různé klimatické podmínky (Slavíková 1986).

2.3.1. Celkový koloběh uhlíku

Zásobníky uhlíku jsou porost, opad, půda, voda a vzduch. Toky uhlíku zahrnují vstupy, výstupy a vnitřní koloběhy. Příkladem vstupů uhlíku je fotosyntéza, přísun uhlíkatých látek deštěm, suchým spadem. Za výstupy považujeme respiraci a vyplavování. Vnitřní koloběhy zahrnují: translokaci uhlíkatých látek v porostu, přísun do detritového řetězce, přeměnu rostlinného opadu na humus apod. (Úlehlová, 1989).

Hlavním zásobníkem uhlíku v ekosystémech je půda, jeho hlavním zdrojem je neživá půdní organická hmota – humus, kořeny rostlin a edafon. Půdní dýchání (dýchání kořenů, půdních živočichů a mikroorganismů) a dýchání nadzemních částí porostů jsou hlavními cestami výstupu uhlíku z ekosystému. Uhlík vystupuje z ekosystémů, kromě dýchání, vyplavováním uhlíkatých látek z půdního profilu a exportem z ekosystémů živočichy či větrem (Úlehlová, 1989).

Produkce opadu představuje hlavní složku čisté primární produkce a také primární energetický zdroj vstupující do detritového potravního řetězce v přirozených ekosystémech. Produkci opadu lze definovat jako množství mrtvého

materiálu, které je vztaženo k jednotce povrchu, nebo objemu půdy za jednotku času.

Veškerý materiál, který na rostlině, nebo porostu odumře, nepřechází ihned do opadu. Značné množství mrtvého materiálu na rostlině či v porostu přetrvává jako stařina, zejména v některých travních a mokřadních porostech. Rychlost hromadění opadu na povrchu půdy je výsledkem vzájemných vztahů mezi produkcí a mizením opadu. Vymývání, vyluhování, mikrobiální rozklad, konzumace živočichy, odnos větrem a sklizeň jsou hlavní procesy, způsobující mizení opadu z ekosystémů. Série ročních vstupů a postupných rozkladů opadů a postupného rozkládání zbytků v různých půdních horizontech je výsledkem hromadění opadu v ekosystémech. Z každého rostlinného opadu je část zmineralizována a část zhumifikována (Úlehlová, 1989).

Průběh energetického toku je jednosměrný, od Slunce, přes primární producenty, až k rozkladačům. Látky však ve funkčních ekosystémech kolují. Koloběh každého biogenního prvku má trojí rozměr: uvnitř rostliny, v ekosystému a v ekosféře. Každý organismus přijímá látky, které se pak stávají součástí hmoty jeho těla, nebo je využívá v procesu metabolismu a vylučuje je (Larcher, 1988). Primární produkční proces u rostlin je základem pro roční bilanci koloběhu uhlíku v ekosystému (Úlehlová, 1985). Měřítkem fotosyntetické aktivity zelených orgánů rostlin je velmi často jejich příjem vzdušného oxidu uhličitého.

Kromě jiného také proto, že existuje řada přesných metod pro měření koncentrace CO_2 ve vzduchu, které jsou nám k dispozici (Gloser, 1987). V porovnání se vzduchem je koncentrace kyslíku ve vodě menší, protože jeho rozpustnost ve vodě je nízká. Kyslík je produkován a uvolňován při fotosyntéze. Fotosyntetická produkce v okolí ponořených rostlin zvyšuje koncentraci kyslíku nad hodnotu nasycení vzduchem (Hejný et al., 2000).

Fotosyntéza je měřena převážně jako rychlost příjmu oxidu uhličitého nebo jako rychlost výdeje kyslíku. Ponořené vodní rostliny jsou adaptovány k nedostatku světla. Fotosyntéza těchto rostlin začíná již při velmi nízkých intenzitách světla. Výdej kyslíku fotosyntézou převládne nad dýcháním při intenzitě okolo 1 W/m^2 . Se zvyšující se intenzitou světelného záření, ponořené rostliny rychle reagují a jejich fotosyntéza se mnohonásobně roste. Poměrně rychle se však nasytí světlem (Hejný et al., 2000).

Uhlík, dusík a jiné prvky se v ekosystému vyskytují v půdě, vodě, vzduchu a ve všech biotických složkách. Tyto i jiné zásobníky představují struktury

ekosystémů. Ty neustále, nebo za určitým časovým obdobím, přenášejí určitá množství prvků do jiných zásobníků nebo struktur. Tento přesun prvků nebo látek nazýváme toky. Jednotlivé ekosystémy mohou mít různorodou komplexní vnitřní strukturu. Například počet a druhová pestrost živých složek, kvalita a počet limitujících podmínek stanoviště. Tyto podmínky zároveň s klimatickými režimy řídí ontogenezi biotických složek ekosystémů a sezónní změny faktorů stanoviště. Tímto se z nich stávají řídicí faktory ekosystémů (Úlehlová, 1989).

Největším zásobníkem uhlíku je atmosféra. Oxid uhličitý je z atmosféry převáděn procesem fotosyntézy do organických látek těl primárních producentů. Biomasa rostlin může být, jako čerstvá, využita člověkem nebo herbivorními organismy. Jakmile odumře, dostane se do formy stařiny nebo opadu, která je osídlována mikroorganismy a pomalu rozkládána. Může být zároveň využita i dalšími skupinami organismů (Úlehlová, 1985). Při studiu bilance uhlíku v ekosystému se obsah uhlíku stanovuje v jeho jednotlivých částech (zásobnících). Dále se bilance uhlíku stanovuje v tocích mezi těmito částmi a také mezi ekosystémem a okolím. Zásobníky uhlíku se definují podle zaměření výzkumu. Pro jednoduchou uhlíkovou bilanci se využívá pět kategorií zásobníků: živá nadzemní biomasa rostlin, živá podzemní biomasa rostlin, odumřelá nadzemní biomasa rostlin, odumřelá podzemní biomasa rostlin a zásoba organického uhlíku v půdě (Čížková et al., 2004).

V přirozených ekosystémech je produkce opadu hlavní součástí čisté primární produkce. Je také primárním energetickým zdrojem, který vstupuje do detritového potravního řetězce. Produkci opadu se rozumí množství mrtvého materiálu (rostlinného, živočišného i mikrobiálního původu), které se dostane na jednotku povrchu, nebo objemu půdy za jednotku času. Všechn odumřelý materiál na rostlině nebo porostu nepřechází ihned do opadu. Obzvláště v některých travních a mokřadních porostech velké množství odumřelého materiálu na rostlině, nebo v porostu setrvává v podobě stařiny. Tu je nutno zahrnout do stanovení celkové produkce opadu (Úlehlová, 1989).

Půdní organická hmota váže uhlík pomocí různých vazeb. Biotické složky ekosystémů mohou proto využívat tento uhlík jen omezeným způsobem. Uhlíkaté látky, které nejsou spotřebované jednotlivými biotickými složkami, se shromažďují v půdním humusu během vegetačního období. Sklizeň zelené hmoty a množství uhlíkatých látek každoročně přechází do humusové zásoby. To jsou z prakticky

nejdůležitější složky čisté primární produkce. Se stoupající půdní vlhkostí stanoviště se zvyšuje i obsah uhlíku. Půdní uhlík je z části vázán pomocí mikroorganismů (Úlehlová, 1985).

Mokřady jsou nezastupitelné v globálním cyklu uhlíku. Jsou také významnými půdními zásobníky uhlíku. V tomto prostředí je prodloužena doba rozkladu organické hmoty díky nasycení půdy vodou. To zapříčiňuje postupné hromadění uhlíku v uložené organické hmotě. V mokřade je uhlík vydáván v podobě CO₂ a methanu. Methan, s částí vznikajícího CO₂, je produkován v hlubších vrstvách půdy v procesu metanogeneze. Zbylé emise CO₂ způsobuje oxidace methanu ve svrchní vrstvě půdy mokřadu. Tyto emise jsou pozůstatkem také ve fermentačních a respiračních pochodech (Dušek et al., 2009).

Stářím ekosystému, kromě jiných faktorů, určuje akumulaci uhlíku v ekosystémech. U mladých ekosystémů je zvýšená intenzita hromadění organické hmoty. Se vzrůstajícím věkem mokřadních ekosystémů se vyvíjí komplex potravních řetězců. Ten část akumulované organické hmoty opět spotřebovává. Organická hmota může být však, v půdách mokřadů, uložena dlouhodobě. Obsah uhlíku v mokřadních půdách může být mnohonásobně větší, než roční produkce těchto ekosystémů (Mitsch a Gosselink, 1993).

2.3.2. Bilance uhlíku

Mokřady patří k přirozeným či přírodě blízkým ekosystémům, které dlouhodobě akumulují organický uhlík vytvořený fotosyntetickou asimilací rostlin. Uhlík, dusík a jiné prvky se v ekosystému vyskytují v půdě, vodě, vzduchu a ve všech biotických složkách. Určitá množství prvků, z každého z těchto zásobníků a ze struktur ekosystémů (toky látek či prvků), jsou přenášena do jiných zásobníků nebo struktur buď setrvale, nebo za určité časové období (Úlehlová, 1989). Rozdíl mezi příjmem a výdejem uhlíku určuje bilanci uhlíku rostlinného společenstva.

Příjem se rovná celkovému množství uhlíku vázaného v průběhu roku fotosyntézou. K měření hrubé primární produkce (PP_g) se využívá přibližného odhadu z hodnot čisté primární produkce (PP_n) a dýchání (R) společenstva: $PP_g = PP_n + R$, jelikož u suchozemských rostlin ji v přírodě měřit nemůžeme. Pro tvorbu organické hmoty slouží výtěžek čisté primární produkce, z níž část ztrácejí rostliny v průběhu roku opadem (L) a část spasou konzumenti (G). Ztráty, z čistého výtěžku

asimilace, zahrnují opad listů, květů, plodů, rozklad odumřelých větví, rozklad mrtvých kořenů, spotřebu živočichy a parazity a uvolňování asimilátů v kapalné formě jako kořenové exudáty, nebo pro spotřebu symbiontů (mykorrhiza). Zbývající část čistého výtěžku zvětšuje množství živé rostlinné hmoty na jednotku plochy půdy (biomasa B); odpovídá tedy roční změně hmotnosti sušiny rostlin v porostu (ΔB) (Larcher, 1988).

Rovnice měření hrubé primární produkce.

$PP_n = \Delta B + L + G$ (Larcher, 1988).

Hmotnost sušiny rostliny zvyšuje asimilovaný uhlík, který není prodýchán a může být použit pro růst nebo vytváření zásob. Zvyšování hmotnosti rostlin je způsobeno akumulací uhlíku. Zvětšování biomasy rostlin působené hromaděním produktů asimilace se nazývá produkce sušiny. Rostlinná produkce závisí především na těchto faktorech: a) na rychlosti fotosyntetické asimilace uhlíku, b) na velikosti asimilačního aparátu (tj listové plochy), c) na délce období (délka vegetační sezóny), v němž rostliny mají kladnou čistou bilanci příjmu a výdeje uhlíku (Larcher, 1988). Porosty rostlin s aktivní fotosyntézou přijímají CO_2 , což způsobuje pokles obsahu tohoto plynu v přilehlé vrstvě vzduchu v porovnání s vrstvami vyššími. Vzniklý koncentrační spád vede k toku CO_2 z vyšších vrstev vzduchu směrem k porostu (Gloser, 1989). Výměna CO_2 je způsobena mnoha faktory z vnějšího prostředí.

Fotosyntéza je fotochemický proces závislý na dostupnosti záření. Temnostní fáze fotosyntézy a dýchání jsou biochemické procesy, limitované hlavně teplotou a dostupností CO_2 . Produkce je ovlivňována, kromě těchto faktorů vnějšího prostředí, také minerální výživou porostů a zásobováním vodou (Larcher, 1988).

2.3.3. Hospodaření rostlin s uhlíkem

Rostliny používají ke zvyšování sušiny asimilovaný uhlík, který není prodýchán, (tj. výtěžek hospodaření s CO_2) a může být použit také pro růst nebo pro vytváření zásob. Akumulace uhlíku se projevuje zvyšováním hmotnosti rostlin. Tento nárůst lze přímo měřit vážením sklizených a usušených rostlin. Zvětšování biomasy rostlin, způsobené hromaděním produktů asimilace se nazývá produkce sušiny. K redukci oxidu uhličitého při syntéze uhlikatých sloučenin s vysokým obsahem energie užívají rostliny energii a „schopnost redukce“ získanou v primárních reakcích rostliny. Tato reakce probíhá ve stromatu chloroplastů a začíná vazbou CO_2

na akceptor. Rychlost karboxylace, tj. rychlost zpracování přijatého CO₂, závisí především na přísunu CO₂, koncentraci akceptoru a aktivitě enzymu. Aktivita enzymu je dále závislá na teplotě, vodním potenciálu buňky, přiměřené dostupnosti minerálních látek a na stupni vývoje a aktivity rostliny (Larcher, 1988).

Množství uhlíku vázaného v porostech a toky uhlíku v porostech počítáme na základě údajů o produkci biomasy a na základě obsahu uhlíku stanoveného v jednotlivých typech rostlinných materiálů v průběhu vegetačního období. Podobně množství uhlíku vázaného v opadech, případně toky uhlíku do dekompozičního řetězce prostřednictvím opadů počítáme na základě produkce biomasy opadů a obsahu uhlíku v nich. Uhlík v rostlinných materiálech stanovujeme buď na základě elementární analýzy, nebo tak, že stanovíme obsah popela v konkrétním materiálu a obsah uhlíku následně odhadneme jako polovinu bezpopelné sušiny. V nadzemních částech rostlin popel představuje podíl většinou do 10 % suché biomasy, v podzemních částech pak většinou do 30 % (Úlehlová, 1989).

2.4. Specifika mokřadních ekosystémů

Specifikace mokřadních ekosystémů spočívá v půdě nasycené vodou, a v typech flóry a fauny žijící v zemi nebo na jejím zamokřeném povrchu (Vymazal, 1995). Dále je to podpora růstu vegetace adaptované na zaplavení a absence rostlin citlivých na zaplavení (Mitch a Gosselink, 1986).

Pro mokřadní ekosystémy je typická nerovnováha mezi produkcí a rozkladem organické hmoty. Hlavními příčinami nerovnováhy jsou především vysoká hladina vody s ní související omezený rozklad organické hmoty za nepřístupu kyslíku. Díky tomuto omezení se organická hmota v rašeliništích obvykle hromadí. Velký vliv na utváření a fungování ekosystému rašelinišť má změna využití půdy nebo klimatické změny. Kolísání vodní hladiny je klíčovým faktorem při změně vegetace v mokřadních ekosystémech. Snížení vodní hladiny zvyšuje dostupnost kyslíku na povrch. Tím pádem lze předpokládat zrychlený rozklad organické hmoty. Dlouhodobé změny v cyklu uhlíku se mohou lišit od krátkodobých. Krátkodobé změny cyklu jsou obvykle vyvolány změnami ve vnějších podmínkách. Krátkodobé změny cyklu mohou narušit systém ukládání uhlíku do těla rostlin a tím se může ztrácet uhlík z půdního profilu. Dlouhodobé změny, související převážně s kolísáním vodní hladiny, jsou obvykle vyvolány dlouhodobou až trvalou změnou podmínek v

mokřadním ekosystému (Laiho, 2006).

V mokřadním ekosystému působí v cyklu uhlíku dva hlavní činitelé: vegetace vytvářející organickou hmotu a rozkladači spotřebovávající organickou hmotu v různém rozsahu. Výška vodní hladiny a pH půdy jsou hlavními faktory značně ovlivňující rozvoj vegetace. Dosavadní společenstva se přizpůsobují a dominují těmto podmínkám. Nová společenstva se musejí nejprve na tyto podmínky adaptovat. Změny společenstev a jejich zastoupení a hojnost druhů mohou být určujícím faktorem pro bilanci uhlíku na stanovišti. Opad, skládající se z různých druhů, se může lišit v míře rozkladu. Obecně platí, že po snížení vodní hladiny, začne klesat variabilita druhů přizpůsobených zamokření. Trvalý pokles vodní hladiny indikují *Carex rostrata* a *Carex lasiocarpa*, které trpí suchem a mizí ze stanoviště ve značné míře. Změny hydrologických poměrů stanoviště ovlivňují rostlinná společenstva, stejně jako mikrobiální společenstva v dané lokalitě (Laiho, 2006).

2.4.1. Fixace uhlíku mokřadními rostlinami

Výměna plynů spojuje buněčný metabolismus uhlíku s vnějším prostředím. Při fotosyntéze chloroplasty spotřebovávají nezbytný CO₂ a uvolňují kyslík. Buňky zároveň ve dne i v noci přijímají kyslík nutný pro dýchání a uvolňují oxid uhličitý (Larcher, 1988).

Studujeme-li fotosyntetickou fixaci uhlíku rostlinami je potřeba rozlišovat, probíhá-li výměna plynů ve vzduchu nebo ve vodě. Ponořené a plovoucí rostliny (hydrofyta) mají většinu své fytohmoty ve vodě. Emerzní rostliny (helofyta) mají listy (asimilační orgány) z větší části ve vzduchu. Kořeny těchto rostlin jsou v půdě zatopené vodou, kde je nízký obsah kyslíku. Životní podmínky rostlin ve vodě a v půdě, zatopené vodou, jsou ovlivňovány pomalým pohybem plynů ve vodě. Rozpustnost plynů ve vodě je odlišná, proto se koncentrace plynů ve vodě, v porovnání se vzduchem, liší. Koncentrace kyslíku a oxidu uhličitého ve vodě mohou během dne výrazně kolísat v porovnání s koncentracemi ve vzduchu, kde jsou poměrně stálé (Hejný et al., 2000).

Fotosyntetická fixace uhlíku rostlinami je obvykle měřena jako rychlost výměny plynů mezi zelenými částmi rostlin a jejich prostředím. Zelené orgány suchozemských a emerzních vodních rostlin přijímají vzdušný oxid uhličitý, což je častým měřítkem jejich fotosyntetické aktivity. Důvodem je mimo jiné i to, že

existuje k dispozici řada přesných metod pro měření koncentrace CO₂ ve vzduchu (Gloser, 1987). Avšak u ponořených vodních rostlin je fotosyntetická aktivita obvykle sledována jako výdej kyslíku. Jelikož je jeho rozpustnost kyslíku ve vodě nízká, je jeho množství ve vodě menší, ve srovnání se vzduchem. Fotosyntetická produkce kyslíku zvyšuje jeho koncentrace v okolí ponořených rostlin nad hodnotu nasycení vzduchem (Hejný et al., 2000).

Kyslík je ve vodě rozpuštěný a neslučuje se s ní, avšak oxid uhličitý s vodou reaguje a tvoří kyselinu uhličitou, která disociuje na hydrogenuhličitanový a dále na uhličitanový anion. Většina rostlin může pro fotosyntézu získávat nezbytný uhlík jak z rozpuštěného oxidu uhličitého, tak i z rozpuštěného hydrogenuhličitanu. Voda přitom plní funkci transportního i rozpouštěcího činidla. Vodní rostliny přijímají potřebný uhlík celým svým povrchem těla. Na rozdíl od suchozemských rostlin, které mají k těmto účelům určeny průduchy, nemají vodní rostliny vyvinuto žádné speciální zařízení (Reichholf, 1998).

Na rychlost fixace CO₂ je ovlivňována mnoha vnějšími faktory. Fotosyntéza je fotochemický proces, který je přímo závislý na dostupnosti záření. Temnostní fáze fotosyntézy a dýchání jsou čistě biochemické procesy, které jsou limitované především teplotou a dostupností CO₂. Fotosyntéza, u různých typů rostlin, je proměnlivá v závislosti na světle. To se projevuje také v podmínkách přirozených stanovišť. Není-li výměna plynů omezena jinými lokálními faktory prostředí, např. zásobování vodou a teplota, odpovídá čistá fotosyntéza dostupnosti světla až do oblasti nasycení (Larcher, 1988).

Rychlost příjmu CO₂ u C₄ rostlin je přímo úměrná intenzitě záření. Tyto rostliny mohou pro fotosyntézu plně využívat i nejvyšších intenzit záření. U C₃ rostlin je fotosyntéza nasycena zářením dříve, takže nemohou silného ozáření plně využít. Sciofyty jsou přizpůsobené k využívání slabého světla. Jejich využívají světla je lepší než u heliofytů, zejména časně ráno, pozdě večer a v době, kdy je obloha zatažená. Nejsou však schopny efektivně využívat silného ozáření (Larcher, 1988).

Faktory prostředí nepůsobí nikdy izolovaně. Rychlost výměny plynů je ovlivňována spolupůsobením vnitřních faktorů a faktorů prostředí. Jejich specifické působení lze jen těžko rozpoznat. Z mnoha působících faktorů v dané chvíli obvykle jeden rychlost fotosyntézy limituje, avšak jiné ji nadále podporují. Optimální a maximální teploty pro čistou fotosyntézu se, při vzrůstajícím ozáření, posunují směrem k vyšším hodnotám (Larcher, 1988).

Životní forma makrofyt je určující z hlediska produkce biomasy vodních a mokřadních rostlin spolu s úživností lokality. U emerzních a semiemerzních makrofyt je zaznamenána relativně vysoká fixace uhlíku, na eutrofních stanovištích pak u submerzních makrofyt. Nízká primární produkce je typická pro oligotrofní stanoviště, kde také probíhá pomaleji rozklad opadu (Květ et al., 2008).

2.5. Popis studovaného druhu

2.5.1 Základní charakteristika ostřice štíhlé

Charakteristiku ostřice štíhlé (*Carex acuta*) ve své práci podrobně zpracovala Soukupová (1986) a v následujícím textu je uveden výtah.

(Geografie) Tento rod (*Carex* L.), čeleď šáchorovité, se vyskytuje po celém světě a skýtá 1000 až 2000 druhů. Ve střední Evropě se vyskytuje 80 druhů z celkového počtu 220 druhů známých v Evropě, které tvoří nejpočetnější skupinu na mírném pásu severní polokoule. Také arktické oblasti a horské oblasti tropů jsou osidlovány těmito druhy. Ve střední Evropě je to přibližně 30 druhů.

(Ekologie) Vegetace vysokých ostřic je vázána na různé typy mokřadů, především pobřežní mělčiny rybníků, říční ramena a tůň v pokročilém stadiu sukcese, podmáčené terénní sníženiny na loukách, zaplavované říční a potoční nivy apod. Výška vodního sloupce zpravidla výrazně kolísá během vegetačního období a přes léto většina ostřicových porostů zcela vysychá. Dlouhodobější nedostatek vody má však za následek ochuzení porostů o citlivé vlhkomilné druhy a naopak pronikání ruderalních druhů. Substrátem jsou těžké jílovité oglejené půdy, na povrchu často se silnou vrstvou organického sedimentu v různé fázi rozkladu, se střední až vysokou zásobou živin. Půdní reakce je mírně bazická až kyselá.

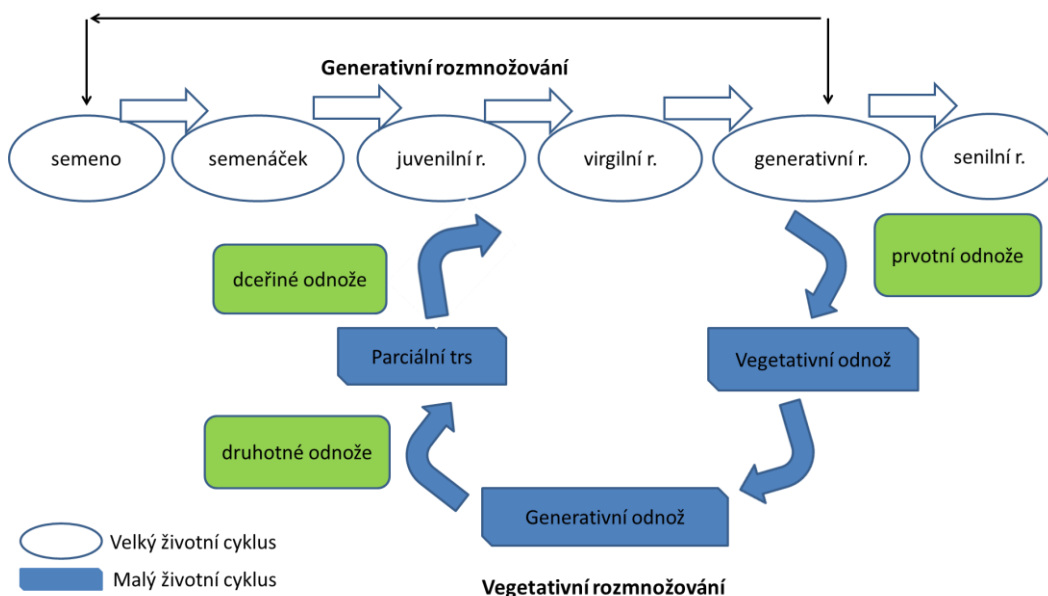
Ostřice štíhlá patří mezi ostřicemi mezi vysoké druhy dorůstající výšky až 150 cm. Tento druh se vyznačuje dlouhými podzemními článkovanými výběžky pokrytými dlouhými tmavými šupinami a silnými odnožemi, vyrůstajícími v trsech. Dalším typickým znakem je trojhranné stéblo, které je před rozkvetem na konci ohnuté a při ohnutí praská. Listové čepele jsou dlouhé 30-140 cm, široké 5-9 mm a dvakrát přehnuté. Listy jsou s horní strany zelené a lesklé a zespoda jsou šedo-zelené a matné. Listy jsou postupně zúžené v převislou trojhrannou špičku. Květenství může dosahovat až jedné čtvrtiny stonku. Přesahující listen spodního klásku květenství. Nejprve vykvétají samčí klásky, uspořádání klásku je tedy androgenní. Květenství

kvete odspodu – akropetálně a je anemofilní. Samčí klásky se utváří po jednom až dvou, jsou 2 – 6 cm dlouhé, červenohnědé. Samičí klásky se utváří po třech až pěti, jsou 3-10 cm dlouhé, černozeleňé. Plody jsou tmavě hnědé, 2 mm dlouhé, opakvečíté. Semena se šíří převážně vodním ptactvem, vodou a větrem. (Soukupová 1986).

2.5.2. Životní cyklus ostřice štíhlé

Životní cyklus ostřice štíhlé se rozděluje na velký a malý. Ve velkém životním cyklu se rostlina vyvíjí od semene přes juvenilní, virgální a generativní rostliny až po staré vegetativní a senilní rostliny. Generativní i vegetativní rozmnožování je možné díky generativním rostlinám které má jí klíčový význam. V malém životním cyklu umožňuje rostlinám generativní i vegetativní rozmnožování periodický rozvoj odnoží. Životní cyklus ostřice štíhle se rozděluje na fázi generativní a vegetativní. Semeno je určujícím morfologickým útvarem v generativní fázi. Prematurální období (před vznikem semene) a období postmaturální (po vytvoření semene) jsou fáze určované existencí semene. Minimální délka trvání celé generativní fáze je 36 měsíců od počátku formování semene po juvenilní rostlinu. Odnož je morfologickým ukazatelem vegetativní fáze životního cyklu. Odnožováním virgálních rostlin, které vznikly původně z rostlin juvenilejších, vznikají dicyklické odnože. Po jejich odumření vznikají dceřiné rostliny z parciálních trsů, které se vytvářejí druhotným odnožováním rostlin. Neúplný životní cyklus trvá, oproti vegetativní části úplného životního cyklu o délce 24 měsíců, 6 – 13 měsíců a je ukončen v zimním období, po němž není růstový vrchol aktivován. Takto vypadá životní cyklus rostliny v ideálním případě. K vytvoření semen, kvetení, založení generativních odnoží, tvorbě apogeotropních a diageotropních výhonů nemusí, u řady vegetativních odnoží, vůbec dojít. V hromadící se organické hmotě dochází k ukládání, konzumaci nebo rozložení u většiny nevyklíčených semen (Soukupová, 1986).

Obrázek č. 2: Životní cyklus ostřice štíhlé (Carex acuta) (upraveno dle Soukupové (1986)).



2.5.3. Strukturní charakteristika kořenů

Kořen (radix) je podzemní nečláňovaný orgán, který je charakteristický svým neomezeným růstem do délky (Slavíková, 1984). Kořen je bezlistý a nepravidelně větvený. Pletiva neobsahují chlorofyl, a proto jsou kořeny nezelené (Kubát et al., 1998).

Jednoděložné rostliny jsou charakteristické vznikem adventivních (přídavných) kořenů (s výjimkou primárního kořene), které většinou vyrůstají z oddenků nebo z bazálních částí prýtů. Typickou vlastností kořenů jednoděložných rostlin je to, že většinou nedochází ke druhotnému tloušťnutí, a kořen pak po celou dobu života má pouze primární stavbu (Černohorský, 1964).

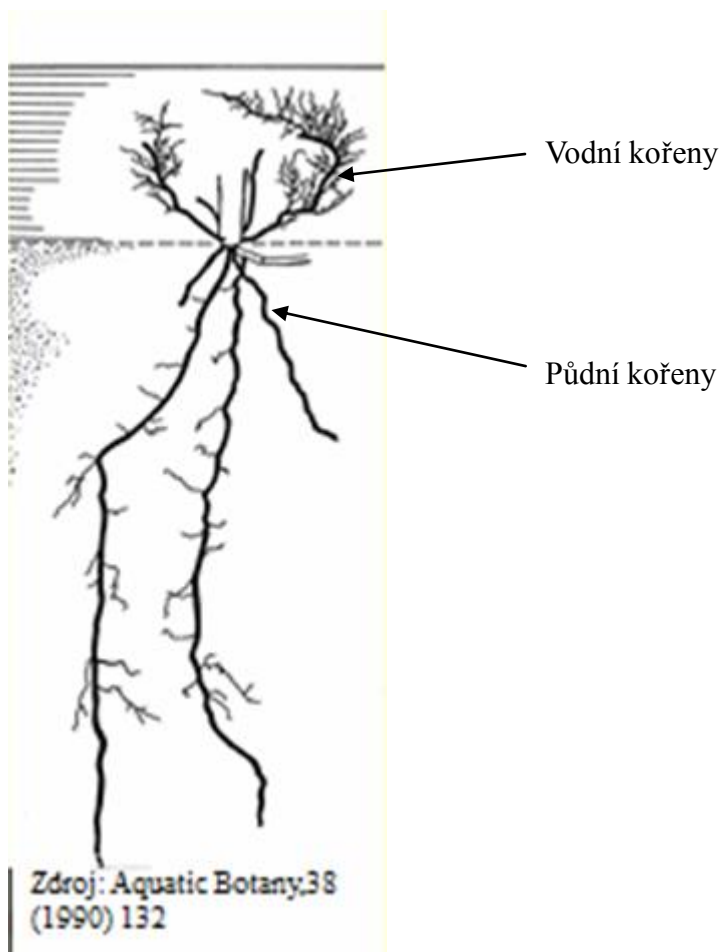
Růst kořene je umožněn činností vrcholového meristému. Vrcholový meristém je chráněn čepičkou (Slavíková, 1984). Čepička (kalyptra) je tvořena z parenchymatických buněk. Vnější buňky čepičky slizovají a to umožňuje snazší pronikání kořene půdou (Kubát et al., 1998).

Podzemní biomasa lučních porostů tvoří, po stránce funkční i strukturní, významnou součást ekosystému. Hlavní podíl tvoří převážně husté svazčité kořeny trav, kořeny různých druhů bylin, oddenky, hlízy a cibule. Jejich zastoupení v půdě je tak bohaté, že travní porosty jsou v praxi označovány jako drnový fond. Půdní

biomasa travinných společenstev je velmi významným faktorem v obnově půdní struktury a úrodnosti, hraje tedy klíčovou roli ve funkci travinných ekosystémů. Identifikace podzemních orgánů je značně obtížnější oproti nadzemním prýtům z hlediska jejich značné druhové rozmanitosti. Struktury jsou plstnaté, navzájem těžko oddělitelné, prorůstající porostem. Značná je i věková rozmanitost podzemních orgánů. Životnost mladých absorpčních kořenů je obvykle v rozmezí dnů až týdnů, některé přežívají i desítky let. (Rychnovská et al., 1985).

U mokřadního druhu *Carex acuta* se vyvinuly dva morfologicky rozdílné typy kořenů (obr. č. 3). „Půdní“ kořeny, které jsou chudě větvené a kladně geotropické. „Vodní“ kořeny, které jsou bohatě větvené a vyrůstají nad povrch substrátu směrem k vodní hladině. Ve srovnání se zaplavenými rostlinami, měly terestrické rostliny *Carex acuta* soustavu pouze kladně geotropických „půdních“ kořenů (Končalová 1985, Končalová a Pazourek 1988, Končalová 1990).

Obrázek č. 3: Kořeny ostřice štíhlé (*Carex acuta*).



2.5.4. Funkční charakteristika kořenů

Hlavní funkce kořene spočívá v upevnění rostliny v půdě. Další významnou funkcí kořene je čerpání a rozvod minerálních látek (Kubát et al., 1998). Dále zásobuje rostlinná pletiva vodou (Seiler, 1994). Plní funkci zásobní a syntetizuje důležité organické látky. Kořeny také mohou simbiotizovat s houbami a mikroorganismy, vyskytujícími se v půdě (Slavíková, 1984). Kořeny také chrání půdu před vodní erozí (Penka, 1970).

Funkce kořenů spočívá i ve vnitřním provětrávání. Difúze je hlavní mechanismus transportu atmosférického kyslíku přes soustavu vzdušných prostor uvnitř rostliny. Transportovaný kyslík do kořenů je využit pro aerobní respiraci buněk. Část kyslíku difunduje radiálním směrem ze vzdušných prostor kořene přes povrchová pletiva do rhizosféry a tím vytváří v okolí kořene okysličenou vrstvu. Tato okysličená vrstva částečně chrání rostlinná pletiva před toxickým působením látek,

které se vytvářejí v anaerobním prostředí (obr. č. 4).

Mokřadní rostliny jsou schopné radiální únik kyslíku do určité míry omezit a tím zajistit, aby se dostatečné množství kyslíku dostalo k apikálnímu meristému. U starších částí oddenků a kořenů vznikají tzv. ochranné bariéry. Tyto ochranné bariéry tvoří povrchové a podpovrchové vrstvy pletiv, které jsou tvořeny buňkami se ztloustlými buněčnými stěnami impregnovanými ligninem, kutinem či suberinem (voskovitá látka, která se ukládá ve ztlustlých buněčných stěnách korkového pletiva), které omezují propouštění plynů. Vrstvy brání úniku kyslíku z pletiv do okolí a zároveň tvoří bariéru proti průniku fyto toxinů z anaerobního prostředí do pletiv kořene (Čížková, 2006).

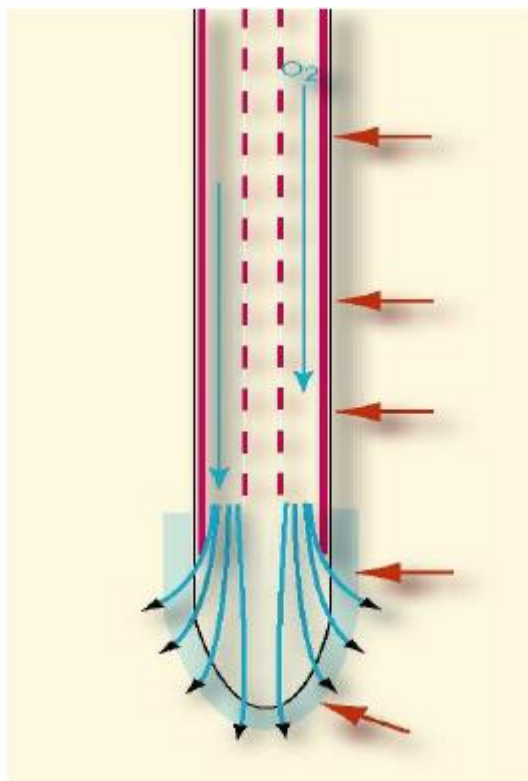
Podle hlavní funkce dělíme kořeny na absorpční a zásobní, které však postupně ztrácejí vitalitu, odumírají a rozkládají se. Zařazení do kategorií živé nebo mrtvé biomasy nelze zcela jednoznačně klasifikovat z hlediska pomaleji a difuzněji postupujícího stárnutí a odumírání nežli u nadzemních kultur. Obě tyto kategorie bývají většinou v ekologických studiích slučovány.

Funkční mnohotvárnost podzemní biomasy je značná, nutno rozlišovat absorpční a rezervní orgány, dále reprodukční části (vegetativní i zásobu semen a podzemní osy s funkcí mechanickou i vodivou (Šalyt, 1950). Rozmanité funkce kořenů je nutné rozlišovat pro případné modelování toku energie.

I zdánlivě jednoduchý svazčitý kořenový systém, jako je tomu u studie jednoduchých préríjních trav *Bouteloa gracilis* ukazují, že má kategorie jivilejních kořenů, z nichž vzniká kořenové vlášení a také kořeny, které ukončily dlouhý růst a začínají tloustnout. Není-li jejich pokožka impregnovaná suberinem, zastávají funkci výkonného orgánu absorpce vody. Kořeny ztrácejí schopnost přijímat vodu a začnou zastávat funkci orgánu zásobního, jakmile začne suberinu přibývat. Dekompoziční potravní řetězec je obohacován o substrát všech těchto kategorií kořenů, které odumírají a přecházejí do něj. (Ares a Singh 1974, Ares 1976).

Obrázek č. 4: Tok kyslíku vzdušnými prostory kořene, jeho spotřeba buňkami kořene a únik do rhizosféry. Schéma A. Soukup. Převzato z:

<http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/procesy-spojene-s-eutrofizaci-mokradu.pdf>



2.5.5. Význam kořenů mokřadních rostlin pro mikrobiální společenstva

Na kořenech makrofyt se vytváří aktivní vrstva bakterií. Na povrchu kořenového systému rostlin je hustota populace bakterií vyšší než v okolním substrátu (Čížková-Končalová, 1992).

3. POPIS LOKALITY

Lokalita „Mokré Louky“ se rozprostírá v oblasti od zámeckého polesí směrem k rybníku Rožmberk v širokém pásu na východním okraji Třeboně. Jedná se o ploché území, tvořené z přirozeně konzervovaných zbytků olšin, vrchovišť a slatinišť z období holocénu, překryté vrstvou humolitů a rozkládají se na ploše 450 ha. Rozsáhlý komplex rašelinišť Zámeckého a Cepského polesí je tvořen Mokkými Loukami, které jsou jeho severním výběžkem. (Jeník a Květ, 1983)

Toto území je vyplněno několikametrovou vrstvou rašeliny překrytou čtvrtohorními aluviálními písky a jíly. Mokré Louky se nacházejí v inundačním prostoru rybníka Rožmberk. Výška vody je částečně regulována systémem kanálů, které jsou spojeny s „Prostřední stokou“ (jeden z přítoků Rožmberka). Výška vodní hladiny kolísá a v době záplav může překročit úroveň 2 m (záplavy v roce 2002 a 2006). Meteorologická stanice se zařízením pro měření toku oxidu uhličitého (uhlíku) metodou vířivé kovariance je umístěna v severní zamořenější části Mokkých Luk. Oblast v okolí stanice byla naposledy kosena před rokem 1950 a od této doby je porost, tvořený ostřicí štíhlou (*Carex acuta* L.) nekosen. Ostřice štíhlá vytváří výrazné trsy (tzv. „bulky“) s volnými prostory („šlenky“). Struktura porostu je adaptací na kolísání vodní hladiny během roku. Od roku 1980 je pozorována postupná eutrofizace lokality z kosené části Mokkých Luk, která je dosud hnojena kejdou. Eutrofizace se projevuje expanzí ruderálních druhů rostlin (kopřiva, chrastice a další). (Anonymous1 2014)

4. METODIKA

4.1. Odběr biomasy trsů

Odběry biomasy se konaly na stanovišti Mokrý Louky u Třeboně. V roce 2014 byly stanoveny čtyři odběry, z nichž při každém byla vybrána tři odběrová místa. Z každého místa byly odebrány pomocí rýče, o ploše 21 x 22 cm a hloubce 25 cm, tři bulty ostřice štíhlé (*Carex acuta*) a tři vzorky zeminy v bezprostředním okolí odběru bultu o stejné ploše a hloubce. Každý vzorek bultu byl na místě rozdělen nožem na dvě části – podzemní a nadzemní (obr. 5).

Obrázek č. 5: Bult rozdělený na nadzemní a podzemní část.



Vzorky byly umístěny každý samostatně do igelitového pytle s popisnou cedulkou čísla vzorku. Poté byly tyto vzorky odvezeny k dalšímu zpracování do laboratoře. V laboratoři byly vzorky proprány a roztrženy do kategorií: živé odnože, odumřelé odnože, nové odnože, živé kořeny půdní, živé kořeny vodní, odumřelé kořeny, odumřelé oddenky, živé oddenky. Takto rozebrané vzorky byly vloženy do popsáných sáčků (lokalita, datum, číslo vzorku a popisem kategorie) a v sušárně vysušeny do konstantní hmotnosti při 85°C. Po zvážení s přesností na 0,01 g byly zjištěné hodnoty zaznamenány do tabulky a následně vyhodnoceny.

4.2. Odběr půdní sondou

Při třetím odběru bylo v okolí každého odběrového místa odebráno šest vzorků zeminy pomocí půdní sondy. Každý odběr byl proveden v mělké a poté ve střední hloubce. Z každého jednoho odběru tedy vzniklo celkově devět vzorků odebraných rýčem a 18 vzorků odebraných půdní sondou s Kopeckého válečky (obr. 6). Z těchto váleček byla stanovena čerstvá hmotnost zeminy.

Tato zemina byla uložena do označených hliníkových misek a předsušena při laboratorní teplotě. Takto předsušená zemina byla vložena do sušárny, kde byla sušena při 105°C a následně stanovena její sušina. Po zvážení s přesností na 0,01 g byly zjištěné hodnoty zaznamenány do tabulky č. 2.

Obrázek č. 6: Odběr zeminy půdní sondou.

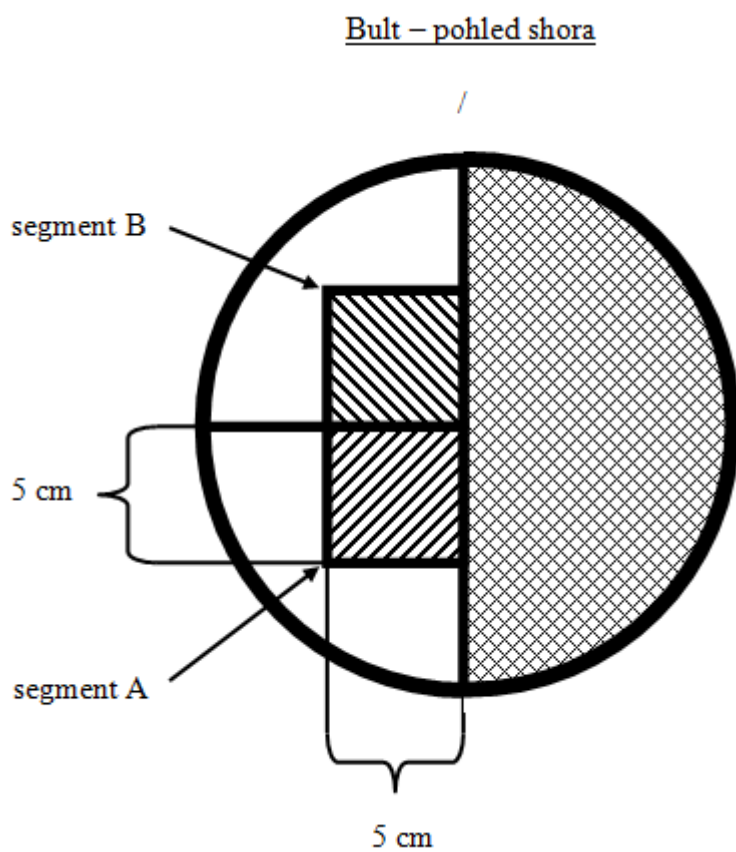


4.3. Postup oddělování výřezů z trsů

Při čtvrtém odběru dne 21.10. 2014 byly trsy 2 a 3 byl rozděleny na dvě poloviny, z nichž jedna byla rozdělena na dva segmenty A a B od středu trsu (obr. č.7). Trs 1 nebylo možné zpracovat. Tyto segmenty měly rozměry 5 x 5 x 18 cm (d.š.v.). Segmenty pak byly rozděleny každý na 6 výřezů o rozměrech 5 x 5 x 3 cm (obr. č. 8). Výřezy byly zváženy a vloženy do popsaných papírových sáčků. Z hmotnosti a konstantního objemu výřezů byla zjištěna jejich objemová hmotnost [$\text{mg}\cdot\text{cm}^{-3}$].

Všechna data byla zapsána do poznámkového bloku a poté přenesena do počítače.

Obrázek č. 7: Nákres výřezu trsu.



Obrázek č. 8: Segment rozdělený na výřezy.

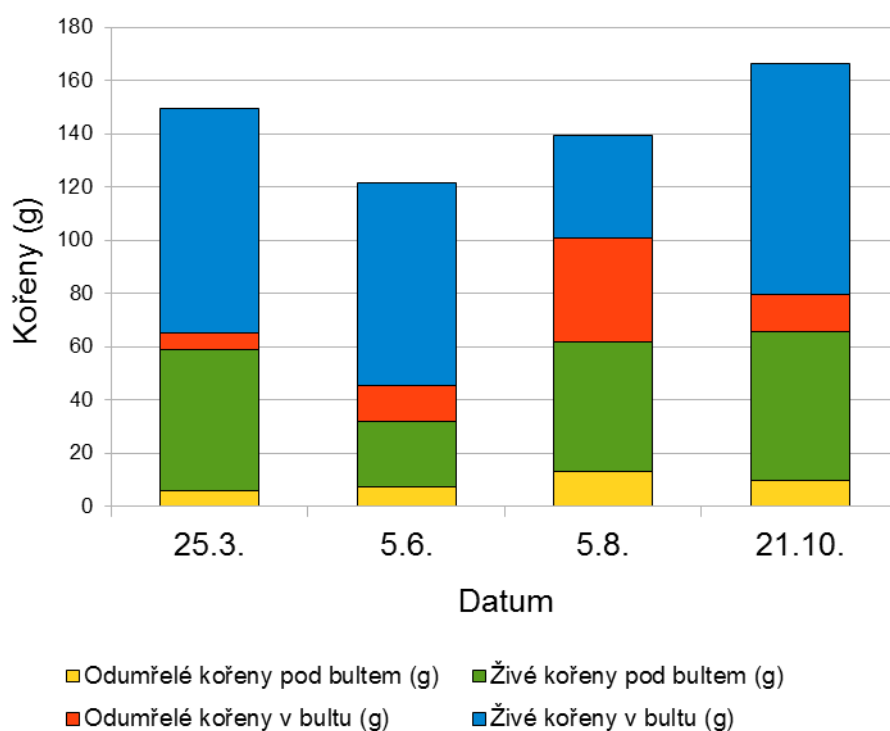


5. VÝSLEDKY

5.1. Průběh podzemní biomasy *Carex acuta* L. během roku

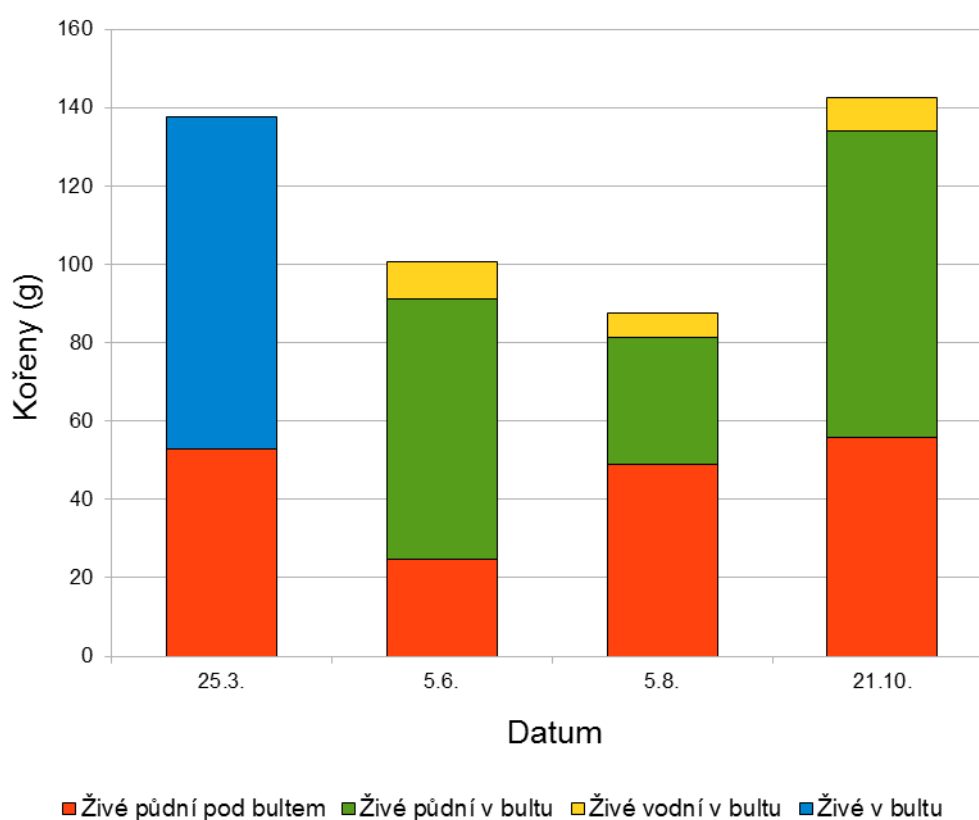
Graf č. 1 zobrazuje hodnoty hmotností (g) kořenů v jednom bultu ostřice štíhlé na Mokřích Loukách u Třeboně v průběhu roku 2014. Z grafu je patrné, že ve všech odběrech převažují živé kořeny nad odumřelými. Jejich celková hmotnost v průběhu roku mírně kolísá. Poměr živých kořenů vůči odumřelým se výrazně neliší, pouze v případě odběru 5.8. 2014 byly naváženy zvýšené hodnoty odumřelých kořenů v bultu. Hmotnost živých kořenů v bultu je téměř vždy vyšší, až na odběr 5.8. 2014.

Graf č. 1: Hodnoty hmotností (g) kořenů v jednom bultu ostřice štíhlé na Mokřích Loukách u Třeboně v průběhu roku 2014.



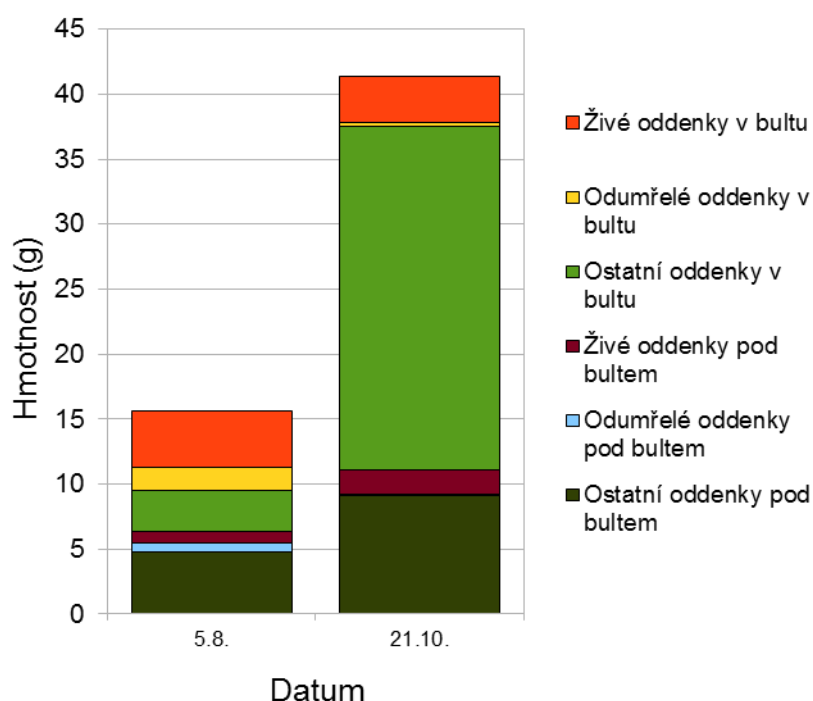
Graf č. 2 zobrazuje průměrné hmotnosti (g) živých kořenů ostřice štíhlé na Mokrých loukách u Třeboně v průběhu roku 2014. Z grafu je patrné že, ve všech odběrech převažují živé kořeny v bultu nad živými kořeny pod bultem, až na výjimku odběru 5.8. 2014. Jejich celková hmotnost v průběhu roku mírně kolísá. Vodní kořeny tvořily pouze malou část živých kořenů v bultu ve všech odběrech, až na odběr 25.3. 2014, kdy ještě nebyly rozlišovány na půdní a vodní.

Graf č. 2: Průměrné hmotnosti (g) živých kořenů ostřice štíhlé na Mokrých loukách u Třeboně v průběhu roku 2014.



Graf č. 3 zobrazuje průměrné hmotnosti (g) oddenků ostřice štíhlé a ostatních oddenků (převážně ze třtiny a puškvorce) na mokřích loukách u Třeboně v roce 2014. Z grafu je patrné, že výrazné zvýšení celkové hmoti kořenů v odběru 21.10. 2014, v porovnání s odběrem 5.8. 2014, je způsobeno nárůstem oddenků ostatních rostlin. U všech ostatních kategorií oddenků lze říci, že jejich celková hmotnost, v porovnání v těchto dvou odběrech, se nijak výrazně neliší. Při váženích 25.3. a 5.6. 2014 nebyla kategorie oddenky ještě zohledňována.

Graf č. 3: Průměrné hmotnosti (g) oddenků ostřice štíhlé a ostatních oddenků (převážně ze třtiny a puškvorce) na mokřích loukách u Třeboně v roce 2014.



5.2. Průměrná hmotnost odnože *Carex acuta* L. během roku

Tabulka č. 1 zobrazuje průměrné hmotnosti jedné odnože ostřice štíhlé (g) na Mokřích loukách u Třeboně ve všech odběrech. Z tabulky je patrné, jak v průběhu roku odnože rostly a přibývaly na hmotnosti. Největší hmotnost odnoží byla zaznamenána v den odběru 5.8. 2014. V odběrový den 25.3. 2014 nebyly zaznamenány žádné odumřelé odnože. Hmotnost odumřelých odnoží byla převážně stejná.

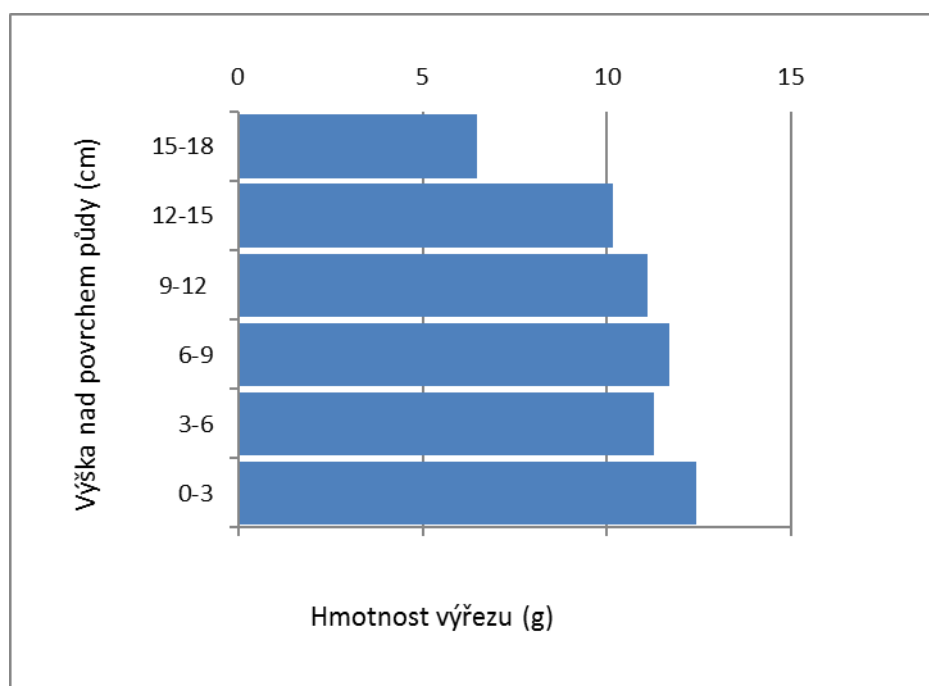
Tabulka č. 1: Průměrné hmotnosti jedné odnože ostřice štíhlé (g) na Mokřých loukách u Třeboně ve všech odběrech. Hodnoty jsou průměry a výběrové směrodatné odchylky z měření tří trsů.

Datum	Typ odnože		
	Jarní	Podzimní	Odumřelé
25.3.2014	0,282 ± 0,071	0	0
5.6.2014	0,827 ± 0,255	0	0,461 ± 0,132
5.8.2014	1,253 ± 1,477	0,07 ± 0,055	0,476 ± 0,345
21.10.2014	0,862 ± 0,583	0,071 ± 0,012	0,418 ± 0,017

5.3. Výhodnocení výřezů z trsů

Graf č. 4 zobrazuje průměrnou hmotnost výřezů z trsů 2 a 3 z odběru 21.10. 2014 na Mokřých loukách u Třeboně. Z grafu je patrné, že hmotnost výřezů klesá směrem od povrchu půdy k vrcholu trsu. Trend klesající hmotnosti je způsoben snížením podílu půdních částí od povrchu půdy k vrcholu trsu.

Graf č. 4 Průměrná hmotnost výřezů z trsů 2 a 3 z odběru 21.10. 2014 na Mokřých loukách u Třeboně.



5.4. Analýza půdních vzorků

Tabulka č. 2 zobrazuje objemový obsah vody (%) a objemovou hmotnost půdy (cm^3/g). Z tabulky je patrné, že objemový obsah vody v (%) byl zpravidla vyšší ve vrchních vrstvách odběru válečků, až na první odběrové stanoviště, kdy tomu bylo přesně naopak. Objemová hmotnost půdy byla téměř shodná ve všech odběrových stanovištích, až na vrchní vrstvu v odběrovém stanovišti 1, kdy byla průměrná objemová hmotnost půdy znatelně nižší.

Tabulka č. 2 Základní charakteristika půdních vzorků - objemový obsah vody (%) a objemová hmotnost půdy (cm^3/g).

Stano- viště č.	vrstva	objemový obsah vody (%)		objemová hmotnost půdy	
		průměr	S.D.	průměr	S.D.
1	V	59,307	10,876	0,276	0,063
1	S	69,475	2,486	0,383	0,056
2	V	63,386	9,689	0,301	0,076
2	S	59,869	3,945	0,417	0,021
3	V	69,386	1,466	0,380	0,046
3	S	66,993	2,784	0,436	0,064

S.D. – směrodatná odchylka.

6. DISKUSE

6.1. Metody stanovení biomasy

Biomasu lze definovat jako hmotnost sušiny, která se v daném časovém okamžiku vyskytuje na jednotce plochy půdy. Produkci lze definovat jako vytvoření množství sušiny (podzemní i nadzemní) porostů, rostlin nebo jejich částí za určitý čas (den, týden, rok), které jsou vztažené na jednotku plochy porostu (Jakrlová, 1987).

Přesnost v odhadu biomasy je dána velikostí odběrových plošek a počtem opakování ve stejném odběru. Podle Jakrlové (1987) závisí velikost plošek a počet opakování na struktuře a velikosti rostlin. Já jsem při svých odběrech biomasy použil plošky o rozměrech 21 x 22 cm a hloubce 25 cm. Lukavská (1988) při studiu podzemní biomasy travinných mokřadních porostů, z každé studované plochy, odebírala jeden monolit o straně 50 cm a hloubce 25 cm.

Stanovení biomasy pomocí destruktivních odběrů má několik metodických úskalí. Mezi tato úskalí patří náročnost a časové možnosti, protože porost ostřice štíhlé vytváří bultovitou strukturu porostu. V roce 2014 jsem provedl čtyři odběry biomasy, z nichž při každém byla vybrána tři odběrová místa.

Dále jsem použil půdní sondu, kdy jsem z každého odběrového místa odebral šest vzorků zeminy. Každý odběr byl proveden v mělké a ve střední hloubce. Šantrůčková et al. (2001), kteří stanovovali podzemní biomasu přirozených rákosin pomocí sondy o průměru 11 cm a délce 0,7 m, kdy odebírali alespoň 10 vzorků. Parr (1990), který odebíral podzemní části na vegetační kořenové čistírně v Británii, používal sondu o ploše 5 x 10 cm a hloubce 40 cm. Odebral od 4 až 24 vzorků podle velikosti čistírny.

Z příkladů je patrné, že ke stanovení podzemní biomasy se používají dva přístupy, které mají výhody i nevýhody. Nevýhodou monolitu je malý počet opakování kvůli pracnosti a časové náročnosti a nevýhoda odběrů pomocí sondy spočívá v malé velikosti vzorků a velké variabilitě mezi nimi.

6.2. Podzemní biomasa a struktura kořenů.

Druhy ostřic, které dominují na mokřých místech, mají obvykle pomalý rozklad podzemních částí (Wielgolaski, 1972).

Většina ekologických prací, které se zabývají mokřadními rostlinami z výnosového hlediska, studuje dynamiku nadzemních orgánů, ale z metodických a technických důvodů se nezabývají podzemními orgány. V době sezónního maxima nadzemní biomasy podzemní orgány představují kolem 50-80% celkové rostlinné hmoty. V životním cyklu mokřadní vegetace jsou tedy podzemní orgány velmi důležité nejen z hlediska vlastní biologie vegetace, ale i biologie půdy, její struktury a fixace uhlíku. Zaznamenat roční dynamiku kořenové biomasy porostů vytrvalých rostlin není snadné proto, že podzemní biomasa je vytrvalá, kořeny neustále přirůstají a zároveň odumírají. Kolem 50% všech živých kořenů se nachází v bultu nad povrchem půdy. Navzdory jejich velkému počtu, vodní kořeny činí kolem 10 až 30% z celkové biomasy kořenů (Moulisová a Čížková, 2013).

Z hlediska pochopení funkce rostlin za různých podmínek, poskytuje analýza struktury kořenů cenné informace. Schopnost rostlin přijímat vodu a v ní rozpuštěné látky je, mimo jiné, ovlivněna velikostí povrchu kořenové soustavy. Velikost povrchu kořenů je ovlivněna jejich délkou a průměrem. Delší a tenčí kořeny mohou mít stejný povrch jako kratší a tlustší kořeny. Čížková a Lukavská (1999) uvádějí, že tloušťka a délka kořenů také ovlivňují intenzitu vnitřního provětrávání. Tlustší kořeny mají menší poměr povrchu k objemu, což usnadňuje transport kyslíku pomocí aerenchymu a omezuje ztráty přes povrch kořene do okolí. Kratší kořen má lepší zásobenost kyslíkem v porovnání s delším. Armstrong a Armstrong (1988) uvádějí, že kyslík se rychle uvolňuje z apikálních pupenů na oddencích, mladých adventivních kořenů a především z bohatě větvených jemných postranních kořenů.

Jackson et al. (1997) se zabývali globální distribucí kořenů v různých typech biomů (tab. č. 3) a zjistili, že celková hmotnost biomasy vodních kořenů se pohybovala v rozmezí od 0.99 kg.m⁻² v tropických lukách/savanách do 1.51 kg.m⁻² v mírných lukách a hmotnost živá biomasy vodních kořenů byla 0.51 kg .m⁻² a 0.95 kg.m⁻² ve stejných biomech.

Tabulka č. 3: Průměrná celková a živá biomasa vodních kořenů (kg.m⁻²).

Biom	Vodní kořeny celkem	Živé vodní kořeny
Mírné louky	1.51 ± 0.12	0.95 ± 0.078
Tropické louky/savany	0.99 ± 0.24	0.51 ± 0.13

Pozn: Vodní kořeny mají v průměru ≤ 2 mm.

Moog (1989) ve svém experimentu porovnávala hmotnost kořenů za aerobních a anaerobních podmínek. Biomasa *Carex arenaria* byla vystavena těmto podmínkám po dobu 40 dní. Byla měřena hmotnost čerstvého materiálu, sušiny a procentický obsah vody. V aerobních podmínkách vzrostla hmotnost čerstvých kořenů po čtyřiceti dnech o 2,37 g ± 0,09. Jejich sušina vzrostla o 0,23 g ± 0,01 a jejich procentický obsah vody vzrostl o 90 % ± 4,3. V anaerobních podmínkách vzrostla hmotnost čerstvých kořenů po čtyřiceti dnech o 1,55 g ± 0,07. Jejich sušina vzrostla o 0,15 g ± 0,007 a jejich procentický obsah vody vzrostl o 90 % ± 4,4.

Končalová a Pazourek (1998) porovnávali dimorphismus kořenů mokřadních rostlin na Mokřých loukách u Třeboně. Zjistili, že *Carex gracilis* tvoří dva druhy kořenů v zaplavených podmínkách. Tlusté řídce větvené „půdní“ kořeny s velkými mezibuněčnými prostory a hustě větvené povrchové „vodní“ kořeny s méně rozsáhlými mezibuněčnými prostory. Vodní kořeny jsou lépe uzpůsobeny svými strukturálními vlastnostmi a vnějšími podmínkami pro vztřebávání živin než půdní kořeny, které slouží jako zásobní orgány a upevňují rostlinu v půdě. Kořenová domorphismus u mokřadních rostlin se tímto jeví jako komplexní strukturální adaptace na svislý gradient podmínek v zaplavených půdách. *Carex gracilis* a *Calamagrostis canescens* dominují periodicky zaplavovaným mokřadům Mokré Louky v záplavovém území rybníka Rožmberk v Jižních Čechách v České Republice. Z těchto dvou druhů je *Carex gracilis* lépe adaptována na záplavy, což má za následek její expanzi ve vlhčích letech (Papáčková, 1985).

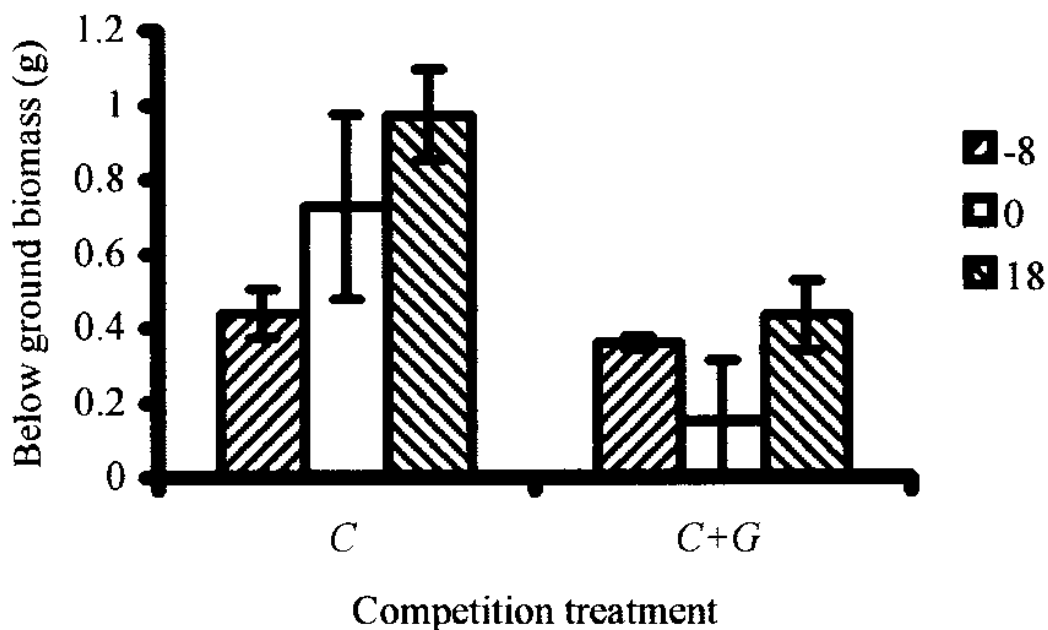
Řada mokřadních rostlin byla nahlášena, aby se zabránilo dlouhodobému kyslíkovému deficitu v zaplavených půdách vytvořením velkého mezibuněčného systému v kořenech a rhizomech (Armstrong, 1978; Haldeman a Brändle, 1983; Studr a Brändle, 1984).

Kennedy a kol. (2003) dělali experiment v reakci růstu na zeměnu podpovrchové vodní hladiny a konkurence u pěti různých Britských mokřadních rostlin. V jednom z těchto experimentů byly zahrnuty nejdříve samostatně čtyři

rostliny *Carex rostrata* a poté současně dvě rostliny *Carex rostrata* a *Glyceria maxima*. Byla stanovena tři opakování u každé ošetřené jednotky, které byly uspořádány v náhodně rozmístěných dizajnových blocích. Rostlinám bylo umožněno růst po dobu 80 dní, než byly sklizeny a usušeny při 60° C na rozbor biomasy. Rostliny *Carex rostrata* měly výrazně nižší podzemní biomasu ($p = 0.024$) (obr. 5) v přítomnosti *Glyceria maxima*, neži v její nepřítomnosti.

Obrázek č. 9 zobrazuje reakci podzemní biomasy *Carex rostrata* na stanovený režim vodní hladiny a konkurence. Hodnoty směrodatné odchylky (\pm s.e.) pro rostliny rostoucí na jednodruhovém stanovišti (C) a v 1:1 nahrazené v kombinaci s *Glyceria maxima* (C+G) pod třemi stanovenými vodními režimy.

Obrázek č. 9: Reakce podzemní biomasy *Carex rostrata* na stanovený režim vodní hladiny a konkurence.



Pozn: Stanovený režim vodní hladiny (-8, 0, 18 cm)
(Kennedy a kol., 2003)

7. ZÁVĚR

Tato diplomová práce hodnotí sezónní dynamiku podzemní biomasy ostřice štíhlé (*Carex acuta*) v modelovém travinném mokřadu Mokré Louky u Třeboně ve vztahu k jejímu životnímu cyklu. Význam studia kořenových soustav spočívá v poznání struktury a funkce rostlinné složky ekosystémů. Mokřady napomáhají v tvorbě a udržení lokálního klimatu a zároveň jsou samy ovlivňovány průběhem ročních období.

Odběry biomasy byly prováděny na stanovišti Mokré Louky u Třeboně. V roce 2014 byly stanoveny čtyři odběry, při každém byla vybrána tři odběrová místa. Z každého místa byly odebrány pomocí rýče tři bulty ostřice štíhlé (*Carex acuta*) a tři vzorky zeminy v bezprostředním okolí odběru bultu.

Živé kořeny převažují nad odumřelými ve všech odběrech. Jejich celková hmotnost v průběhu roku mírně kolísá. Poměr živých kořenů vůči odumřelým se výrazně neliší, pouze v případě odběru 5.8. 2014, kdy byly navázeny zvýšené hodnoty odumřelých kořenů v bultu. Hmotnost živých kořenů v bultu je téměř vždy vyšší, až na odběr 5.8. 2014.

V bultu se vyskytuje větší množství živých kořenů než pod bultem, až na výjimku odběru 5.8. 2014. Jejich celková hmotnost v průběhu roku mírně kolísá. Vodní kořeny tvořily pouze malou část živých kořenů v bultu ve všech odběrech, až na odběr 25.3. 2014, kdy ještě nebyly rozlišovány na půdní a vodní. Že výrazné zvýšení celkové hmoti kořenů v odběru 21.10. 2014, v porovnání s odběrem 5.8. 2014, je způsobeno nárůstem oddenků ostatních rostlin. U všech ostatních kategorií oddenků lze říci, že jejich celková hmotnost, v porovnání v těchto dvou odběrech, se nijak výrazně neliší. Při vážení 25.3. a 5.6. 2014 nebyla kategorie oddenky ještě zohledňována.

Odnože v průběhu roku rostly a přibývaly na hmotnosti. Největší hmotnost odnoží byla zaznamenána v den odběru 5.8. 2014. V odběrový den 25.3. 2014 nebyly zaznamenány žádné odumřelé odnože. Hmotnost odumřelých odnoží byla převážně stejná.

Hmotnost výřezů klesá směrem od povrchu půdy k vrcholu trsu. Trend klesající hmotnosti je způsoben snížením podílu půdních částí od povrchu půdy k vrcholu trsu.

Objemový obsah vody půdních válečků v (%) je zpravidla vyšší ve vrchních vrstvách odběru válečků, až na první odběrové stanoviště, kdy tomu bylo přesně naopak. Oběmová hmotnost půdy byla téměř shodná ve všech odběrových stanovištích, až na vrchní vrstvu v odběrovém stanovišti 1, kdy byla průměrná oběmová hmotnost půdy znatelně nižší.

8. PŘEHLED LITERATURY

Ares J. (1976): Dynamics of the root system of blue gramma. Sekundárně z -

Rychnovská M. & a kol. (1985): Ekologie lučních porostů.

Ares J. a Singh J. S. (1974): A model of the root biomass dynamics of a shortgrass prairie dominated by blue grama (*Bouteloua gracilis*)

Armstrong J., Armstrong W. (1988): *Phragmites australis* - A preliminary study of soil-oxidizing sites and internal gas transport pathways. *New Phytologist* 108: 373-382.

Armstrong, W. (1978): Root aeration in the wetland condition. In: Hook, D. D., R. M. M. Crawford (ed.): *Plant Life in Aerobic Environment*. Ann Arbor Science, Ann Arbor, Michigan, pp. 269 – 297.

Brix H. (1993): Macrophyte-mediated oxygen transfer in wetlands: transport mechanisms and rates. In: Moshiri, G.A. (Ed.), *Constructed Wetlands for Water Pollution Improvement*. CRC Press, Boca Raton, pp. 391-398.

concentrations. *Folia Geobotanica* 34: 209-220.

Černohorský Z. (1967): Nauka o ústrojích (organologie). In: Černohorský Z.: *Základy rostlinné morfologie*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, s. 88-152.

Čížková H., Lukavská J. (1999): Rhizome age structure of three populations of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.: Biomass and mineral nutrient concentrations. *Folia Geobotanica* 34: 209-220.

Čížková H., Pokorný J., Květ J., Bauer V. (2004): Cyklus a bilance uhlíku v mokřadech. *Collection of Scientific Papers, Faculty of Agriculture in České Budějovice, Series for Crop Science* 21: 265-268.

Čížková H., Šantrůčková H. (2006): Procesy spojené s eutrofizací mokřadů. *Živa* 5/2006, str. 201-204.

Čížková -Končalová H. (1992): Funkce kořenů rostlin v kořenové čistírně. In: Čížková-Končalová, H., Husák, Š. (eds.): *Účelové kultivace vodních a mokřadních rostlin*. Sborník semináře BÚ ČSAV Třeboň, str. 70-74.

Čížková, H. (2006): Faktory ovlivňující dynamiku porostů rákosu obecného v kulturní krajině. [Habilitationní práce]. Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

Čížková, H., Lukavská, J. (1999): Rhizome age structure of three populations

- Dušek J., Čížková H., Czerný R., Taufarová K., Šmídová M. and Janouš D. (2009): Influence of summer flood on the net ecosystem exchange of CO₂ in a temperate sedge grass marsh. *Agriculture and Forestry Meteorology* (in print).
- Dykyjová D. a kol. (1989): *Metody studia ekosystémů*.
- Gloser J. (1989): Fotosyntéza a respirace. In Dykyjová D (eds.): *Metody studia ekosystémů*. Academia, Praha, s.349-350.
- Gloser J. (1987): Stanovení rychlosti fotosyntézy konduktometrickou metodou. In: Rychnovská M., a kol. (Ed.): *Metody studia travinných ekosystémů*. Academia, Praha, s. 133-135.
- Haldeman, C., R. Brändle, 1983: Avoidance of oxygen deficit stress and release of oxygen by stalked rhizomes of *Schoenoplectus lacustris*. *Phisiol. Vég.* 21: 109 – 113.
- Hejtný S. a kol. (2000): *Rostliny vod a pobřeží*. East West Publishing Company, Praha, s. 13-19.
- Hejtný S. a kol. (2000): *Rostliny vod a pobřeží*. East West Publishing Company, Praha, s. 54-55.
- Chytrý M., Kučera T. a Kočí M. et al. (2001). *Katalog biotopů české republiky*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- Jackson R. B., Mooney H. A., Schulze E.-D. (1997): A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrient contents. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 94, 7362-7366.
- Jakrlová J. (1987): Destruktivní stanovení nadzemní biomasy. In: Rychnovská M., a kol. (Ed.): *Metody studia travinných ekosystémů*. Academia, Praha, s. 56-64.
- Jeník J. (1983): Mokrý Louky u Třeboně: modelová lokalita biosférického fondu. In: Jeník J., Květ J. (eds.): *Studie zaplavovaných ekosystémů u Třeboně*. Studie ČSAV 4/83, Academia, Praha, s. 9-18.
- Kennedy, M. P., Milne, M. J. & Murphy, K. J. (2003): Experimental growth responses to groundwater level variation and competition in five British wetland plant species. Institute of Biomedical and Life Sciences, Division of Environmental and Evolutionary Biology, Graham Kerr Building, University of Glasgow, Glasgow G12 8QQ, Scotland, U.K. 386 – 387.
- Končalová H. (1985): Strukturní adaptace travin na život v zaplavené půdě.
- Končalová H. (1990): Anatomical adaptations to waterlogging in roots of wetland graminoids: limitations and drawbacks. 38: 127-134.
- Končalová H., Pazourek J. (1988): Root dimorphism in flooded *Carex gracilis* Curt..

Biologica 31: 43-50

Končalová, H., Pazourek, J. (1988): Root dimorphism in flooded *Carex gracilis* Curt. Department of Plant Physiology, Faculty of Science, Charles University, Praha. 43 – 44.

Kubát K. et al. (1998): Botanika. Scientia spol. s. r. o., pedagogické nakladatelství Praha.

Kutílek M. (2001): Půda a bilance CO₂ v ovzduší, Vesmír 80, 153, 2001/3

Květ J.; Pokorný J, Čížková H. (2008): Karbon accumulation by macrophytes of aquatic and wetland habitats with standing water. Proc. Nat. Acad. Sci. India B 78 Suppl, s. 91-98.

Laiho R. (2006): Decomposition in peatlands: Reconciling seemingly contrasting results on the impacts of lowered water levels. Elsevier. Soil Biology and Biochemistry 38: s. 2011-2024.

Larcher W. (1988): Fyziologická ekologie rostlin. Academia, Praha.

Lukavská J. (1988): Vliv seče na produkční charakteristiky mokřadních travinných porostů. [Diplomová práce]. Vysoká škola zemědělská Praha, Fakulta agronomická v Českých Budějovicích.

Mitsch W. J., Gosselink J. G. (1993): Wetlands. Van Nostrand Reinhold Company, New York. s. 722.

Mitsch W.J., Gosselink J.G. (1986): Wetlands

Moog, P. R., Janiesch P. (1990): Root growth and morphology of *Carex* species as influenced by oxygen deficiency: 201 – 208.

Moulišová L., Čížková H. (2013): The structure and production of belowground organs in a herbaceous wetland. In: Sborn. Wetland Systems, Ecology, Functioning and Management, s. 119.

Nečas J., Květ J. (1966): Základní pojmy. In: Šesták Z., Čatský J., a kol. (1966): Metody studia fotosyntetické produkce rostlin. Academia, Praha, s. 106-108.

of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.: Biomass and mineral nutrient

Papáčková, L. (1985): PhD. Thesis, Hydrobotany Departmentm Botanical Institute Třeboň.

Parr W.T. (1990): Factors Affecting Reed (*Phragmites australis*) Growth in UK

Penka M. (1970): Všeobecná botanika - I., Základy morfologie rostlin. Fakulta lesnická, Vysoká škola zemědělská v Brně.

Reed Bed Treatment Systems. In: Cooper, P.F., Findlater, B.C. (Eds.): Constructed

- Reichholf J. (1998): Pevninské vody a mokřady. IKAR spol. s. r. o., Praha, s. 18-20.
- Rychnovská M., Balátová-Tuláčková E., Úlehlová B., Pelikán J. (1985): Ekologie lučních porostů. Academia, Praha,
- Seiler G. J., (1994): Primary and Lateral Root Elognation of Sunflower Seedlings. Environmental and Experimental Botany 34: 409-418.
- Slavíková J. (1983): Ekologie rostlin. Karlova univerzita, Praha.
- Slavíková Z. (1984): Morfologie rostlin. SPN, Praha.
- Soukupová L. (1986) : Strategie mokřadních travin. (Kandidátská disertační práce, Botanický ústav ČSAV Třeboň).
- Strahler A. (1999): Introducing Physical Geography. Fifth Edition. Wiley, New York, 655 s. Kapitola: Global Biogeography.s. 306-341.
- Studer, C., R. Brändle, 1984: Sauerstoffkonsum und Versorgung der Rhizome von *Acorus calamus* L., *Glyceria maxima* (Hartmann) Holmberg, *Menyanthes trifolia* L., *Phalaris arundinacea* L., *Phragmites communis* Trin. Und *Typha latifolia* L. Bot. Helv. 94: 23 – 31.
- Šalyt, M. S. (1950): Podzemnaja čast'nekotorych lugovykh, stepnykh, i pustynnykh rastenij i fitocenzov. Geobotanika, Ser. III, Moskva et Leningrad, 6, 205-442
- Šantrůčková H., et al., (2001): Decomposition processes in soil of a heathy and a declining *Phragmites australis* stand. Aquatic Botany 69: 217-234.
- Úlehlová B. (1985): Koloběhy minerálních prvků. In: Rychnovská M., Balátová-Tuláčková E., Úlehlová B., a kol.: Ekologie lučních porostů. Academia, Praha, s. 219-237.
- Úlehlová B.(1989): Koloběhy minerálních prvků v půdě zprostředkované rozkladači. In Dykyjová D. (eds.): Metody studia ekosystémů. Academia, Praha, s.539-544.
- Vlasáková, L. (2014): Úmluva o mokřadech majících mezinárodní význam především jako biotopy vodního ptactva. Dostupné z: <http://mokrady.wbs.cz/prezentace/seminar.mokrady.2012.vlasakova.pdf>
- Vymazal J. (1995): Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách. ENVI s. r.o., Třeboň.
- Wetlands in Water Pollution Control. Pergamon Press, Oxford, pp. 67-76.
- Wielgolaski F. E. (1972): Vegetation Types and Plant Biomass in Tundra. : 291-305.

Internetové zdroje

Anonymous1 (2014): Dostupné z

http://www.lter.cz/index.php?option=com_content&view=category&id=17:tebo&layout=blog&Itemid=23&lang=cs

Milne E.(2009): Soil organic carbon. Dostupné z

<http://www.eoearth.org/view/article/156087/>. Staženo dne 8.4. 2015.

Vymazal J. (2010): Chemismus a biogeochemie ⁴⁰ : cykly v mokřadech.

Dostupné z http://www.eamos.cz/amos/kek/externi/kek_407/03/03.htm. Staženo dne 3.2. 2015.

http://www.lter.cz/index.php?option=com_content&view=category&id=17&Itemid=23&lang=cs

http://www.mzp.cz/cz/ramsarska_umluva_o_mokradech

9. PŘÍLOHY

Seznam datových příloh

Datová příloha č. 1: Tabulka hmotností výřezů trsů 2 a 3 z odběru 21.10. 2014 na Mokřých loukách u Třeboně.

Datová příloha č. 2: Grafy hmotností výřezů trsů 2 a 3 z odběru 21.10. 2014 na Mokřých loukách u Třeboně.

Datová příloha č. 3: Průměrné hodnoty počtů odnoží a hmotností (g) kořenů v jednom bultu ostřice štíhlé na Mokřých loukách u Třeboně v průběhu roku 2014

Datová příloha č. 4: Průměrné hmotnosti (g) živých kořenů ostřice štíhlé na Mokřých loukách u Třeboně v průběhu roku 2014

Datová příloha č. 5: Průměrné hmotnosti (g) oddenků ostřice štíhlé a ostatních oddenků (převážně ze třtiny a puškvorce) na mokřích loukách u Třeboně v roce 2014.

Seznam fotografických příloh

Foto č. 1: Lokalita, Mokré Louky u Třeboně

Foto č. 2: Bult ostřice štíhlé (*Carex acuta*)

Foto č. 3: Průřez bultem

Foto č. 4: Plocha po odebrání sondou

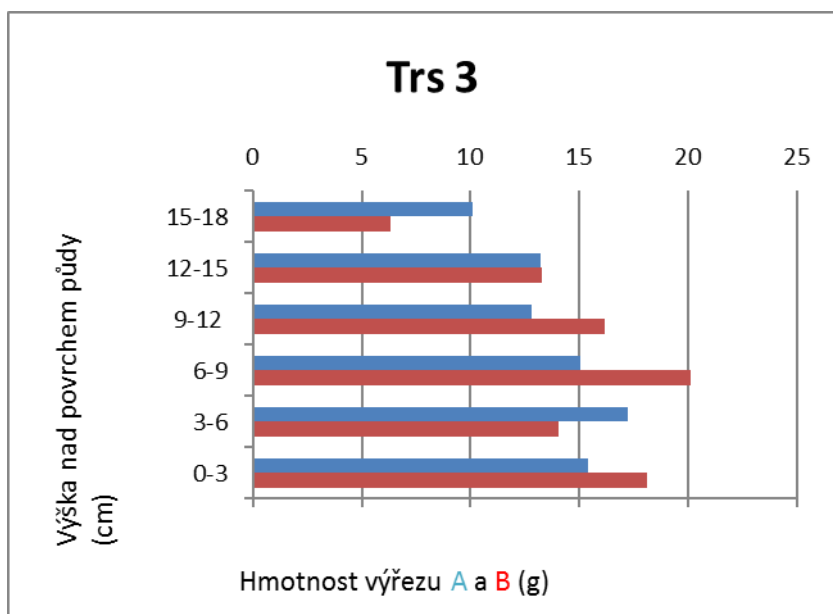
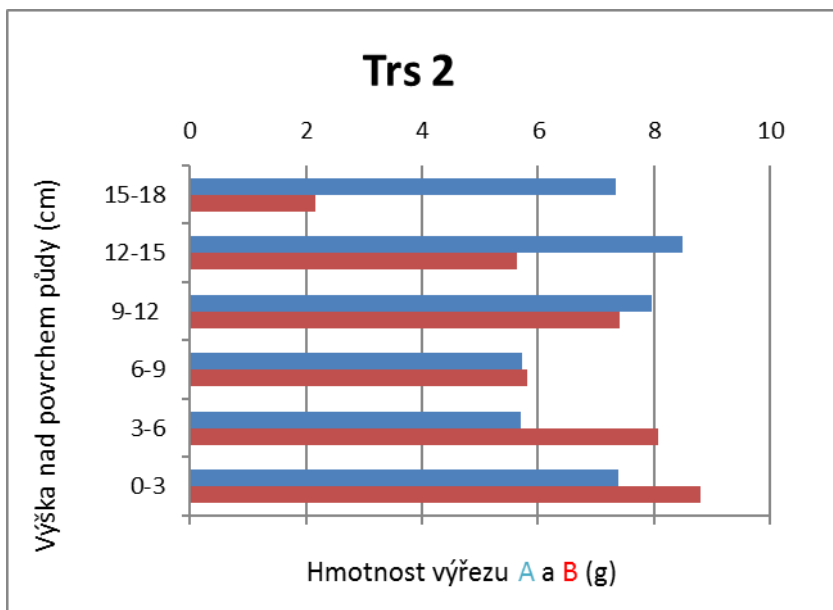
Foto č. 5: Kopeckého váleček s odebranou zeminou

Datová příloha č. 1: Tabulka hmotností výřezů trsů 2 a 3 z odběru 21.10. 2014 na Mokřých loukách u Třeboně.

A – segment bultu, B – segment bultu.

Segment bultu	výška nad povrchem půdy (cm)	hmotnost výřezu (g)	hmotnost výřezu (g)	Objemová hmotnost [mg.cm ⁻³]	Objemová hmotnost [mg.cm ⁻³]
		Trs 2	Trs 3	Trs 2	Trs 3
		A 1 – 6	A		
A-1	15-18	7,34	10,09	98	135
A-2	12-15	8,50	13,22	113	176
A-3	9-12	7,95	12,79	106	171
A-4	6-9	5,72	15,05	76	201
A-5	3-6	5,70	17,24	76	230
A-6	0-3	7,38	15,4	98	205
		B 1 – 6	B		
B-1	15-18	2,16	6,32	29	84
B-2	12-15	5,64	13,27	75	177
B-3	9-12	7,41	16,19	99	216
B-4	6-9	5,82	20,11	78	268
B-5	3-6	8,06	14,04	107	187
B-6	0-3	8,80	18,1	117	241

Datová příloha č. 2: Grafy hmotností výřezů trsů 2 a 3 z odběru 21.10. 2014 na Mokřých loukách u Třeboně.



Datová příloha č. 3: Průměrné hodnoty počtů odnoží a hmotností (g) kořenů v jednom bultu ostřice štíhlé na Mokřých loukách u Třeboně v průběhu roku 2014.

charakteristika	datum			
	25.3.	5.6.	5.8.	21.10.
Počet jarních živých odnoží	73,67	55,00	21,00	30,33
Počet jarních odumřelých odnoží	N/A	7,67	9,00	9,33
Počet podzimních odnoží	N/A	N/A	19,67	41,00
Živé kořeny v bultu (g)	84,74	75,95	38,91	86,73
Odumřelé kořeny v bultu (g)	6,06	13,73	38,70	14,16
Živé kořeny pod bultem (g)	52,92	24,61	48,79	55,82
Odumřelé kořeny pod bultem (g)	5,87	7,11	13,03	9,65
Živé kořeny mimo bult (g)	10,34	4,37	16,15	6,86
Odumřelé kořeny mimo bult (g)	2,71	3,00	4,64	2,19

Pozn.: N/A neměřené (nulové, chybějící) hodnoty

Datová příloha č. 4: Průměrné hmotnosti (g) živých kořenů ostřice štíhlé na Mokřých loukách u Třeboně v průběhu roku 2014.

charakteristika	datum			
	25.3.	5.6.	5.8.	21.10.
Půdní v bultu	N/A	66,63	32,44	78,26
Půdní pod bultem	52,92	24,61	48,79	55,82
Vodní v bultu	N/A	9,31	6,47	8,47
Vodní + půdní v bultu	84,74	0	0	0

Pozn.: N/A neměřené (nulové, chybějící) hodnoty

Datová příloha č. 5: Průměrné hmotnosti (g) oddenků ostřice štíhlé a ostatních oddenků (převážně ze třtiny a puškvorce) na mokřích loukách u Třeboně v roce 2014.

charakteristika	datum	
	5.8.	21.10.
Živé oddenky v bultu	4,31	3,58
Odumřelé oddenky v bultu	1,73	0,3
Ostatní oddenky v bultu	3,16	26,45
Živé oddenky pod bultem	0,96	1,9
Odumřelé oddenky pod bultem	0,69	0,07
Ostatní oddenky pod bultem	4,74	9,11

Foto č. 1: Lokalita, Mokrý Louky u Třeboně



Foto č. 2: Bult ostrice štíhlé (Carex acuta)



Foto č. 3: Průřez bultem



Foto č. 4: Plocha po odebrání sondou



Foto č. 5: Kopeckého váleček s odebranou zeminou

