

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Katedra Biologických disciplín

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Agroekologie

**Vliv minerálního hnojení
na primární produkci travinného mokřadního porostu**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:

Doc. RNDr. Hana Čížková, CSc.

Autor:

Miroslav Sláma

2010

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Vliv minerálního hnojení na primární produkci travinného mokřadního porostu“ vypracoval samostatně na základě vlastních experimentálních výsledků a literárních pramenů uvedených v seznamu 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 elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, dne

Podpis

Poděkování:

Nejvíce bych chtěl poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Doc. RNDr. Haně Čížkové za odborné rady, připomínky a zapůjčení literatury. Děkuji všem, kteří mi pomohli při třídění a zpracování vzorků. Dále děkuji svému otci, který mě vždy a za všech okolností v mém studiu podporoval.

Anotace

Bakalářská práce je součástí projektu GA ČR 526/09/1545, který zkoumá vztahy mezi uhlíkovým cyklem, půdou a mokřadními rostlinami v proměnlivých podmínkách vnějšího prostředí. V rámci tohoto projektu bylo hodnoceno území na lokalitě Hamerských luk v nivě řeky Nežárky z hlediska celkové produkce nadzemní biomasy. Vliv hnojení je na těchto lokalitách zkoumán od začátku vegetační sezóny 2006.

Nejvyšší biomasy výnosu (tj. veškerá živá i odumřelá biomasa bez opadu) z prvního odběru (10.6.2009) dosáhly plochy s vysokou intenzitou hnojení (v průměru 494,89 g.m⁻²). Nejvyšší živé biomasy výnosu také dosáhly plochy s vysokou intenzitou hnojení (443,88 g.m⁻²). Nejvyšší biomasa strniště z prvního odběru byla zaznamenána na plochách nehnojených (v průměru 107,14 g.m⁻²). Stejně tak nejvyšší biomasa opadu (v průměru 56,05 g.m⁻²) byla zjištěna na plochách nehnojených. Zjištěné rozdíly mezi variantami hnojení však nebyly statisticky průkazné.

Roční produkce nadzemní biomasy byla 823,99 g.m⁻² u varianty intenzívně hnojené, 642,64 g.m⁻² u varianty mírně hnojené a 698,14 g.m⁻² u varianty nehnojené.

Klíčová slova

mokřad, hnojení, biomasa

Annotation

The bachelor thesis is part of the project GA CR 526/09/1545, which explores the relationship between the carbon cycle, soil and wetland plants in varying conditions of external environment. Within this project total aboveground biomass production was evaluated at the site Hamerské louky in the floodplain of the river Nežárka. Effect of fertilization on these sites is investigated since the beginning of the growing season 2006.

On average, the highest biomass yield (all live and dead biomass except litterfall) from the first sampling (10.6.2009) was reached on the site with high-intensity fertilization ($494,89 \text{ g.m}^{-2}$). The highest living biomass yield was also reached on the site with high-intensity fertilization (on average $443,88 \text{ gm}^{-2}$). The highest biomass of the stubble from the first sampling was recorded on sites without fertilization ($107,14 \text{ g.m}^{-2}$) as well as litterfall ($56,05 \text{ g.m}^{-2}$). The difference between treatments were not statistically significant.

Annual production of aboveground biomass was 823.99 gm^{-2} in variants with high-intensity fertilization, 642.64 gm^{-2} in slightly variant fertilization and 698.14 gm^{-2} in variants without fertilization

Keywords

wetland, fertilization, biomass

Obsah

1 Úvod	8
2 Literární přehled	9
2.1 Charakteristika mokřadů	9
2.1.1 Definice mokřadů	9
2.1.2 Vlastnosti mokřadní půdy	10
2.1.3 Vlastnosti mokřadní vegetace	10
2.2 Charakteristika půdy jako prostředí pro život	11
2.2.1 Definice půdy	11
2.2.2 Pevná fáze půdy	11
2.2.3 Kapalná fáze půdy	12
2.2.4 Vodní režim půdy v mokřadech	12
2.2.5 Plynná fáze půdy	13
2.2.6 Obsah minerálních živin	13
2.2.7 Obsah organického uhlíku	13
2.2.8 Obsah jílových částic	14
2.2.9 Kationtová výměnná kapacita	14
2.2.10 Úloha mikrobiálních populací v půdě	15
2.3 Faktory ovlivňující druhové složení a produkce travinných porostů	16
2.3.1 Záření	16
2.3.2 Teplota	16
2.3.3 Srážky	17
2.4 Druhové složení travinných porostů ve vztahu k vnějším podmínkám	17
2.4.1 Vlhké pcháčové louky	18
2.4.2 Vlhká tužebníková lada	18
2.4.3 Aluviální psárkové louky	18
2.4.4 Kontinentální zaplavované louky	18
2.4.5 Kontinentální vysokobylinná vegetace	19
2.4.6 Střídavě vlhké bezkolencové louky	19
2.4.7 Vegetace vysokých ostřic	19
2.5 Produkce travinných porostů ve vztahu k vnějším podmínkám	20
2.5.1 Půda	20
2.5.2 Meteorologické a hydrologické vlivy	20

3. Popis lokality	23
3.1 Třeboňsko	23
3.2 Hamerské louky	23
4 Metody	25
4.1 Uspořádání pokusu	25
4.2 Odběry a zpracování vzorků biomasy	25
5 Výsledky	26
5.1 První odběr	26
5.2 Druhý odběr	28
5.3 Roční produkce nadzemní biomasy	30
6 Diskuse	31
6.1 Vztah zjištěných rozdílů mezi variantami k hnojení	31
6.2 Porovnání s výsledky jiných autorů v rámci prováděného výzkumu	31
6.3 Srovnání výsledků s údaji jiných autorů v literatuře	33
7 Závěr	34
8 Seznam literatury	35
9 Přílohy	37

1 Úvod

Mokřadní ekosystémy byly vždy součástí třeboňského regionu. Přítomnost mokřadů však byla v minulosti pro člověka spíše nežádoucí. Mokřady byly vysoušeny, meliorovány, přetvářeny na zemědělskou půdu či rybníky. Dnes již víme, že mokřady mají řadu důležitých funkcí jako jsou např. retenční schopnost, udržování čistoty vod, jsou stanovištěm pro řadu živočichů, je také intenzivně zkoumána jejich schopnost dlouhodobě vázat uhlík. Úbytku a důležitosti těchto biotopů si povšimly i vlády a řada z nich podepsala Ramsarskou úmluvu o jejich ochraně.

Na lokalitě Hamerských luk v nivě řeky Nežárky probíhá výzkumný projekt GA ČR 526/09/1545, který zkoumá vztahy mezi uhlíkovým cyklem, půdou a mokřadními rostlinami v proměnlivých podmínkách vnějšího prostředí. Má práce je součástí tohoto výzkumu.

Cíle mé bakalářské práce jsou:

1. Zpracování literárního přehledu poznatků o vlivu půdních, meteorologických a hydrologických faktorů na produkci biomasy a druhové složení extenzívně obhospodařovaných travinných porostů včetně mokřadních
2. Stanovení produkce nadzemní biomasy pomocí tří odběrů destruktivní metodou během vegetační sezóny 2009
3. Porovnání vlastních výsledků s výsledky navazujícího výzkumu a s literárními údaji

Tématicky i metodicky práce úzce navazuje na práci Kateřiny Lazárkové (2010), která podobným způsobem hodnotila nadzemní biomasu PR Záblatské louky. S Lazárkovou jsme společně odebrali a zpracovali vzorky nadzemní biomasy na obou lokalitách. Následné vyhodnocení dat z lokality Hamerské louky je výsledkem jen mé vlastní práce.

2 Literární přehled

2.1 Charakteristika mokřadů

2.1.1 Definice mokřadů

Slovo mokřad se užívá od 70. let 20. století jako ekvivalent pro anglické slovo „wetland“. Bažiny, rašeliniště, slatiniště, tůně, rybníky, rákosiny, blata, vlhké a lužní louky, všechny tyto ekosystémy si můžeme představit pod pojmem mokřad. Můžeme si jej představit také jako území, které je stále či jen po určité období roku zatopené nebo území s půdou trvale nasycenou vodou.

Dle Mitsche a Gosselinka (2000) je mokřad přechodový ekosystém mezi suchozemským a vodním ekosystémem, který by měl splňovat alespoň 3 hlavní podmínky:

1. Přítomnost vody, buď na povrchu nebo uvnitř prokořeněné vrstvy půdy.
2. Jedinečné půdní podmínky odlišné od přilehlých, výše položených ploch.
3. Mokřadní rostliny adaptované na vlhkost (tzv. hydrofyty), absence rostlin nesnášejících vlhkost.

Podle Keddyho (2000) je mokřad „Ekosystém, který vzniká, když v důsledku zaplavení vodou v půdě převáží anaerobní procesy, což vyvolá vznik živých organismů (převážně rostlin) přizpůsobených na zaplavení“.

Mnohé mokřady patří k nejproduktivnějším ekosystémům na Zemi. Z vodohospodářského hlediska mokřady zlepšují zadržování vody v krajině a podílejí se zlepšování kvality vody. Podílejí se na stabilizaci globálních cyklů uhlíku, dusíku i síry. Představují druhově bohaté ekosystémy, kde se vyskytuje mnoho kriticky ohrožených druhů rostlin i živočichů.

Úbytek mokřadních biotopů znamená velké ohrožení druhů, které jsou na tyto biotopy vázány. Proto jsou mokřady chráněny Ramsarskou úmluvou, která vstoupila v platnost v roce 1975. Podle Ramsarské úmluvy se mokřadem rozumí „území bažin, slatin, rašelinišť i území pokrytá vodou, přirozená 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 6m. K mokřadům lze dle Ramsarské konvence zařadit také člověkem vytvořené mokřady jako rybníky, nádrže, zavlažovanou zemědělskou půdu, jezera vzniklá těžbou šterkopísku, závlahová pole, vegetační čistírny a kanály (ramsar.org 2009).

2.1.2 Vlastnosti mokřadní půdy

Mokřadní půdy se od suchozemských odlišují hlavně vodním režimem. Mokřady jsou považovány za přechodný typ prostředí mezi suchozemskými a vodními ekosystémy. Primárním důsledkem zaplavení půdy je omezená výměna plynů mezi půdou a atmosférou. Zatímco v provzdušněné půdě je běžně přítomný kyslík, v zaplavené půdě je kyslík přítomen pouze v tenké vrstvě u povrchu půdy. V této vrstvě se dále vyskytují oxidované prvky (dusík ve formě NO_3^- , železo ve formě Fe^{3+} , síra ve formě SO_4^{2-} a mangan ve formě Mn^{4+}) (Čížková, Šantrůčková 2006).

V zamokřených půdách se ukládá uhlík na poměrně dlouhou dobu. V anaerobním prostředí je zpomalena nebo až zastavena přeměna organických látek. V důsledku toho dochází k ukládání organické hmoty a tím uhlíku v mokřadní půdě. Pokud nedojde k odvodnění půdy, vytvoří se v půdě zásobárna organické hmoty a tím i uhlíku. Tato zásobárna je dlouhodobá a stabilní. Mokřadní ekosystém se stává v tomto případě vazačem uhlíku (Dušek a kol. 2008).

2.1.3 Vlastnosti mokřadní vegetace

Život rostlin a jejich intenzivní růst v zamokřených biotopech umožňují morfologické a anatomické adaptace. Podzemní orgány mokřadních rostlin jsou totiž v prostředí, v němž je kyslík rychle vyčerpán. Tyto rostliny si proto vyvinuly řadu alternativních způsobů zásobení buněk kyslíkem prostřednictvím tzv. vnitřního provětrávání (Armstrong *et al.* 1994).

Klíčovou strukturou pro vnitřní provětrávání jsou vzdušné prostory. Rozestoupením buněk, jejich lyzí či kombinací obou procesů se tvoří vzdušné pletivo – aerenchym. Nejvíce vyvinutý aerenchym mají mokřadní rostliny z čeledi lipnicovitých, sítinovitých a šáchorovitých. U mokřadních zástupců těchto čeledí obsah vzduchu v kořenech dosahuje 30-50% objemu kořene. Některé mokřadní druhy rostlin, kterým druhotně tloustnou kořeny, mají velmi porézní druhotnou kůru (feloderm). Strukturální adaptace jsou vyvinuty u mnoha jednoděložných i dvouděložných mokřadních bylin (podrobněji rešerše Čížkové 2006).

U všech rostlin vystavených podmínkám zaplavení dochází k úniku kyslíku z kořenů do rhizosféry (Armstrong *et al.* 1994). Mokřadní rostliny mohou do značné míry tento únik omezovat. U starších částí oddenků jsou vytvořeny tzv. ochranné bariéry. Jde o podpovrchové a povrchové vrstvy pletiv, tvořené buňkami se ztloustlými buněčnými stěnami, které jsou navíc impregnované ligninem, kutinem nebo suberinem.

Tyto vrstvy brání proti úniku plynů z pletiv do okolí a zároveň slouží jako ochrana proti průniku fyto toxinů z anaerobního prostředí okolí do pletiv kořene. Slouží též jako částečná ochrana porézním kořenům proti mechanickému poškození (Čížková 2006).

I přes strukturní adaptace na zamokření někdy dochází k situacím, kdy je zásobování kyslíkem sníženo nebo přerušeno. K takovým situacím dochází při náhlé záplavě, při níž je celá rostlina pod vodou a nemá tak spojení s atmosférou. Buňky vystavené nedostatku kyslíku jsou schopny po určitou dobu přežít díky změnám v buněčném metabolismu. Podstatou těchto změn je schopnost získávat energii pro buněčný metabolismus anaerobní fermentací. Jako koncový produkt pak vzniká ethanol. Všechny vyšší rostliny mohou po určitou dobu přežít bez přítomnosti kyslíku, avšak mokřadní rostliny vydrží bez kyslíku mnohem delší dobu než typické suchozemské rostliny. Metabolické adaptace umožňují rostlině přežít pouze po omezenou dobu, tj. od několika hodin po několik měsíců podle odolnosti daného druhu (Čížková 2006).

2.2 Charakteristika půdy jako prostředí pro život rostlin

2.2.1 Definice půdy

Půda je nejsvrchnější porézní vrstva pevné zemské kůry, složená z minerálních částic různé velikosti, živých organismů, odumřelých zbytků a organických látek v různém stádiu rozkladných a syntetických přeměn a je prostoupěna vodou a vzduchem. Z geologického hlediska se jedná o zvětralou část zemské kůry s příměsí organických zbytků. Z chemického hlediska je to zásobárna prvků a sloučenin důležitých pro růst rostlin. Z ekologického hlediska je to prostředí půdního edafonu, kterému poskytuje energii a živiny (Ledvina et al. 2000).

Půda je samostatná část přírody a jejím charakteristickým znakem je úrodnost (Ledvina et al. 2000). Úrodnost je schopnost půdy zajišťovat život vyšších zelených rostlin. Půda umožňuje životní činnost autotrofních organismů a tím také organismů heterotrofních. Úrodnost půdy je komplexní dynamická vlastnost, závislá na řadě faktorů fyzikálních, chemických a biologických, kterou půda získává v průběhu svého vzniku a vývoje (Souček, Pospíšil 2010).

2.2.2 Pevná fáze půdy

Minerální podíl půdy je konečný výsledek zvětrávacích procesů. Je tvořen ze zrn různých velikostí, je to tedy polydispersní systém. Částice se dělí na hrubé disperze

(velikost větší jak 0,001mm), koloidní disperze (0,001 – 0,000 001mm) a molekulární disperze (menší než 0,000 001mm). Čím menší jsou částice, tím větší je aktivní plocha a přitažlivé síly mezi částicemi. To ovlivňuje soudržnost a přilnavost půdy a tím i téměř všechny půdní vlastnosti (Ledvina et al. 2000).

Jiné dělení udává klasifikaci na skelet (částice nad 2mm) a jemnozem (pod 2mm). Tyto se dále dělí na kameny (nad 30mm), štěrk (4 – 30mm), hrubý písek (2 – 4mm), písek (0,25 – 2mm), práškový písek (0,05 – 0,25mm), hrubý prach (0,01 – 0,05mm), jemný a střední prach (0,001 – 0,01mm) a jílnaté částice (pod 0,001mm) (Ledvina et al. 2000).

2.2.3 Kapalná fáze půdy

Všechna voda obsažená v půdě v různých skupenstvích (pevné, kapalné i plynné) se nazývá půdní voda. Nejdůležitější je však voda kapalná, která zde působí jako rozpouštěcí, hydrolytické a translokační činidlo (Ledvina et al. 2000).

Půdní voda součást koloběhu vody v přírodě. Půda zadržuje srážkovou vodu a snižuje rychlost jejího odtoku a je podmínkou vzniku podzemní vody. Půdní voda je základní podmínkou řady fyzikálních, chemických a biologických pochodů v půdě. Bez vody by ani půda jako taková nemohla existovat. Voda je nenahraditelným faktorem pro edafon i rostliny (Ledvina et al. 2000).

Kapalná fáze půdy úzce souvisí s vodním režimem půdy (viz kapitola 2.2.4).

2.2.4 Vodní režim půdy v mokřadech

Hlavním činitelem změny vodní hladiny v mokřadech jsou záplavy a sucha. Krátkodobé jarní záplavy jsou pro růst biomasy mokřadních porostů prospěšné, protože s sebou přinášejí řadu živin, především dusíku. Naopak záplavy trvalejšího charakteru mohou být i nežádoucí. Čím delší je doba zaplavení porostu, tím je růst biomasy pomalejší. Záporně se na růstu biomasy také projevuje vyšší vodní hladina a silnější vrstva náplav. Dlouhotrvající záplavy také brání rostlinám přejít do generativní fáze vývoje (Kopecký 1967 in Závodká 1990) . Rostlina pod vodou nemá spojení s atmosférou, a proto nemůže probíhat běžná fotosyntéza. Dlouhodobě stresovaná rostlina vyčerpá své látkové a energetické rezervy a hyne (Čížková 2006).

2.2.5 Plynná fáze půdy

Vzduch tvoří plynou fázi půdy a je nezbytný pro život rostlin. Vyplňuje póry bez vody. Oproti atmosférickému vzduchu mívá zpravidla více CO₂ (0,2 - 0,7%) a méně O₂ (okolo 20%) a je zde větší relativní vlhkost (95 – 100%). Zvýšené množství CO₂ je způsobeno edafonem a kořeny vegetace, které spotřebovávají O₂ a produkují CO₂. Mezi atmosférou a půdou neustále probíhá výměna plynů, avšak nedochází k plynulému vyrovnávání rozdílů. Difúze plynů je značně ovlivněna půdním uspořádáním. U jílových půd je výměna plynů značně omezena a může zde být i o 5% více CO₂ a o 10% méně O₂ (Ledvina et al. 2000).

2.2.6 Obsah minerálních živin

Suchozemské ekosystémy jsou velkou měrou charakterizovány půdními vlastnostmi. Půda poskytuje rostlině životně důležité prvky neboli makroelementy (N, P, S, K, Ca, Mg a Fe). Dále poskytuje prvky potřebné ve velkém množství tzv. mikroelementy (Mn, Zn, Cu, Mo, B, a Cl). Rostlinné živiny jsou v půdě přítomny buď rozpuštěné v roztoku nebo vázané. V půdním roztoku je rozpuštěno pouhých 0,2% všech živin v půdě. 98% živin je uloženo ve formě opadu, humusu a v těžko rozpustných sloučeninách a minerálech. Zbývající 2% jsou vázány na půdní koloidy (Larcher 1988).

Minerální prvky přijímají rostliny ve formě iontů. Pokud je nějaká živina v nedostatku, působí jako činitel omezující růst (tzv. Liebigův zákon minima). Avšak pro plynulý růst a vývin je důležitý i poměr přijímaných prvků (tzv. Mitscherlingův zákon o působení vegetačních faktorů). Tyto nároky jsou specifické pro jednotlivé druhy. Tyto požadavky jsou prostudovány u zemědělských plodin, ale o planě rostoucích rostlinách toho víme velmi málo (Larcher 1988).

2.2.7 Obsah organického uhlíku

60 – 80% půdní organické hmoty tvoří humusové látky. Je to komplexní materiál, který je zároveň velice odolný k mikrobiálnímu rozkladu (Ledvina et al. 2006). Obsah organické hmoty se v našich orných půdách pohybuje od 1,5 – 7% (většinou 2 – 3%). Hnojením a vhodnými kultivačními zásahy lze obsah organické hmoty zvýšit o 0,2 – 0,5%. Podmínky omezující mineralizaci (např. zatopení) způsobují hromadění organické hmoty, která má nižší kvalitu.

Obsah humusu se značně liší v půdách minerálních a rašelinných. Dle Ledviny a kol.(2006) lze půdy rozdělit podle obsahu humusu na:

- humózní s obsahem organických látek do 20%
- humusové s obsahem organických látek nad 20%
- rašelinné zeminy 20 – 50%
- rašeliny nad 50%

Humózní půdy je možné dále dělit na:

- slabě humózní méně jak 1% humusu
- mírně humózní 1 – 2% humusu
- středně humózní 2 – 3% humusu
- silně humózní 3 – 5% humusu
- velmi silně humózní více jak 5% humusu

2.2.8 Obsah jílových částic

Jílové částice jsou unikátní pro svou velkou povrchovou plochu ve vztahu k malé velikosti částic. Koloidní jíl ovlivňuje pórovitost, vzdušný a vodní režim, obsah živin vázaných sorpčním komplexem a v důsledku i život v půdě. Na základě procentického zastoupení těchto částic se pak určuje půdní druh, nejčastěji pomocí Kopeckého, Novákovy stupnice (Ledvina et al. 2000).

Ve srovnání s písčitymi a hlinitými půdami jílovité půdy poutají více živin a snižují jejich ztráty vyplavováním. Při převlhčení jsou jílovité půdy kvůli nedostatku kyslíku méně biologicky aktivní (Ledvina et al. 2000).

2.2.9 Kationtová výměnná kapacita

Pohyblivost rostlinných živin v půdě je úzce spjata se sorpčními a desorbčními ději na povrchu půdních adsorbentů. Půdní adsorbenty jsou převážně organické a půdní koloidy. Půdní koloidy mají na svém povrchu kladné i záporné náboje. Kationtová výměnná kapacita je schopnost půdy vyměňovat kationty. Výměnná kapacita kationů je závislá na pH půdního roztoku. Při stoupajícím pH klesá kladný náboj a roste záporný při současném zvyšování maximální sorpční kapacity (Ledvina et al. 2000).

Maximální sorpční kapacita půdy udává celkovou schopnost půdy poutat kationty. Čím je maximální sorpční kapacita vyšší, tím jsou živiny ve formě kationtů odolnější proti vyplavení, ale zároveň hůř dostupné pro rostliny (Ledvina et al. 2000).

Výměnné kationty velkou měrou ovlivňují biologické a chemické poměry v půdě a také fyzikální a technologické vlastnosti půdy. V oblasti mírného pásma jsou hlavními výměnnými kationty Ca, Mg, Al a H a v menší míře K, Na, Fe, Mn. V neutrálních půdách převládá Ca a Mg zatímco v extrémně kyselých půdách naopak H a Al (Ledvina et al. 2000).

Půdy s neutrální reakcí (převaha Ca a Mg iontů) se vyznačují příznivou chemickou dynamikou, kvalitním humusem, odolností proti rozplavování vodou, drobtovitou strukturou a snadnou propustností pro vodu. Naproti tomu půdy s kyselou reakcí (převaha H a Al iontů) mají zhoršenou propustnost pro vodu a stabilitu struktury. Rostliny trpí nedostatkem vápníku a špatným fyzikálním stavem půdy. Pokud je půdní reakce extrémně kyselá, projeví se toxický účinek Al iontů, dvojmocného Mn a Fe, což poškozuje jak půdní bakterie (Ledvina et al. 2000), tak kořeny rostlin (Čížková 2006).

2.2.10 Úloha mikrobiálních populací v půdě

Jako mikroedafon nazýváme organismy menší než 0,2mm. Jedná se především o bakterie, aktinomycety, sinice, řasy většinu hub a prvoků.

Bakterie jsou v půdě zastoupeny v největším počtu. Společně s aktinomycetami a houbami patří k hlavním rozkladačům organické hmoty v půdě. Významnou skupinu bakterií tvoří nitrifikační bakterie a sírné bakterie (Ledvina et al. 2000).

Aktinomycety jsou schopny rozkládat řadu organických látek pro jiné organismy mnohdy nerozložitelné. Svou stavbou se podobají houbám. Intenzita rozkladných procesů je závislá na pH. Aktinomycetám totiž vyhovuje vyšší pH. Pokud je pH kyselejší dominují bakterie s houbami. Ve vysokém množství jsou zastoupeny na půdách s větším obsahem organických látek (např. louky a pastviny). Aktinomycety produkují řadu aromatických látek, které ovlivňují vůni půdy. Rody *Streptomyces*, *Actinomyces* a *Nocardia* jsou patogenní.

Houby jsou většinou primární rozkladači na kyselých lesních půdách. Jsou schopny rozložit běžné bílkoviny a cukry, ale i těžce rozložitelnou celulózu a lignin. Jsou efektivnější rozkladači než bakterie (Ledvina et al. 2000).

Řasy jsou primární producenti. Obohacují půdu o organickou hmotu svými těly. Provdzdušňují půdu, protože produkují kyslík. Tento fakt je velice důležitý v bahnitých půdách nebo zatopených půdách. Rody *Nostoc* a *Anabaena* jsou schopny fixovat vzdušný dusík.

Většina prvoků je heterotrofních. Živí se nejen půdními bakteriemi a jinými organismy, ale i organickými zbytky (Ledvina et al. 2000).

2.3 Faktory ovlivňující druhové složení a produkce travinných porostů

2.3.1 Záření

Všechn život na Zemi je závislý na energii vyzařované Sluncem. Jen malá část zářivé energie je zachycována fotosyntézou. Daleko větší část záření se přeměňuje v teplo, které je důležité pro výpar vody a ohřev zemského povrchu. Záření je zdroj energie, která ovlivňuje distribuci vody, tepla a organických látek (Larcher 1988)

Každý proces v rostlině spojený se zářením je zprostředkován speciálními fotoreceptory. Pro fotosyntetické procesy v zelených rostlinách je nejdůležitější záření o vlnové délce 380 – 710nm. Hlavní fotoreceptory působící při fotosyntéze v červené a modré části světla jsou tvořeny chlorofyly. Přídavné pigmenty karotén a xantofyly adsorbují modrou a UV oblast světelného spektra (Larcher 1988).

Záření je sice pro rostlinu zdrojem energie a stimulem růstu, ale může ji i poškodit. Při vysoké intenzitě může mít fotodestruční účinky viditelná část spektra nebo UV záření. UV-B záření (vlnová délka kratší než 300nm) způsobuje fotooxidaci chloroplastových pigmentů, fotodestrukci nukleových kyselin, bílkovin a poškozuje protoplazmu. Poškození UV-B zářením se projevuje poruchami metabolismu a růstu, genovými mutacemi i smrtí rostliny (Larcher 1988).

2.3.2 Teplota

Teplota rostlin má tendenci přibližovat se teplotě okolí (rostliny jsou poikilotermní). Avšak nadzemní části rostlin si vyměňují energii s okolím, a proto může být teplota rostlin oproti vzduchu značně rozdílná (Larcher 1988).

Pro život rostlin je důležitá dostatečná, nikoli však příliš vysoká teplota. Každý rostlinný druh má jiné optimální rozmezí teplot pro život. Suchozemské rostliny jsou organismy eurytermní. Minimální a maximální teploty pro život suchozemských rostlin se pohybují v širokém rozmezí (od -5 až po +55°C). Pro aktivní růst jsou obvykle potřeba teploty o něco méně extrémní (5 až 40°C) (Larcher 1988).

V našich podmínkách je životní cyklus rostlin značně ovlivněn ročním průběhem teplot. Minimálních teplot je dosaženo v zimě a maximálních v létě. Pro některé fáze života rostlin, jako je rašení, kvetení, otevírání pupenů i klíčení semen, je

nutné, aby teplota překročila tzv. kritický bod. Pro každou životní fázi je tato teplota jiná.

2.3.3 Srážky

Voda je pro všechny rostliny nepostradatelná. Je hlavní mezní činitel pro vývoj rostlin, hlavně suchozemských. Účastní se všech fotosyntetických reakcí. Všechny látky kromě O₂ a CO₂ jsou transportovány ve formě vodných roztoků. Těla rostlin jsou tvořena ze 30 – 98% vodou. Dokonce i semena rostlin jsou tvořena z velkého procenta vodou (Hendrych 1984).

Hlavním zdrojem vody pro suchozemské rostliny jsou atmosférické srážky, především déšť, popřípadě rosa či mlha. Vodu přijímají vyšší suchozemské rostliny kořeny. Rostliny nejsou zpravidla během dne v důsledku ztrát transpirací vodou zcela dosyceny. Míra tohoto nedosycení je označována jako vodní deficit. Podle toho jak jsou rostliny schopny odolávat tomuto deficitu se rostliny dělí na hygropyty, mezofyty, xerofyty, psychropyty a hydrofyty. Hygropyty vyžadují bohaté zásobení vodou a nejsou schopné snášet její deficit. Mezofyty jsou přizpůsobené na dostatečnou vlhkost půdy, mají středně vyvinutý kořenový systém, olistění a jejich osmotický potenciál se pohybuje ve středních hodnotách. Xerofyty jsou schopné růst i při značném nedostatku vody. Jsou u nich vyvinuty různé adaptace proti ztrátám vody transpirací (trichomy, zmenšení listů....). Mají bohatý kořenový systém a vysoký osmotický potenciál buněk. Psychropyty jsou rostliny vlhkých, ale chladných oblastí. Hydrofyty jsou rostliny žijící ve vodě s příslušnými adaptacemi na prostředí (Hendrych 1984).

U suchozemských rostlin jsou nejdůležitějšími faktory růstu teplota a voda. Největší význam nelze přisoudit ani samotnému ročnímu úhrnu srážek, ani samotné průměrné roční teplotě. Hlavní význam přísluší délce a intenzitě období teplých nebo chladných dnů a vztahu teplot k množství srážek v jednotlivých ročních obdobích (Hendrych 1984).

2.4 Druhovému složení travinných porostů ve vztahu k vnějším podmínkám

Druhovému složení přirozených travinných porostů je určováno zejména klimatickými, půdními a hydrologickými podmínkami. U obhospodařovaných porostů je složení kromě toho ovlivňováno způsobem a intenzitou hospodaření. Typické

druhové kombinace ve vztahu ke klíčovým faktorům prostředí byly zpracovány např. v katalogu biotopů ČR (Chytrý et al. 2001).

2.4.1 Vlhké pcháčové louky

Vlhké až mokré louky s dominantními travinami (*Agrostis canina*, *Carex acuta*, *C. cespitosa*, *C. acutiformis*, *Fescuca pratensis*, *F. rubra*, *Poa palustris*, *Juncus effusus* aj.) Rostou na podmáčených glejových půdách v údolích potoků, menších řek a na prameništích od nížin do podhůří. Je zde trvale vysoká hladina podzemních vod avšak porosty nesnášejí periodické zaplavení i vysychání. Druhové složení pcháčových luk se mění zejména v závislosti na vlhkosti, dostupnosti živin, pravidelnosti a četnosti sečí Jsou vhodné pro kosení 2x ročně (Chytrý et al. 2001).

2.4.2 Vlhká tužebníková lada

Zapojené porosty širokolistých bylin vyššího vzrůstu. Vzniká většinou z pcháčových luk ponechaných ladem, s nimiž také často tvoří mozaiku. Často se jedná o monodominantní porosty v nichž se uplatňují *Geranium palustre*, *Lysimachia vulgaris*, *Filipendula ulmaria*. Dále se zde vyskytují druhy vlhkých pcháčových luk (*Carex cespitosa*, *C. acutiformis*, *Alopecurus pratensis*, *Juncus effusus*, *Scirpus sylvaticus* aj.) (Chytrý et al. 2001).

2.4.3 Aluviální psárkové louky

Vlhké často zaplavované louky na hlubokých půdách, dobře zásobeny živinami. Louky koseny jednou do roka. Pokud nejsou koseny zarůstají nitrofilními druhy jako je kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), ve sníženinách se stagnující vodou zarůstají hustými porosty metlice trsnaté (*Deschampsia cespitosa*). Mezi další často přítomné druhy patří *Elytrigia repens*, *Holcus lonatus*, *Chaerophyllum aromaticum*, *C. bulbosum*, *Glechoma hederacea*, *Potentilla reptans* aj (Chytrý et al. 2001).

2.4.4 Kontinentální zaplavované louky

Jedná se druhově bohaté, dvousečné až trojsečné louky v nivách dolních toků velkých řek v teplých a suchých oblastech. Půdy jsou zde hlinité až jílovité. Na místech často a dlouhodobě zaplavovaných můžou být půdy oglejené až glejové, mírně zasolené s velkým množstvím živin. V létě půda často vysychá. Pro vznik těchto luk jsou podmínkou pravidelné jarní záplavy. Mezi hlavní druhy patří vlhkomilné traviny

(*Alopecurus pratensis*, *Carex acuta*, *C. disticha*, *C. praecox*, *Poa palustris*, *Poa pratensis* aj.) Velmi nápadnými druhy v době květu je *Lychnis flos-cuculi*, *Iris sibirica* a *Serratula tinctoria* (Chytrý et al. 2001).

2.4.5 Kontinentální vysokobylinná vegetace

Jde o nekosené nebo jen občasně kosené porosty kontinentálních zaplavovaných luk. Často se nacházejí na místech, které jsou pro kosení hůře přístupné (lemy vodních nádrží a kanálů) a navazují na pravidelně sečené louky. V porostu dominují *Euphorbia lucida*, *Filipendula ulmaria*, *Lysimachia vulgaris*, *Pseudolysimachion maritimum* a *Thalictrum flavum* (Chytrý et al. 2001).

2.4.6 Střídavě vlhké bezkolencové louky

Nehnojené louky na oglejených půdách se silně kolísající hladinou podzemní vody. Lokality s nízkou až střední zásobou živin. Louky se nacházejí v podmáčených svahových polohách, na obvodech rašelinišť a na odvodněných slatinách. Na lučních porostech převládá bezkolenec rákosovitý (*Molinia arundinacea*) s množstvím trav (*Deschampsia cespitosa*, *Holcus lanatus*, *Festuca rubra*, *F. pratensis*, *Juncus effusus*, *Poa pratensis*, *Poa trivialis* aj.). Louky jsou koseny zpravidla jednou do roka (Chytrý et al. 2001).

2.4.7 Vegetace vysokých ostřic

Mokřadní biotopy vázané na říční ramena, tůně v pokročilém stadiu sukcese, pobřežní mělčiny rybníků a podmáčené luční sníženiny. Výška hladiny podzemních vod během roku značně kolísá a přes léto mohou tyto porosty zcela vysychat. Vegetace vysokých ostřic roste často na těžkých jílovitých oglejených půdách se střední až vysokou zásobou živin. Na povrchu půdy je často silná vrstva organického sedimentu v různém stupni rozkladu. Půdní reakce kolísá mezi mírně bazickou až kyselou.

Hlavními druhy bývají trsnaté ostřice (např. *Carex elata* a *C. paniculata*) vytvářející až 1m vysoké buly. Na volných místech mezi bulky rostou obvykle bažinné byliny vyššího vzrůstu (např. *Iris pseudocoros*, *Lysimachia thyrsiflora*, *Lythrum salicaria*, *Ranunculus lingua* aj.). Na odumírajících bultech ostřic se mohou uchytit biliny menšího vzrůstu (např. *Galium palustre* a *Stellaria palustris*). Porosty s převahou výběžkatých netrsnatých ostřic (např. *Carex acuta*, *C. acutiformis*, *C. riparia*, *C. vesicaria* aj.) tvoří homogennější porosty s podobným charakterem, který vytváří

chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*) či třtina šedavá (*Calamagrostis canescens*).
Mechové patro bývá vyvinuto velmi slabě nebo zcela chybí (Chytrý et al. 2001).

2.5 Produkce travinných porostů ve vztahu k vnějším podmínkám

2.5.1 Půda

Pro produkci biomasy je zvláště důležitá zásoba živin a organických látek v půdě, dále i hloubka půdního profilu, vzdušný a vodní režim. Přirozené travní porosty mohou být adaptovány na kolísavý vodní režim, extrémně suchá i extrémně mokrá stanoviště.

Na zvyšování výnosu přírodních i umělých porostů nejvýrazněji působí dusík. Jako příklad může posloužit pokus Krajoviče a Regala (1976) na stejném společenstvu (*Festucetum rubrae*) z různých stanovišť slovenských hor. Přídavkem PK do porostů s přirozeným deficitem živin znamenal zvýšení produkce o 200 – 300%. Vysoká dávka N pak znamenala nárůst tvorby biomasy o 500 – 700%. Přídavek PK do porostů s dostatečnou zásobou živin, zvýšil produkci o 50% a při vysokých dávkách N o 100 – 200%. Všechny porosty pak dosahovaly nadzemní produkce okolo 8 – 10t/ha. Tato produkce je zřejmě strop, který již při daných stanovištních podmínkách a druhovém složení nelze překonat.

Důležitým faktorem produkce je též obsah fosforu. Jeho sorpce je totiž velmi pomalá a účinky víceleté. Krajčovič (1962) uvádí, že průměrný nárůst sena je 28,6kg/kg fosforu v závislosti na půdním typu a v rendzinách dokonce 50kg sena/kg fosforu.

Draslík je poměrně často dostatečně přítomen v půdách, proto nebývá limitující. Jeho nedostatek se projevuje jen v rašelinných a silně podzolových půdách.

2.5.2 Meteorologické a hydrologické vlivy

Luční porosty jsou dosti tolerantní na klimatické faktory. Na přirozených loukách je produkce píce rok od roku jiná. Délka vegetačního období se v našich podmínkách pohybuje mezi 145 až 200 dny. Pro růst biomasy je potřeba přibližně +5°C. Optimální teplota pro průběh fotosyntézy je u většiny trav mezi 17 až 21°C. Nad 25°C fotosyntetická aktivita klesá a při 30 až 35°C končí. Za optimální teplotu pro travní porosty se uvádí celoroční průměr 7,9°C. Pro vegetační období od května do září je nejvhodnější průměrná teplota 13,8°C (Rychnovská 1985).

Dostatek vody je pro vysokou produkci lučních porostů velice důležitý. Na svazích je hlavním zdrojem atmosférická voda. Optimum pro tyto stanoviště se

pohybuje mezi 700 až 800mm ročních srážek, rozdělených do celého roku takto: 15% zima, 25% jaro, 40% léto, 20% podzim (Rychnovská 1985). Podle Krajčoviče a kol. (1972) patříčné hnojení dusíkem na 1mm srážek vytvoří 1,5 až 2g hmoty na m². Při průměrných srážkách 480 – 500mm za vegetační období může vést k vytvoření 7 – 10t/ha sušiny.

Při ročních srážkách pod 300mm vzniká vodní deficit, který si rostliny pokrývají z podzemních vod. Lichner et al. (1977) uvádí, že při úrovni hladiny podzemní vody 130cm byla produkce lučního porostu poloviční oproti porostu, ve kterém byla hladina podzemní vody ve hloubce 40cm.

Aluviální louky vytváří vysokou produkci píce i ve výsušných oblastech. Jsou to jediné zemědělské kultury, které jsou adaptované ke kolísání hladiny podzemních vod. Snášejí jak zamokření, tak i hluboký pokles podzemních vod během léta. Vytváří tak bohatou a kvalitní píci s minimálním přídavkem další energie. Nivní louky využívají hlavně vodu a živiny, které přinášejí záplavy (Rychnovská 1985).

Hamadejová (2001) zkoumala produkci luk s dominantní chřasticí rákosovitou na Mokřých loukách u Třeboně v letech 1995 – 1997. Nejnižší produkce dosahoval rok 1995 (3,763 t · ha⁻¹), který měl chladnou počáteční fázi vegetace. Chladné jaro vystřídal velmi teplý červenec a srpen. Po létě přišel chladný podzim a zima. Roční teplotní průměr 8,3°C. Srážkově byl rok 1995 velice nevyrovnaný. Červenec a říjen byl vyprahlý. Celkový roční srážkový úhrn byl 660mm a za vegetaci 461mm.

Nejvyšší produkce biomasy dosáhly pozemky v roce 1996 (4,938 t · ha⁻¹). Tento rok se vyznačoval opožděným nástupem jara a nízkými teplotami během jara. Roční teplotní průměr 6,7°C. Celkový úhrn srážek za rok činil 654mm, za vegetační období 436mm. Nadbytek srážek byl zaznamenán v období dubnu až květnu. Naopak měsíce červenec a srpen byl srážkově podprůměrné. Teplota byla podle dlouhodobého průměru podnormální.

Rok 1997 byl výnosově o něco slabší než rok 1996 (4,038 t · ha⁻¹). Na výnosu se projevil chladný leden a poté teplé období do konce srpna. Květen a červen byly suché s následujícími záplavami v červenci. Roční teplotní průměr činil 8,4°C. Celkový úhrn srážek za rok byl 638mm a za vegetaci 428mm.

Závodská (1990) zkoumala primární produkci chřastice rákosovité v nivě horní Lužnice v letech 1988 a 1989. Z meteorologických charakteristik a jejích výsledků vyplývá, že velký vliv na růst biomasy v mokřadních ekosystémech měly jarní záplavy. Průměrná denní teplota a celkové srážky ve zkoumaných letech na dané lokalitě byly

téměř stejné a přesto v roce 1989 byla zjištěná biomasa o třetinu vyšší.

3 Popis lokality

3.1 Třeboňsko

Třeboňsko je územím, které vzniklo dlouhodobým ovlivňováním krajiny člověkem. Na utváření krajiny Třeboňska se člověk podílel již od 12. století, zejména úpravami vodních poměrů původní močálovité krajiny. Výsledkem těchto úprav je důmyslná síť umělých stok (například Zlatá stoka, Nová řeka) a množství rybníků, které tvoří z Třeboňska centrum českého rybníkářství. Rozsáhlé rybníční soustavy s druhotně vytvořenými litorálními společenstvy se staly evropsky významným hnízdištěm i migrační zastávkou vodního ptactva. Oblast vyniká bohatostí mokřadní a vodní vegetace (Štěpánová 2010).

Třeboňská pánev patří k územím s největším zastoupením mokřadů ve střední Evropě. Mokřady tvoří nejméně 20% z rozlohy CHKO/BR Třeboňsko (Květ 2000). V rovinném terénu mokřady často tvoří plynule navazující hydrosérii, která pokrývá značnou plochu, a má tedy význam jak krajinářský, tak i hospodářský (Jeník, Květ 1983).

V roce 1997 bylo Třeboňsko vyhlášeno Biosférickou rezervací a její vybrané části byly zařazeny mezi mokřady mezinárodního významu podle Ramsarské úmluvy (1991). Třeboňsko získalo mezinárodní význam jako území poskytující cenné poznatky o struktuře a funkci mokřadních ekosystémů a biocenóz a o možnostech a překážkách jejich trvale udržitelného využívání (Květ 2000). Jedny z nejcennějších biotopů Třeboňska jsou rozsáhlá přechodová rašeliniště s bohatými rostlinnými společenstvy (blatkové bory) a s rozsáhlou faunou bezobratlých. Zachovala se zde také velká část původních meandrujících toků řek (např. Lužnice), které pravidelně zaplavují přítomné nivy a zbytky lužních lesů včetně extrémně suchých lokalit vátých písků. Třeboňské rybníky a Třeboňská rašeliniště jsou vyhlášeny za mokřady mezinárodního významu chráněné Ramsarskou konvencí (Štěpánová 2010). Tyto všechny faktory přispívají nejen k vědeckému významu Třeboňska, ale i k jeho hodnotě kulturní a rekreační.

3.2 Hamerské louky

Jedná se o lokalitu ležící východně od obcí Val a Hamr v nivě řeky Nežárky. Nadmořská výška lokality je 415m.n.m. (Pícek 2008). Podloží je tvořeno naplaveninami, šterky a písiky, které tvoří dno říčního údolí řeky Nežárky. I přes

regulaci toku, která zde v minulosti proběhla se zde zachovaly zbytky meandrů, odstavená říční ramena a tůň v záplavové oblasti řeky. Místy se na řece objevují i skalní prahy a peřeje, časté jsou břehové nátrže a písčité výspy. Dno je smíšené písčito – bahnitě až kamenité. Jedná se o převážně ploché říční údolí, s vodním tokem nížinného charakteru, s dobře vymezenou nivou, na kterou jsou vázána pestrá mokřadní stanoviště. Vodní tok má bohatou břehovou zeleň a prochází z větší části lesnatou krajinou s lučními, méně často polními enklávami (Anonymus).

Na studované lokalitě jsou dominantní porosty ostřic (nejvíce *Carex gracilis* a *Carex vesicaria*) společně se zblochanem vodním (*Glyceria maxima*), popřípadě i s chrasticí rákosovitou (*Phalaris arundinacea*). Mezi další druhy zde se vyskytující patří například pryskyřník plazivý (*Ranunculus repens*), metlice trsnatá (*Deschampsia caespitosa*), svízel bažinný (*Galium palustre*), ojediněle i rdesno obojživelné (*Persicaria amphibia*) a kyprej vrbice (*Lythrum salicaria*). Bezprostřední okolí je pokryto bylinnou vegetací nižšího vzrůstu, tvořící plynulý přechod na okolní zemědělsky využívané louky.

Dle Mitche a Gesselinka (1993) bychom mohli studovanou lokalitu Hamr zařadit mezi oblasti vnitrozemských mokřých luk, v kterých je půda většinou bez stojaté vody během převážné části vegetačního období. Hladina podzemní vody však leží jen několik centimetrů pod povrchem. Tyto louky se mohou vyskytovat v mělkých pánvích, vytvářet bahnitý povrch v mělkých prohlubních. Často mohou tvořit přechody či hranici mezi mělkými mokřady a zemědělsky obhospodařovanými plochami. Jde o systém palustrinní, perzistentní, a zpravidla jde o významný zdroj podzemní vody.

Picek a kol. (2008) uvádějí, že úroveň hladiny vody na pokusné lokalitě Hamr je na stejné úrovni jako v místních odvodňovacích příkopech spojených s řekou Nežárkou. Z tohoto důvodu je zde hladina vody dosti proměnlivá a kopíruje kolísání vodní hladiny v Nežárce.

4 Metody

4.1 Uspořádání pokusu

Odběry probíhaly na lokalitě v blízkosti obce Hamr. Na lokalitě byly vytyčeny čtyři bloky a vyznačeny dřevěnými kůly. V každém bloku byly vytyčeny tři plochy podle intenzity hnojení. První plocha byla intenzivně hnojená, označena jako „HIGH“. Druhá plocha byla mírně hnojená, označena jako „LOW“. Třetí plocha byla nehnojená, označena jako „NO“.

Hnojení vyznačených ploch se provádí nepřetržitě již od roku 2006. Intenzivně hnojené plochy jsou hnojeny dávkou 300kg NPK na hektar a rok. Mírně hnojené plochy jsou hnojeny dávkou 65kg NPK na hektar a rok. Hnojivo je rozděleno do dvou dávek. První hnojení se provádí v květnu a druhé v červenci (vždy krátce po seči). V r. 2009 hnojení nemohlo být provedeno kvůli dlouhotrvajícím záplavám.

Všechny plochy jsou pravidelně sečeny. Seč se provádí ve stejném období jako sousední pozemky.

4.2 Odběry a zpracování vzorků biomasy

Odběry vzorků probíhaly destruktivní metodou podle Jakrlové (1987) ve dvou termínech vegetační sezóny 2009 (10.6. a 5.8.), které odpovídaly době první a druhé seče. Vzorky se odebíraly pomocí odběrové vidlice o rozměrech 0,5 x 0,5m. Na každé ploše byly odebrány 2 vzorky. Celkem tedy bylo odebráno $2 \times 3 \times 4 = 24$ vzorků při jednom odběru. Pomocí nůžek byla zvlášť odebrána biomasa cca 5-7cm nad povrchem (výnos) a zvlášť strniště (pro imitaci posklizňových zbytků po seči). Veškerý materiál byl vložen do předem popsaných igelitových sáčků a do odjezdu vložen do stínu, aby se zabránilo jeho zapaření. Pytle s odebranými vzorky byly převezeny do laboratoře.

V laboratoři se vzorky zpracovaly nejpozději do 14dnů od data odběru. Mezitím byly uskladněny v lednici. Vzorky biomasy byly roztříděny na živou biomasu rozdělenou podle druhů, mrtvou biomasu jednotlivých druhů a opad. Za opad se považovaly odumřelé části rostlin, které již nebyly spojeny s živými rostlinami (často šlo o hmotu, která vznikla v předešlém roce). Roztříděné vzorky byly vloženy do popsaných papírových sáčků a sušeny v elektrické sušárně při 85°C do konstantní hmotnosti. Po vysušení byly vzorky zváženy s přesností 0,01g a hodnoty zaznamenány.

5 Výsledky

5.1 První odběr

Průměrná hmotnost živé a odumřelé biomasy výnosu z prvního odběru (10.6.2009) je uvedena v tabulce 1. Podrobnější hodnoty jsou uvedeny v tabulce 8, 10 a 11 (viz přílohy). Pod názvem ostřice byly zaznamenány dva druhy, a to ostřice štíhlá (*Carex gracilis*) a ostřice měchýřkatá (*Carex vesicaria*). Do ostatních jednoděložných byly zařazeny druhy na pozemku méně časté, jako je chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), metlice trsnatá (*Deschampsia cespitosa*), velice ojediněle se zde objevila i psárka luční (*Alopecurus pratensis*) a kostřava červená (*Festuca rubra*). Mezi ostatní dvouděložné rostliny byly zařazeny pryskyřník plazivý (*Ranunculus repens*), svízel bahenní (*Galium palustre*), vrbina penízková (*Lysimachia nummularia*), ojediněle i kyprej vrbice (*Lythrum salicaria*), pryskyřník plamének (*Ranunculus flammula*), velice vzácně se zde objevil i popenec obecný (*Glechoma hederacea*) a rdesno obojživelné (*Persicaria amphibia*).

Nejvyšší živá biomasa výnosu byla zaznamenána na plochách intenzivně hnojených (443,88 g.m⁻²). Z tohoto množství byla nejvíce zastoupena biomasa ostřic a zblochanu vodního. Poměry mezi plochami byly celkem vyrovnané i když nejméně odumřelé hmoty bylo na plochách nehnojených (41,77 g.m⁻²). Velký podíl odumřelé biomasy zaujímal hmotu zblochanu vodního (okolo 70%).

Největší celková biomasa byla naměřena na plochách intenzivně hnojených (494,89g.m⁻²). Největší podíl hmoty zaujímal ostřice a zblochan vodní, tyto rostliny zde byly jasně dominantní. Zajímavé bylo množství biomasy na lokalitách s mírným hnojením (393,18 g.m⁻²), která byla nižší než na lokalitách nehnojených (414,68 g.m⁻²).

Tab. 1. Průměrná hmotnost živé a odumřelé biomasy výnosu (g.m⁻²) v době první seče (10.6.2009)

Biomasa živá/odumřelá	Varianta	ostřice	zblochan vodní	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	celkem
Ž	NO	130,22	169,84	43,74	29,11	372,91
Ž	LOW	133,41	164,30	0,94	44,10	342,75
Ž	HIGH	210,90	174,75	55,86	2,38	443,88
O	NO	3,48	29,23	2,74	6,32	41,77
O	LOW	5,58	37,18	0,00	7,66	50,42
O	HIGH	8,65	36,75	5,60	0,01	51,01

*NO jsou plochy bez přídavku hnojiv. LOW jsou plochy s nízkou dávkou hnojiv (cca 65kg NPK·ha⁻¹·rok⁻¹). HIGH jsou plochy s vysokou dávkou průmyslových hnojiv (cca 300kg NPK·ha⁻¹·rok⁻¹)

Biomasa strniště je zajímavý ukazatel posklizňových zbytků, které zůstávají na daném pozemku a obohacují tím půdu o živiny. Průměrnou hmotnost živé a odumřelé biomasy ukazuje tabulka 2. Podrobnější hodnoty jsou uvedeny v tabulce 8, 12 a 13 (viz přílohy). Této biomasy bylo znatelně méně než méně než tomu tak bylo u výnosu. Největší hodnota byla zaznamenána na plochách nehnojených (84,89 g.m⁻²). Hodnoty na mírně a intenzivně hnojených plochách byly dosti podobné (okolo 72 g.m⁻²), avšak podíl rostlin, které se na této biomase podílel byl značně rozdílný. U mírně hnojených ploch převládala biomasa zblochanu vodního (27,39 g.m⁻²) společně s dvouděložnými rostlinami (30,59 g.m⁻²). U intenzivně hnojených ploch netvořily dvouděložné rostliny téměř žádnou biomasu (4,42 g.m⁻²) a místo nich narůstala biomasa ostřice (28,63 g.m⁻²). Nejvyšší hodnota odumřelé biomasy byla zjištěna na plochách s menší intenzitou hnojení (27,49 g.m⁻²), ale rozdíly mezi variantami byly velmi malé. Největší podíl odumřelé hmoty zaujímal zblochan vodní (až 88%).

Nejvyšší biomasa strniště byla zjištěna na plochách nehnojených (107,14 g.m⁻²), ale hodnoty všech variant byly velice vyrovnané (okolo 100 g.m⁻²).

Tab. 2. Průměrná hmotnost živé a odumřelé biomasy strniště (g.m⁻²) v době první seče (10.6.2009)

Biomasa živá/odumřelá	Varianta	ostřice	zblochan vodní	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	celkem
Ž	NO	17,93	30,58	4,56	31,81	84,89
Ž	LOW	13,91	27,39	0,06	30,59	71,96
Ž	HIGH	28,63	30,19	8,08	4,42	71,32
O	NO	1,37	19,73	0,29	0,87	22,25
O	LOW	2,99	20,15	0,00	4,34	27,49
O	HIGH	2,69	16,31	0,86	0,05	19,91

*NO jsou plochy bez přídavku hnojiv. LOW jsou plochy s nízkou dávkou hnojiv (cca 65kg NPK · ha⁻¹ · rok⁻¹). HIGH jsou plochy s vysokou dávkou průmyslových hnojiv (cca 300kg NPK · ha⁻¹ · rok⁻¹)

Údaje o množství opadu se nacházejí v tabulce 3. Podrobnější údaje jsou uvedeny v tabulce 9 (viz přílohy). Jak je z tabulky vidět se stoupající intenzitou hnojení celkové množství opadu klesalo a hodnoty byly velice proměnlivé. Celková biomasa včetně opadu byla nejvyšší u ploch intenzivně hnojených (631,07 g.m⁻²). Zajímavá byla celková biomasa včetně opadu na plochách s menší intenzitou hnojení, u které byla hodnota nižší (540,95 g.m⁻²) než u ploch nehnojených (577,87 g.m⁻²).

Tab. 3. Průměrná hmotnost opadu ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) v době první seče (10.6.2009)

Varianta*	průměrný opad
NO	56,05
LOW	47,62
HIGH	44,95

*NO jsou plochy bez přídavku hnojiv. LOW jsou plochy s nízkou dávkou hnojiv (cca 65kg NPK $\cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$). HIGH jsou plochy s vysokou dávkou průmyslových hnojiv (cca 300kg NPK $\cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$)

5.2 Druhý odběr

Hmotnost živé a odumřelé biomasy výnosu je uvedena v tabulce 4. Podrobnější údaje jsou uvedeny v tabulce 14, 16 a 17 (viz přílohy). Nejvyšší hodnoty dosáhl porost intenzivně hnojených ploch ($227,26 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$), která byla srovnatelná s plochami nehnojenými ($215,26 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$). Opakuje se zde trend méně intenzivně hnojených ploch, které měly nejmenší nárůst biomasy ($176,15 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$). Plochy intenzivně hnojené měly vyšší výskyt ostatních jednoděložných a dvouděložných rostlin, které byly na ostatních plochách přítomny pouze zanedbatelně. Odumřelé hmoty bylo také méně než v červnovém odběru. Pouze plochy intenzivně hnojené byly srovnatelné. Hlavní část odumřelé biomasy tvořil opět zblochan, i když na plochách intenzivně hnojených zaujímaly srovnatelný podíl ostatní jednoděložné rostliny ($18,78 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$).

Celková hmotnost biomasy výnosu byla oproti červnovému odběru poloviční. Bylo to způsobeno kratší dobou růstu oproti prvnímu odběru, kdy rostliny narůstaly již od začátku vegetační doby. Nejvíce biomasy měly plochy intenzivně hnojené ($268,42 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$) a nejméně pak plochy s mírnou intenzitou hnojení ($192,76 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$). Dominantu tvořila ostřice společně se zblochanem vodním.

Tab. 4. Průměrná hmotnost živé a odumřelé biomasy výnosu ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) v době druhé seče (5.8.2009)

Biomasa živá/odumřelá	Varianta	ostřice	zblochan vodní	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	celkem
Ž	NO	95,84	111,70	5,02	2,70	215,26
Ž	LOW	69,90	103,69	2,44	0,12	176,15
Ž	HIGH	79,22	93,42	41,74	12,88	227,26
O	NO	6,74	16,70	0,46	0,66	24,56
O	LOW	3,45	12,87	0,29	0,00	16,61
O	HIGH	7,19	13,09	18,78	2,10	41,16

*NO jsou plochy bez přídavku hnojiv. LOW jsou plochy s nízkou dávkou hnojiv (cca 65kg NPK $\cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$). HIGH jsou plochy s vysokou dávkou průmyslových hnojiv (cca 300kg NPK $\cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$)

Hmotnost živé a odumřelé biomasy strniště udává tabulka 5. Podrobnější údaje jsou uvedeny v tabulce 14, 18 a 19 (viz přílohy) Oproti červnovému odběru zde byla

patrná změna. Nejméně biomasy bylo naměřeno na nehnojených plochách (29,92 g.m⁻²) a nejvíce na plochách s mírným hnojením (42,02 g.m⁻²), i když rozdíl mezi mírně hnojenými a intenzivně hnojenými plochami (40,86 g.m⁻²) nebyl nijak výrazný. Získaná odumřelá biomasa nebyla nijak velká, u všech variant byla nižší než 20 g.m⁻².

V tomto odběru byla celková hmota ve vztahu k intenzitě hnojení. Nejméně biomasy narostlo na plochách nehnojených (43,64 g.m⁻²) a nejvíce na plochách intenzivně hnojených (60,68 g.m⁻²).

Tab. 5. Průměrná hmotnost živé a odumřelé biomasy strniště (g.m⁻²) v době druhé seče (5.8.2009)

Biomasa živá/odumřelá	Varianta	ostřice	zblochan vodní	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	celkem
Ž	NO	11,97	15,76	0,76	1,44	29,92
Ž	LOW	20,92	20,17	0,46	0,46	42,02
Ž	HIGH	17,61	12,38	7,53	3,35	40,86
O	NO	5,69	6,44	0,78	0,81	13,72
O	LOW	4,11	10,08	0,00	0,49	14,68
O	HIGH	5,88	8,29	4,71	0,94	19,82

*NO jsou plochy bez přídavku hnojiv. LOW jsou plochy s nízkou dávkou hnojiv (cca 65kg NPK · ha⁻¹ · rok⁻¹). HIGH jsou plochy s vysokou dávkou průmyslových hnojiv (cca 300kg NPK · ha⁻¹ · rok⁻¹)

Množství opadu ze druhé seče je uvedeno v tabulce 6. Podrobnější údaje jsou uvedeny v tabulce 15 (viz přílohy). Celková hmotnost opadu byla dosti podobná červnovému odběru, avšak nejvíce opadu v průměru měly plochy s intenzivním hnojením (63,48 g.m⁻²), což byl opak červnového odběru. Nejméně opadu bylo zaznamenáno na plochách s nižší intenzitou hnojení (36,62 g.m⁻²). Celková biomasa včetně opadu byla nejvyšší u ploch intenzivně hnojených (392,58 g.m⁻²). Zajímavá byla průměrná hmotnost sušiny ploch s menší intenzitou hnojení, u které byla hodnota nižší (286,08 g.m⁻²) než u ploch nehnojených (324,39 g.m⁻²).

Tab. 6. Průměrná hmotnost opadu (g.m⁻²) v době druhé seče (5.8.2009)

Varianta*	průměrný opad
NO	40,93
LOW	36,62
HIGH	64,38

* NO jsou plochy bez přídavku hnojiv. LOW jsou plochy s nízkou dávkou hnojiv (cca 65kg NPK · ha⁻¹ · rok⁻¹). HIGH jsou plochy s vysokou dávkou průmyslových hnojiv (cca 300kg NPK · ha⁻¹ · rok⁻¹)

5.3 Roční produkce nadzemní biomasy

Roční produkce nadzemní biomasy je celkové množství biomasy (živé + odumřelé) vytvořené za rok na jednotlivých plochách. Hodnoty celkové roční produkce jsou uvedeny v tabulce 7. Nejvyšší produkce výnosu byla zaznamenána na plochách intenzivně hnojených (823,99 g.m⁻²). Z tohoto množství byla nejvíce zastoupena biomasa ostřic a zblochanu vodního. Nejmenší produkce byla zjištěna na plochách mírně hnojených (642,64 g.m⁻²). Zajímavá je celková produkce ostatních jednoděložných rostlin na mírně hnojených lokalitách, která je oproti ostatním plochám téměř mizivá.

Tab. 7. Celková roční produkce biomasy v roce 2009 (g.m⁻²)

Varianta*	ostřice	zblochan vodní	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	celkem
NO	253,94	349,66	53,50	41,04	698,14
LOW	237,38	348,29	4,13	52,84	642,64
HIGH	329,45	338,68	134,21	21,65	823,99

*NO jsou plochy bez přídavku hnojiv. LOW jsou plochy s nízkou dávkou hnojiv (cca 65kg NPK: ha⁻¹ · rok⁻¹). HIGH jsou plochy s vysokou dávkou průmyslových hnojiv (cca 300kg NPK: ha⁻¹ · rok⁻¹)

6 Diskuse

6.1 Vztah zjištěných rozdílů mezi variantami k hnojení

Hodnoty z červnového odběru byly statisticky hodnoceny testem ANOVA hlavních efektů za pomoci programu Statistica 8.0 (Statsoft, USA) a vliv hnojení nebyl statisticky průkazný. Výsledky nebyly statisticky průkazné v důsledku velkého rozptylu hodnot, který je 34,3% u celkové živé biomasy a 9,3% u mrtvé biomasy (Čížková, ústní sdělení).

Z údajů získaných v r. 2009 nemůžeme hodnotit krátkodobý vliv minerálního hnojení na růst biomasy. V předchozích letech byla lokalita hamerských luk pravidelně hnojena do 1 měsíce po seči. V r. 2009 však byla lokalita v této době zatopena a hnojení neproběhlo. Pokus na hamerských loukách probíhá již od roku 2006. Na druhém odběru tedy můžeme celkem dobře zhodnotit vliv dlouhodobého hnojení. Dlouhodobé hnojení by mělo vytvořit určitou zásobu živin a zvyšovat tím celkovou úrodnost, která by se měla projevit při náhlé absenci přísunu živin. Intenzivně hnojené plochy by za této situace měly mít hmotnost nadzemní biomasy v podobném poměru k plochám nehnojeným jako při nepřerušném sledu hnojení. Z mých výsledků je patrné, že v druhém odběru činil rozdíl mezi variantou intenzivně hnojených a nehnojených ploch jen asi 20 g.m^{-2} . Dle mého názoru to ukazuje na to že dlouhodobé hnojení se na hamerských loukách zatím neprojevuje.

6.2 Porovnání s výsledky jiných autorů v rámci prováděného výzkumu

V roce 2009 prováděla stejný výzkum Kateřina Lazárková na lokalitě Zábłatských luk. Odběr biomasy proběhl dne 12.6.09. Lazárková zaznamenala nejvyšší průměrnou hmotnost biomasy výnosu (živé + mrtvé) na lokalitách intenzivně hnojených ($549,13 \text{ g.m}^{-2}$), nejméně na plochách nehnojených ($483,47 \text{ g.m}^{-2}$) a na plochách mírně hnojených pak $439,25 \text{ g.m}^{-2}$.

Mé výsledky jsou dosti podobné. Na lokalitách intenzivně hnojených jsem zaznamenal $494,89 \text{ g.m}^{-2}$ biomasy, na lokalitách mírně hnojených $392,18 \text{ g.m}^{-2}$ a na lokalitách nehnojených $414,68 \text{ g.m}^{-2}$. Celkově na mé lokalitě narostlo méně biomasy, tento jev si vysvětluji rozdílnými stanovištními a půdními podmínkami. Na hamerských loukách je půda minerální, kdežto na Zábłatských loukách organická. Navíc hamerské louky trpí velice často záplavami. Prováděné hnojení tedy nemá takový účinek, protože s odcházející vodou odcházejí i živiny v ní rozpuštěné.

Edwards (2009) studoval rostlinné složení druhů a tvorbu biomasy na lokalitě Hamerských luk v nivě řeky Nežárky v letech 2006 - 2008. V roce 2007 zaznamenal nejvyšší čistou primární produkci nadzemní biomasy na plochách intenzivně hnojených (770 g.m^{-2}). Na plochách mírně hnojených pak zaznamenal čistou primární produkci nadzemní biomasy 609 g.m^{-2} a na nehnojených lokalitách 683 g.m^{-2} . V roce 2008 zaznamenal nejvyšší čistou primární produkci nadzemní biomasy také na plochách intenzivně hnojených (960 g.m^{-2}). Na plochách mírně hnojených pak zaznamenal čistou primární produkci nadzemní biomasy 536 g.m^{-2} a na nehnojených lokalitách 702 g.m^{-2} . V práci Edwardse (2009) se objevuje stejný neočekávaný projev mírně hnojených lokalit, které mají méně biomasy než lokality nehnojené (609 g.m^{-2} v roce 2007, 536 g.m^{-2} v roce 2008). Z výsledků Edwardse (2009) je vidět znatelný rozdíl mezi intenzivně hnojenými plochami v roce 2007 a 2008. Tento jev není způsoben dlouhodobým hnojením, ale tím, že rok 2007 byl velice suchý. Edwards (2009) tedy pozoroval jen účinky krátkodobého hnojení.

Moje údaje o celkové primární produkci nadzemní biomasy vycházejí obdobně. Nejvyšší čistou primární produkci nadzemní biomasy měli plochy intenzivně hnojené ($823,99 \text{ g.m}^{-2}$). Na plochách mírně hnojených jsem pak zaznamenal čistou nadzemní biomasu $642,64 \text{ g.m}^{-2}$ a na nehnojených lokalitách $698,14 \text{ g.m}^{-2}$. Intenzivně hnojené plochy mají znatelně menší produkci než by se dalo očekávat. V celkové primární produkci nadzemní biomasy je započítán srpnový odběr. V srpnovém odběru se projevila absence krátkodobého vlivu hnojení a proto je rozdíl mezi variantami znatelně nižší.

Řepík (2007) studoval vertikální distribuci biomasy v souvislosti s živinovým zatížením a prostupem světla na lokalitách hamerských luk v letech 2005 a 2006. Řepík (2007) provedl celkem 4 odběry. Jeho výsledky za jednotlivá období jsou značně rozdílné. V červenci 2005 zaznamenal celkovou biomasu $325,8 \text{ g.m}^{-2}$. V květnu 2006 zaznamenal $276,6 \text{ g.m}^{-2}$, v červenci 2006 zaznamenal $1110,6 \text{ g.m}^{-2}$ a v říjnu 2006 pak $557,2 \text{ g.m}^{-2}$.

Moje celková biomasa zjištěná za červen 2009 se od výsledků Řepíka (2007) dosti odlišuje. Na intenzivně hnojených plochách jsem zaznamenal $586,12 \text{ g.m}^{-2}$ nadzemní biomasy, na mírně hnojených plochách $492,62 \text{ g.m}^{-2}$ a na nehnojených $521,82 \text{ g.m}^{-2}$. Oproti výsledkům Řepíka (2007) jsem zaznamenal o 180 až 250 g.m^{-2} více biomasy než v roce 2005, ale 530 až 620 g.m^{-2} méně biomasy než v roce 2006. Příčiny takové odlišnosti mohou být různé. S největší pravděpodobností za tento rozdíl mohou

rozdílné klimatické podmínky v různých letech. Řepík (2007) také přidával jiné množství hnojiv do půdy ($60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ a $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$). Je potřeba také podotknout, že z práce Řepíka není patrné, zda mezi variantami zjistil rozdíly, proto je porovnání s mými výsledky obtížné.

6.3 Srovnání výsledků s údaji jiných autorů v literatuře

Filipová (2006) studovala úlohu vegetačního pokryvu v koloběhu uhlíku mokřadního ekosystému Mokřých luk u Třeboně. Při tomto pokusu odebírala i nadzemní biomasu. Filipová (2006) dělila plochy podle dominantního druhu. Velice podobné výsledky zaznamenala Filipová v porostu s dominantním pýrem plazivým $517,4 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ (22.5.2005) a $509,9 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ (30.8.2005) celkové biomasy výnosu. V porostech s dominantní psárkou luční zaznamenala $613,9 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ (8.6.2005) a $394,5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ (31.8. – 1.9. 2005) celkové biomasy výnosu. V porostech s dominantní chřasticí rákosovitou zaznamenala $906,8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ (10.6.2005) a $388,5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ (12.9. – 19.9.2005).

V produkci nadzemní biomasy výnosu má moje lokalita menší produkci ($400 - 500 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$). Rozdílnost je způsobena jiným druhovým složením lokality, jinými klimatickými podmínkami a jinými stanovištními podmínkami.

7 Závěr

Tato bakalářská práce je součástí projektu GA ČR 526/09/1545, který zkoumá vztahy mezi uhlíkovým cyklem, půdou a mokřadními rostlinami v proměnlivých podmínkách vnějšího prostředí. V rámci tohoto projektu bylo hodnoceno území na lokalitě Hamerských luk v nivě řeky Nežárky z hlediska celkové produkce nadzemní biomasy. Destruktivní metodou byly provedeny 2 odběry nadzemní biomasy v období 1. a 2. seče v červnu a srpnu 2009.

Největší biomasy výnosu (tj. veškerá živá i odumřelá biomasa) bez opadu z prvního odběru (10.6.2009) dosáhly plochy s vysokou intenzitou hnojení (průměrně 494,89 g.m⁻²). Největší živé biomasy výnosu také dosáhly lokality s vysokou intenzitou hnojení (443,88 g.m⁻²). Největší biomasa strniště z prvního odběru byla zaznamenána na plochách nehnojených (107,14 g.m⁻²). Na plochách nehnojených byla také největší biomasa opadu (56,05 g.m⁻²).

Největší průměrné biomasy výnosu (tj. veškerá živá i odumřelá biomasa) bez opadu z druhého odběru (5.8.2009) dosáhly plochy s vysokou intenzitou hnojení (průměrně 268,42 g.m⁻²). Největší průměrné živé biomasy výnosu také dosáhly lokality s vysokou intenzitou hnojení (227,26 g.m⁻²). Největší průměrné biomasa strniště z druhého odběru byla zaznamenána na plochách intenzivně hnojených (60,68 g.m⁻²). Na plochách intenzivně hnojených byla také největší průměrné biomasa opadu (64,38 g.m⁻²).

Největší celková primární produkce nadzemní biomasy byla zaznamenána na intenzivně hnojených plochách (průměrně 823,99 g.m⁻²). Nehnojené plochy dosáhly čisté nadzemní biomasy 698,14 g.m⁻². Nejmenší celkové primární produkce nadzemní biomasy dosáhly mírně hnojené plochy (642,64 g.m⁻²).

Pozitivní efekt dlouhodobého hnojení na růst mokřadní biomasy se zatím neprojevil. Intenzivně hnojené plochy mají sice největší biomasu, ale v návaznosti na práci Edwardse (2009) je celková primární produkce srovnatelná s rokem 2007.

8 Seznam literatury

Anonymus (2009): [online], [cit.18.12.2009] . Dostupné na internetu:
http://www.nature.cz/natura2000design3/web_lokality.php?cast=1805&akce=karta&id=1000002722.

Anonymus (2010): The Ramsar Convention [online], ramsar.org, [cit. 22.2.2010].
Dostupné na: http://www.ramsar.org/cda/en/ramsar-home/main/ramsar/1^7715_4000_0__.

Armstrong, W., Brändle, R., Jackson, M.B. (1994): Mechanisms of flood tolerance in plants. *Acta Bot. Neerl.* 43: 307-358

Čížková, H. (2006): Faktory ovlivňující dynamiku porostů rákosu obecného v kulturní krajině. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 200 s. Habilitační práce.

Čížková, H., Šantrůčková, H. (2006): Procesy spojené s eutrofizací mokřadů. *Živa*, č. 5, s. 201 – 204.

Dušek, J., Vavrušková M., Čížková, H. (2008): Úloha mokřadů v uhlíkovém cyklu, In: Pithart, D., Benedová, Z., Křováková, K.: Ekosystémové služby říční nivy. – Sborník příspěvků z konference, Třeboň, Ústav systémové biologie a ekologie AVČR, s. 44-47.

Edwards, K. (2009): Závěrečná zpráva projektu GAČR 526/06/0276 “Eutrofizace mokřých luk”

Filipová, M. (2006): Úloha vegetačního pokryvu v koloběhu uhlíku vybraného mokřadního ekosystému. [Diplomová práce.] Brno, Ústav biologie rostlin AF Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 99 s.

Hamádejová, L. (2001): Harmonizace produkčních a mimoprodukčních funkcí luk s *Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert. [Diplomová práce.] České Budějovice, zemědělská fakulta Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 189 s.

Hendrych, R. (1984): Fytogeografie. Státní pedagogické nakladatelství v Praze, Praha, 219 s.

Chytrý, M., Kučera, T., Kočí, M., a kol. (2001): Katalog biotopů České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha. 304 s.

Jakrlová, J. (1987): Destruktivní stanovení nadzemní biomasy. In: Rychnovská, M. (Ed.), *Metody studia travinných ekosystémů*. Academia, Praha, str. 56-64.

Jeník, J., Květ, J. (1983): Studie zaplavovaných ekosystémů u Třeboně. Academia, Praha, 156 s.

Keddy, P., A. (2002): *Wetland Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, 614 s.

Květ, J. (2000): Místo Třeboňska ve světovém výzkumu mokřadních ekosystémů. In: Sborn. Třeboňsko 2000 – Ekologie a ekonomika Třeboňska po dvaceti letech. ENKI, o. p. s., Třeboň, Správa CHKO Třeboňska a národní komitét programu MaB (Člověk a biosféra) UNESCO., Třeboň, s. 35 – 36.

Larcher, W. (1988): Fyziologická ekologie rostlin. Academia Praha, Praha, 361 s.

Ledvina, R., Horáček, J., Šindelářová, M. (2000): Geologie a půdoznalství. České Budějovice, 203 s.

Ledvina, R., et al. (2006): Pedologie a geologie pro obor Pozemkové úpravy [online]. České Budějovice : Jihočeská Univerzita, [cit. 2010-03-02]. Dostupné z: <http://www2.zf.jcu.cz/public/departments/kpu/vyuka/pu/skripta_geologie/pedol_geol_obsah.htm>.

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. *Community Ecology* 9: 1 – 8.

Rychnovská, M., Balátová – Tuláčková, E., Úhelová, B., Pelikán, J. (1985): Ekologie lučních porostů. Akademia Praha, Praha, 291 s.

Řepík, M. (2007): Vertikální distribuce biomasy v porostu mokřých luk v souvislosti s živinovým zatížením a prostupem světla. [Diplomová práce.] České Budějovice, katedra ekologie a hydrobiologie BF Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 60 s.

Souček, A., Pospíšil, A.: Charakteristika půdních podmínek ČR [online], Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, [cit. 15.3.2010]. Dostupné na: http://www.agrokrom.cz/texty/metodiky/Radce_hospodare/radce_pudni_podminky_cr.pdf.

Šimek, M. (2003): Základy nauky o půdě – 3. Biologické procesy a cykly prvků. Biologická fakulta JU, České Budějovice, 151 s.

Štěpánová, J.(2010): Charakteristika oblasti [online], CHKO Třeboňsko, [cit. 22.2.2010].

Dostupné na: <http://www.trebonsko.ochranaprirody.cz/index.php?cmd=page&id=834>.

Závodská, Z. (1990): Primární produkce chrastice rákosovité v nivě horního toku Lužnice. [Diplomová práce.] České Budějovice, katedra rostlinné výroby AF Vysoká škola Zemědělská v Praze, 37 s.

9 Přílohy

Tab. 8. Hmotnost živé + odumřelé biomasy ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) všech ploch v době první seče (10.6.2009)

plocha	varianta	živé/odumřelé	Opakování	ostřice		zblochan vodní		ostatní jednoděložné		ostatní dvouděložné		celkem
				Výnos	Strniště	Výnos	Strniště	Výnos	Strniště	Výnos	Strniště	
1	NO	Suma Ž+O	A	20,20	2,72	233,72	84,16	154,16	2,22	46,73	71,10	615,00
1	NO	Suma Ž+O	B	56,99	15,07	84,48	68,76	151,32	27,69	27,27	46,08	477,66
2	NO	Suma Ž+O	A	208,76	26,72	155,60	42,68	4,44	0,44	39,16	24,71	502,52
2	NO	Suma Ž+O	B	295,64	37,98	113,50	14,84	0,00	0,00	36,75	23,59	522,30
3	NO	Suma Ž+O	A	253,44	29,91	134,29	26,04	0,00	0,00	58,08	31,33	533,08
3	NO	Suma Ž+O	B	181,25	30,65	118,72	31,01	0,00	0,00	13,94	4,29	379,86
4	NO	Suma Ž+O	A	53,31	11,34	442,56	72,80	56,40	8,50	20,03	22,29	687,22
4	NO	Suma Ž+O	B	0,00	0,00	309,64	62,16	5,52	0,00	41,52	38,06	456,90
1	LOW	Suma Ž+O	A	115,20	16,87	95,20	22,24	2,50	0,00	140,48	81,40	473,88
1	LOW	Suma Ž+O	B	131,64	21,49	78,44	11,70	5,01	0,32	80,04	78,64	407,28
2	LOW	Suma Ž+O	A	52,63	8,06	238,12	57,44	0,00	0,00	14,28	0,00	370,53
2	LOW	Suma Ž+O	B	91,97	12,90	232,20	47,05	0,00	0,17	13,35	23,83	421,47
3	LOW	Suma Ž+O	A	60,77	4,64	184,44	60,03	0,00	0,00	85,77	47,85	443,50
3	LOW	Suma Ž+O	B	145,85	22,52	129,88	46,20	0,00	0,00	0,00	18,78	363,23
4	LOW	Suma Ž+O	A	390,85	37,38	222,22	47,23	0,00	0,00	8,92	0,34	706,94
4	LOW	Suma Ž+O	B	123,04	11,36	431,36	88,46	0,00	0,00	71,24	28,64	754,10
1	HIGH	Suma Ž+O	A	218,46	26,30	256,08	49,82	0,00	0,00	8,93	2,38	561,98
1	HIGH	Suma Ž+O	B	335,96	45,06	210,48	21,15	0,00	0,00	2,82	2,34	617,81
2	HIGH	Suma Ž+O	A	163,11	16,31	295,72	44,29	0,00	0,00	2,35	6,24	528,02
2	HIGH	Suma Ž+O	B	261,59	25,15	236,16	34,46	20,70	2,76	1,56	0,79	583,17
3	HIGH	Suma Ž+O	A	226,88	60,56	131,36	47,48	98,50	18,74	0,81	0,19	584,52
3	HIGH	Suma Ž+O	B	205,11	28,48	84,78	30,40	229,44	32,78	0,03	0,00	611,02
4	HIGH	Suma Ž+O	A	267,06	33,61	266,28	57,48	10,72	1,26	0,69	10,66	647,75
4	HIGH	Suma Ž+O	B	78,20	15,04	211,12	86,96	132,30	15,96	1,89	13,17	554,64
												12804,39

Tab. 9. Hmotnost opadu ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) všech ploch v době první seče (10.6.2009)

Plocha	Varianta	Opakování	Opad	Celkem za plochy stejně hnojené
1	NO	A	54,76	
1	NO	B	50,08	
2	NO	A	50,76	
2	NO	B	36,16	
3	NO	A	106,64	
3	NO	B	91,20	
4	NO	A	33,80	
4	NO	B	24,99	448,39
1	LOW	A	45,77	
1	LOW	B	22,88	
2	LOW	A	0,00	
2	LOW	B	32,24	
3	LOW	A	75,76	
3	LOW	B	83,64	
4	LOW	A	47,52	
4	LOW	B	73,18	380,98
1	HIGH	A	32,88	
1	HIGH	B	33,08	
2	HIGH	A	21,60	
2	HIGH	B	38,20	
3	HIGH	A	156,72	
3	HIGH	B	32,54	
4	HIGH	A	29,86	
4	HIGH	B	14,72	359,61

Tab. 10. Průměrná hmotnost živé biomasy výnosu (g.m⁻²) v době první seče (10.6.2009)

Plocha	Varianta	Opakování	ostřice	zblochan vodní	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	celkem
1	NO	Průměr A,B	38,48	132,22	144,98	31,30	346,98
2	NO	Průměr A,B	242,32	117,77	1,84	33,74	395,67
3	NO	Průměr A,B	214,94	105,40	0,00	34,69	355,03
4	NO	Průměr A,B	25,13	323,96	28,14	16,72	393,96
1	LOW	Průměr A,B	113,18	64,58	3,75	97,72	279,23
2	LOW	Průměr A,B	66,42	200,46	0,00	13,28	280,16
3	LOW	Průměr A,B	100,26	130,68	0,00	39,68	270,62
4	LOW	Průměr A,B	253,78	261,49	0,00	25,72	540,99
1	HIGH	Průměr A,B	270,62	205,96	0,00	5,88	482,46
2	HIGH	Průměr A,B	209,24	223,00	8,65	1,96	442,85
3	HIGH	Průměr A,B	205,96	82,14	149,77	0,42	438,29
4	HIGH	Průměr A,B	157,76	187,88	65,03	1,26	411,93

Tab. 11. Průměrná hmotnost odumřelé biomasy výnosu (g.m⁻²) v době první seče (10.6.2009)

Plocha	Varianta	Opakování	ostřice	zblochan vodní	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	celkem
1	NO	Průměr A,B	0,12	26,88	7,76	5,70	40,46
2	NO	Průměr A,B	9,88	16,78	0,38	4,22	31,26
3	NO	Průměr A,B	2,40	21,10	0,00	1,32	24,82
4	NO	Průměr A,B	1,52	52,14	2,82	14,05	70,54
1	LOW	Průměr A,B	10,24	22,24	0,00	12,54	45,02
2	LOW	Průměr A,B	5,88	34,70	0,00	0,54	41,12
3	LOW	Průměr A,B	3,05	26,48	0,00	3,21	32,74
4	LOW	Průměr A,B	3,16	65,30	0,00	14,36	82,82
1	HIGH	Průměr A,B	6,59	27,32	0,00	0,00	33,91
2	HIGH	Průměr A,B	3,11	42,94	1,70	0,00	47,75
3	HIGH	Průměr A,B	10,03	25,93	14,20	0,00	50,17
4	HIGH	Průměr A,B	14,87	50,82	6,48	0,02	72,19

Tab. 12. Průměrná hmotnost živé biomasy strniště (g.m⁻²) v době první seče (10.6.2009)

Plocha	Varianta	Opakování	ostřice	zblochan vodní	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	celkem
1	NO	Průměr A,B	8,20	49,60	14,02	56,71	128,53
2	NO	Průměr A,B	29,70	22,88	0,22	24,15	76,95
3	NO	Průměr A,B	28,59	19,34	0,00	17,64	65,57
4	NO	Průměr A,B	5,25	30,50	4,02	28,75	68,52
1	LOW	Průměr A,B	10,98	6,98	0,16	64,94	83,07
2	LOW	Průměr A,B	10,37	36,50	0,08	11,48	58,43
3	LOW	Průměr A,B	12,09	18,97	0,00	32,88	63,94
4	LOW	Průměr A,B	22,22	47,11	0,00	13,06	82,38
1	HIGH	Průměr A,B	32,59	29,67	0,00	2,36	64,62
2	HIGH	Průměr A,B	20,14	29,95	1,24	3,51	54,84
3	HIGH	Průměr A,B	41,34	22,84	22,47	0,10	86,74
4	HIGH	Průměr A,B	20,44	38,32	8,61	11,71	79,08

Tab. 13. Průměrná hmotnost odumřelé biomasy strniště (g.m⁻²) v době první seče (10.6.2009)

Plocha	Varianta	Opakování	ostřice	zblochan vodní	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	celkem
1	NO	Průměr A,B	0,69	26,86	0,93	1,88	30,37
2	NO	Průměr A,B	2,65	5,88	0,00	0,00	8,53
3	NO	Průměr A,B	1,69	9,19	0,00	0,17	11,05
4	NO	Průměr A,B	0,42	36,98	0,23	1,42	39,05
1	LOW	Průměr A,B	8,20	9,99	0,00	15,08	33,26
2	LOW	Průměr A,B	0,11	15,75	0,00	0,43	16,29
3	LOW	Průměr A,B	1,50	34,14	0,00	0,43	36,07
4	LOW	Průměr A,B	2,16	20,73	0,00	1,44	24,33
1	HIGH	Průměr A,B	3,09	5,82	0,00	0,00	8,91
2	HIGH	Průměr A,B	0,59	9,43	0,14	0,00	10,16
3	HIGH	Průměr A,B	3,18	16,10	3,29	0,00	22,57
4	HIGH	Průměr A,B	3,88	33,90	0,00	0,21	37,99

Tab. 14. Hmotnost živé + odumřelé biomasy (g.m⁻²) všech ploch v době druhé seče (5.8.2009)

plocha	varianta	živé/odumřelé	Opakování	ostřice		zblochan vodní		ostatní jednoděložné		ostatní dvouděložné		celkem
				Výnos	Strniště	Výnos	Strniště	Výnos	Strniště	Výnos	Strniště	
1	NO	Suma Ž+O	A	133,44	18,64	101,52	21,60	4,88	0,34	8,96	1,32	290,69
1	NO	Suma Ž+O	B	0,00	0,00	222,00	28,72	28,00	6,16	0,86	9,60	295,34
2	NO	Suma Ž+O	A	93,84	7,70	112,96	32,16	0,00	0,00	2,48	0,00	249,13
2	NO	Suma Ž+O	B	188,00	18,96	43,20	22,40	0,00	0,00	13,97	3,72	290,25
3	NO	Suma Ž+O	A	99,28	18,14	162,64	11,37	8,73	5,83	0,00	0,00	305,98
3	NO	Suma Ž+O	B	155,36	38,96	108,16	28,08	2,24	0,00	0,40	2,40	335,60
4	NO	Suma Ž+O	A	79,60	20,24	123,12	12,48	0,00	0,00	0,16	0,83	236,43
4	NO	Suma Ž+O	B	71,12	18,64	153,60	20,78	0,00	0,00	0,05	0,06	264,25
1	LOW	Suma Ž+O	A	91,92	24,32	116,80	27,12	0,30	0,00	0,69	0,67	261,82
1	LOW	Suma Ž+O	B	19,68	9,34	169,12	52,40	6,82	0,15	0,20	5,02	262,74
2	LOW	Suma Ž+O	A	74,42	16,87	104,64	34,35	0,00	0,00	0,00	0,28	230,57
2	LOW	Suma Ž+O	B	37,36	23,94	139,76	42,16	0,00	0,00	0,00	0,00	243,22
3	LOW	Suma Ž+O	A	143,17	48,44	82,62	18,01	14,72	3,53	0,00	1,07	311,57
3	LOW	Suma Ž+O	B	31,52	9,10	174,80	24,45	0,00	0,00	0,00	0,00	239,86
4	LOW	Suma Ž+O	A	72,80	28,55	86,00	27,76	0,00	0,00	0,09	0,63	215,82
4	LOW	Suma Ž+O	B	115,92	39,71	58,72	15,75	0,00	0,00	0,00	0,00	230,09
1	HIGH	Suma Ž+O	A	123,14	43,47	100,64	25,36	22,20	7,36	0,00	0,00	322,17
1	HIGH	Suma Ž+O	B	130,40	19,96	178,48	19,65	4,68	0,68	0,00	0,00	353,85
2	HIGH	Suma Ž+O	A	201,44	62,96	38,80	10,35	104,78	15,66	8,27	4,06	446,32
2	HIGH	Suma Ž+O	B	1,60	1,58	145,60	43,19	0,00	0,00	61,28	13,92	267,17
3	HIGH	Suma Ž+O	A	28,08	11,00	170,48	30,38	0,00	0,00	0,00	0,00	239,94
3	HIGH	Suma Ž+O	B	140,08	26,54	92,96	17,18	0,00	0,00	0,00	0,00	276,76
4	HIGH	Suma Ž+O	A	48,72	10,72	58,32	3,36	305,68	47,20	0,24	0,35	474,59
4	HIGH	Suma Ž+O	B	17,84	11,69	66,80	15,90	46,80	26,99	50,08	15,93	252,02
												6896,19

Tab. 15. Hmotnost opadu (g.m⁻²) době druhé seče (5.8.2009)

Plocha	Varianta	Opakování	Opad	Celkem za plochy stejně hnojené
1	NO	A	21,20	
1	NO	B	23,04	
2	NO	A	25,30	
2	NO	B	24,00	
3	NO	A	92,72	
3	NO	B	41,68	
4	NO	A	37,12	
4	NO	B	62,40	327,46
1	LOW	A	48,74	
1	LOW	B	18,66	
2	LOW	A	58,08	
2	LOW	B	38,00	
3	LOW	A	30,32	
3	LOW	B	45,68	
4	LOW	A	35,56	
4	LOW	B	17,92	292,95
1	HIGH	A	30,48	
1	HIGH	B	49,20	
2	HIGH	A	115,68	
2	HIGH	B	58,72	
3	HIGH	A	55,52	
3	HIGH	B	38,72	
4	HIGH	A	48,96	
4	HIGH	B	117,76	515,04

Tab. 16. Průměrná hmotnost živé biomasy výnosu (g.m⁻²) v době druhé seče (5.8.2009)

Plocha	Varianta	Opakování	ostřice štíhlá	zblochan vodní	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	celkem
1	NO	Průměr A,B	61,96	145,92	14,92	3,67	226,47
2	NO	Průměr A,B	132,28	62,00	0,00	6,82	201,10
3	NO	Průměr A,B	117,04	119,12	5,16	0,20	241,52
4	NO	Průměr A,B	72,08	119,76	0,00	0,11	191,95
1	LOW	Průměr A,B	51,72	127,36	3,56	0,45	183,09
2	LOW	Průměr A,B	54,12	108,92	0,00	0,00	163,04
3	LOW	Průměr A,B	83,32	114,92	6,20	0,00	204,44
4	LOW	Průměr A,B	90,44	63,56	0,00	0,05	154,05
1	HIGH	Průměr A,B	115,36	123,16	11,26	0,00	249,78
2	HIGH	Průměr A,B	93,32	77,84	17,24	29,09	217,49
3	HIGH	Průměr A,B	77,72	118,08	0,00	0,00	195,80
4	HIGH	Průměr A,B	30,48	54,60	138,44	22,44	245,96

Tab. 17. Průměrná hmotnost odumřelé biomasy výnosu (g.m⁻²) v době druhé seče (5.8.2009)

Plocha	Varianta	Opakování	ostřice štíhlá	zblochan vodní	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	celkem
1	NO	Průměr A,B	4,76	15,84	1,52	1,24	23,36
2	NO	Průměr A,B	8,64	16,08	0,00	1,40	26,12
3	NO	Průměr A,B	10,28	16,28	0,32	0,00	26,88
4	NO	Průměr A,B	3,28	18,60	0,00	0,00	21,88
1	LOW	Průměr A,B	4,08	15,60	0,00	0,00	19,68
2	LOW	Průměr A,B	1,77	13,28	0,00	0,00	15,05
3	LOW	Průměr A,B	4,03	13,79	1,16	0,00	18,98
4	LOW	Průměr A,B	3,92	8,80	0,00	0,00	12,72
1	HIGH	Průměr A,B	11,41	16,40	2,18	0,00	29,99
2	HIGH	Průměr A,B	8,20	14,36	35,15	5,68	63,39
3	HIGH	Průměr A,B	6,36	13,64	0,00	0,00	20,00
4	HIGH	Průměr A,B	2,80	7,96	37,80	2,72	51,28

Tab. 18. Průměrná hmotnost živé biomasy strniště (g.m-2) v době druhé seče (5.8.2009)

Plocha	Varianta	Opakování	ostřice	zblochan vodní	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	celkem
1	NO	Průměr A,B	7,72	19,16	0,53	2,86	30,27
2	NO	Průměr A,B	8,23	17,00	0,00	1,24	26,47
3	NO	Průměr A,B	20,56	13,00	2,50	1,20	37,26
4	NO	Průměr A,B	11,36	13,88	0,00	0,44	25,68
1	LOW	Průměr A,B	11,34	25,60	0,08	0,87	37,88
2	LOW	Průměr A,B	14,68	25,16	0,00	0,14	39,98
3	LOW	Průměr A,B	24,99	16,32	1,76	0,54	43,61
4	LOW	Průměr A,B	32,68	13,61	0,00	0,31	46,61
1	HIGH	Průměr A,B	28,40	14,12	4,02	0,00	46,54
2	HIGH	Průměr A,B	20,99	19,61	5,20	6,45	52,25
3	HIGH	Průměr A,B	14,05	10,35	0,00	0,00	24,39
4	HIGH	Průměr A,B	7,00	5,43	20,88	6,94	40,25

Tab. 19. Průměrná hmotnost odumřelé biomasy strniště (g.m-2) v době druhé seče (5.8.2009)

Plocha	Varianta	Opakování	ostřice	zblochan vodní	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	celkem
1	NO	Průměr A,B	1,60	6,00	2,72	2,60	12,92
2	NO	Průměr A,B	5,10	10,28	0,00	0,62	16,00
3	NO	Průměr A,B	7,99	6,72	0,41	0,00	15,12
4	NO	Průměr A,B	8,08	2,75	0,00	0,00	10,83
1	LOW	Průměr A,B	5,50	14,16	0,00	1,98	21,63
2	LOW	Průměr A,B	5,73	13,09	0,00	0,00	18,82
3	LOW	Průměr A,B	3,78	4,91	0,00	0,00	8,69
4	LOW	Průměr A,B	1,45	8,14	0,00	0,00	9,59
1	HIGH	Průměr A,B	3,32	8,38	0,00	0,00	11,70
2	HIGH	Průměr A,B	11,28	7,16	2,63	2,54	23,61
3	HIGH	Průměr A,B	4,73	13,43	0,00	0,00	18,16
4	HIGH	Průměr A,B	4,20	4,20	16,21	1,20	25,82