

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra ekologie



Rychlost dekompozice biomasy travního porostu při různém
způsobu obhospodařování travního porostu

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracovala: Veronika LORENCOVÁ

Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Vilém PAVLŮ

Praha 2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Veronika Lorencová

Aplikovaná ekologie

Název práce

Rychlost dekompozice biomasy travního porostu při různém způsobu obhospodařování travního porostu

Název anglicky

Rate of grassland biomass decomposition under different management systems

Cíle práce

Cílem práce bude porovnat rychlost dekompozice biomasy travního porostu při různém způsobu obhospodařování.

Metodika

Budou zpracována sebraná data ze tří dlouhodobých experimentů: i) Amerika – porovnání rotační a kontinuální pastvy jalovic; ii) Betlém – porovnání intenzivní a extenzivní pastvy jalovic; iii) Mníšek – porovnání různých variant mulčování. Na všech třech experimentech byly použity plastové "litter bags", do kterých byla dána biomasa travního porostu, která se v pravidelných intervalech odebírala. Kromě úbytku biomasy byly vzorky analyzovány na C a N. Získaná data budou analyzována metodou jednoduchého a dvojného třídění (ANOVA).

Doporučený rozsah práce

cca 50 s

Klíčová slova

travní porost, rozklad biomasy, pastva

Doporučené zdroje informací

IRVING L. J., 2015: Carbon Assimilation, Biomass Partitioning and Productivity in Grasses. Agriculture 5: 1116-1134.

MLÁDEK J., PAVLŮ V., HEJCMAN M., GAISLER J. [eds.] 2006: Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, 107 s.

NOVÁK J., 2008: Pásienky, lúky a trávniky. Patria I. spol. s.r.o., Prievidza, 708 s.

SOLLY E.F., SCHÖNING I., BOCH S., KANDELER E., MARHAN S., MICHALZIK B., MÜLLER J., ZSCHEISCHLER J., TRUMBORE S.E., SCHRUMPF M., 2014: Factors controlling decomposition rates of fine root litter in temperate forests and grasslands. Plant Soil 382: 203 – 218.

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FŽP

Vedoucí práce

prof. Dr. Ing. Vilém Pavlů

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Konzultant

Lenka Pavlů

Elektronicky schváleno dne 5. 4. 2017

doc. Ing. Jiří Vojar, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 4. 2017

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 12. 04. 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením prof. Dr. Ing. Viléma Pavlů a uvedla veškeré literární zdroje, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne 12. 4. 2017

.....

Veronika Lorencová

Poděkování

Chtěla bych poděkovat mému vedoucímu prof. Dr. Ing. Vilému Pavlů, že mi umožnil pod jeho vedením psát tuto diplomovou práci a za pomoc. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Janu Gaislerovi, Ph.D. za jeho cenné rady. Děkuji především své rodině, příteli a všem ostatním, kteří mě podporovali při psaní této diplomové práce.

Abstrakt

Hlavním cílem této práce bylo zjistit, zda různé způsoby obhospodařování (1. pastevní systém, 2. intenzita pastvy, 3. termín a frekvence mulčování) podhorského travního porostu mají vliv na rychlost dekompozice travního porostu.

V prvním experimentu (1993 – 1994) byl metodou „litter bags“ testován vliv kontinuální a rotační pastvy na rychlost dekompozice stařiny v termínech expozice 3, 6, 12 a 24 měsíců. Ve druhém experimentu (1999 – 2000) byl metodou „litter bags“ testován vliv různé intenzity pastvy a ponechání ladem (intenzivní pastva – pouze paseno; seč a následná intenzivní pastva; extenzivní pastva – pouze paseno; seč a následná extenzivní pastva; neobhospodařování) na rychlost dekompozice stařiny v termínech expozice 3, 6, 12 a 24 měsíců. Ve třetím experimentu (2002) byl metodou „litter bags“ testován vliv různé frekvence a termínu mulčování (mulčovaná v září; mulčovaná v červenci; neobhospodařovaná plocha; plocha se střídáním úhoru a mulčováním dvakrát ročně; dvakrát mulčovaná (v červnu, v srpnu); třikrát mulčovaná (v květnu, v červenci, v září)) na rychlost dekompozice mulče v termínech expozice 3, 6 a 12 měsíců. „Litter bags“ byly po uplynutí doby expozice odebrány z experimentálních ploch, bylo určeno zbylé množství rostlinné biomasy v sušině a následně provedena analýza na stanovení koncentrace uhlíku a dusíku.

Ačkoliv bylo zjištěno, že pastevní systém (rotační a kontinuální pastva) měl vliv na rychlost dekompozice, tak v případě různé intenzity pastvy rozdílná rychlost dekompozice zjištěna nebyla. Ani pastevní systém ani rozdílná intenzita pastvy neměly vliv na koncentraci C a N v sušině stařiny. Naopak bylo zjištěno, že různé varianty mulčování ovlivňují nejenom rychlost rozkladu, ale i koncentraci C a N v sušině mulče. Z hlediska rychlosti rozkladu mulče lze pro obhospodařování polopřirozených travních porostů doporučit mulčování vícekrát do roka s prvním mulčováním na jaře.

Při plánování obhospodařování různých typů temperátních travních porostů musíme brát v úvahu i jejich vlivy na dekompozici biomasy, které jsou úzce spojeny i s dalšími faktory travního porostu (např. kvalita biomasy, druhové složení, fenofáze).

Klíčová slova: travní porost, rozklad biomasy, pastva

Abstract

The main aim of this thesis was to determine if different treatments of management (1. pasture system, 2. grazing intensity, 3. the date and the frequency of mulching) of upland grassland have any impact on the speed of decomposition of grassland.

In the first experiment (1993 - 1994) was an impact of continuous and rotational grazing on the speed of decomposition of grass litter in terms of exposition 3, 6, 12 and 24 months tested using „litter bags“ method. In the second experiment (1999 – 2000) was an influence of different grazing intensity and fallow (intensive grazing – only grazed; cut and following intensive grazing; extensive grazing – only grazed; cut and following extensive grazing; untreated) on the speed of decomposition of grass litter in terms of exposition 3, 6, 12 and 24 months tested using „litter bags“ method. In the third experiment (2002) was an influence of different frequency and a term of mulching (mulched in September; mulched in July; untreated area; area with alternation of fallow and mulching twice per year; mulched twice (in June, in August); mulched threetimes (in May, in July, in September)) on the speed of decomposition of mulch in terms of exposition 3, 6 and 12 months tested using „litter bags“ method. „Litter bags“ were, after the expiry of the exposition, removed from the experimental areas, the rest amount of plant biomass in dry mass was determined and then an analysis for determining of concentration of carbon and nitrogen was undertaken.

Althought it was determined that the grazing system (rotational and continuous grazing) had an impact on the speed of decomposition, in the case of variable grazing intensity a different speed of decomposition was not determined. Either the grazing system nor the different grazing intensity had no impact on the concentration of C and N in dry mass of grass litter. On the other hand, two different versions of mulching influence not only the speed of decomposition, but also the concentration of N a C in dry mass of mulch. From the point of view of the speed of decomposition of mulch, it is possible, for management of half-natural grasslands, to recommend mulching several times per year with the first mulching in the spring.

When planning a management of different types of temperate grasslands, we must take in consideration also their influences on the decomposition of biomass, which are closely bound with another factors of grassland (for example: the quality of biomass, plant diversity, fenophase).

Key words: grassland, the decomposition of biomass, pasture

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Cíl práce.....	12
3. Literární rešerše	13
3.1 Travní porosty a jejich význam	13
3.2 Obhospodařování travních porostů	15
3.3 Pastva.....	16
3.3.1 Rotační pastva	17
3.3.2 Kontinuální pastva	17
3.3.3 Extenzivní pastva	17
3.3.4 Intenzivní pastva	17
3.3.5 Nátlaková pastva	18
3.3.6 Volná pastva.....	18
3.4 Mulčování.....	18
3.5 Sečení	19
3.6 Pastviny a louky	19
3.6.1 Pastviny.....	20
3.6.2 Louky	21
3.7 Biomasa travního porostu.....	22
3.8 Růst biomasy a stárnutí	24
3.8.1 Růst	24
3.8.2 Stárnutí	25
3.9 Akumulace odumřelé biomasy	25
3.10 Živiny v biomase travního porostu.....	26
3.10.1 Uhlík (C)	27
3.10.2 Dusík (N).....	28
3.10.3 Fosfor (P)	28
3.10.4 Draslík (K)	29
3.10.5 Hořčík (Mg)	30
3.10.6 Vápník (Ca).....	30
3.10.7 Síra (S)	30
3.10.8 Železo (Fe)	31
3.10.9 Sodík (Na).....	31
3.10.10 Selén (Se)	31
3.10.11 Zinek (Zn).....	31
3.10.12 Měď (Cu).....	32

3.10.13	Mangan (Mn).....	32
3.11	Dekompoziční procesy v travním porostu.....	32
3.12	Faktory ovlivňující dekompozici.....	34
3.13	Rychlost dekompozice	34
4.	Metodika	36
4.1	Popis zájmového území.....	36
4.2	Experiment Amerika	36
4.3	Experiment Betlém.....	38
4.4	Experiment Mníšek	40
4.5	Analýza C a N	43
4.6	Statistická analýza	43
4.7	Testované hypotézy	44
4.8	Výsledky.....	45
4.8.1	Vliv pastevního systému na rozklad biomasy - Amerika (hmotnost sušiny ve stařině, koncentraci uhlíku, koncentraci dusíku)	45
4.8.2	Vliv intenzity pastvy na rychlost dekompozice biomasy – Betlém (hmotnost sušiny ve stařině, koncentrace uhlíku, koncentrace dusíku).....	52
4.8.3	Vliv rozdílného způsobu mulčování na rychlost dekompozice biomasy – Mníšek (hmotnost nerozložené biomasy, koncentraci uhlíku, koncentraci dusíku).....	58
5.	Diskuze	68
6.	Závěr	73
7.	Seznam literatury a použitých zdrojů	75

1. Úvod

Travní ekosystém lze charakterizovat jako dynamický cirkulační systém, který je tvořen z biotického (producenti, rozkladači, konzumenti) a abiotického prostředí (pedologické, klimatické a orografické podmínky)(Novák 2008). Trvalé travní porosty tvoří svoji výměrou 85% zemědělské půdy v ČR a hospodaření na nich, tedy i chov hospodářských zvířat, patří k nejvíce rozšířeným způsobům ekologického obhospodařování na území České republiky (Vejvodová 2016).

Ve všech evropských zemích jakožto i v České republice jsou trvalé travní porosty (TTP) významným krajinným prvkem mnohokrát s velmi cennými a pro určité oblasti charakteristickými společenstvy živočichů a rostlin. Z důvodu zachování přírodního a kulturního dědictví, ochrany životního prostředí a udržování krajiny se význam TTP neustále zvyšuje (Kvapilík et Kohoutek 2009, Moudrý et al. 2008). Krom toho, že TTP jsou nejdůležitějším zdrojem potravy hospodářských zvířat, jsou schopny i zadržet významné množství srážkové vody v krajině a svým pokryvem a kořenovou soustavou brání erozi půdy (Gaisler et al. 2011).

Nutno podotknout, že pastva se v minulosti značně podílela na utváření evropské přírody (Čížek et Konvička 2006). Již v době neolitu (cca 7,5 tisíce let před n. l.) začali první zemědělci mýtit les a přispěli tak k šíření travinného bezlesí jako rozvolněné pastvinné lesy, od doby železné (cca 800 l. př. n. l.) i jako kosené louky (Prach et al. 2015). Mnoho biotopů se ve středověké krajině udržovalo právě pastvou (Čížek et Konvička 2006). Díky tomuto obhospodařování došlo k prosvětlení lesů a jejich přeměně na rozvolněné háje a následných tlakem pastvy se utvářela pastvinná společenstva (Buček 2000).

Existuje několik způsobů obhospodařování travních porostů. Mezi tradiční způsob se řadí seč, jejímž hlavním cílem je získání krmiva pro hospodářská zvířata, ale také udržovat druhovou skladbu a strukturu porostu v optimálním stavu (Kollárová et al. 2007). Pastva se řadí mezi tradiční, smysluplné a ekologické obhospodařování travního porostu, které utvářelo naši krajinu již od středověku (Čížek et Konvička 2006, Kvapilík et Kohoutek 2009). O způsobu zvolení pastevního systému rozhoduje výměra a kvalita pastviny, zkušenosti a počet hospodářských zvířat. Většinou se jedná o pastvu kontinuální a rotační, ale občas se aplikuje i pastva intenzivní nebo extenzivní (Kulovaná 2002). Mulčování lze charakterizovat jako drcení travní hmoty

mulčovačem na malé části, které nejsou z porostu odstraněny nýbrž rovnoměrně rozptýleny, čímž dochází k rozkladu a uvolňování živin (Kollárová et al. 2007, Pourová et al. 2010). Tento způsob obhospodařování se aplikuje na TTP při nedostatku zvířat ke konzumaci porostu (Kvapilík et Kohoutek 2009).

Rozdílný způsob obhospodařování dělí TTP na louky a pastviny. Louky se několikrát za rok jednorázově pokosí, ale většinu část roku zůstává porost bez výraznějších zásahů. Při tomto zásahu odebíráme živiny z půdy, ale již je tam nevracíme (Kollárová et al. 2007, Pavlů et al. 2006d). U pastevních porostů je rostlinná biomasa spásána selektivně během celého vegetačního období a vlivem exkrementů pasoucích se zvířat dochází k návratu živin na pastvinu (Kollárová et al. 2007).

Dekompozice travního porostu se řadí mezi významné mechanismy biochemických cyklů živin. Jedná se o rozklad organické hmoty, při níž dochází k uvolňování živin pro další růst vegetace (Singh et Gupta 1977). Dekompozice je závislá na různých faktorech prostředí, které regulují její rychlost. Jedná se především o klimatické faktory, druh a kvalitu rostlinného opadu a geografické podmínky prostředí (Zhang et al. 2008). Management probíhající na pastvinách jakým je kosení, pastva a hnojení mohou mít vliv na strukturu travního porostu, kvalitu rostlinných zbytků a tím může být ovlivněn i proces dekompozice (Solly et al. 2014). Rumpel et al. (2015) ve své studii uvádí, že intenzivní obhospodařování vede k úbytku organické hmoty a dochází tak k přerušení ekologických cyklů, mezi něž patří i koloběh živin.

Je zde tedy otázka, zda různý způsob a intenzita obhospodařování TTP ovlivňuje ekologický cyklus, jakým je dekompozice organické hmoty a ovlivňuje tak koloběh živin v travním porostu.

2. Cíl práce

Práce je založena na analýze dat z experimentů, které proběhly v letech 1993-1994, 1999-2000 a 2002 na pokusných plochách Výzkumné stanice Liberec (VÚRV) v Jizerských horách.

Hlavním cílem diplomové práce bylo zjistit:

- zda různé typy dlouhodobého managementu mají vliv na rychlost dekompozice biomasy trvalého travního porostu

3. Literární rešerše

3.1 Travní porosty a jejich význam

Jedná se o druhově velmi bohatá, polopřirozená nebo i nově založená společenstva, která jsou složená z 20 - 60 i více druhů (Hrabě et al. 2004). Travní ekosystémy jsou charakterizovány hlavně produkcí fytomasy, koloběhem látek a tokem energie. Produkce fytomasy zabezpečuje výživu lidem, zvířatům, zajišťuje tím obnovu energie a přispívá k estetické a krajinotvorné funkci krajiny. Produkce fytomasy je definována jako množství sušiny, která je vytvořená fotosyntetickou přeměnou světelné energie na energii chemickou rostlinami (Novák 2008).

Velká část travních porostů vznikla vlivem člověka a nadále byla jeho činností udržována. Vznik nových ekotypů lučních druhů (popř. i nových druhů) vzniklo díky pravidelnému obhospodařování a postupně se tyto nové druhy přizpůsobily po staletí prováděnému hospodaření. Tento způsob ponechal travní porosty v podobě, kterou z hlediska druhové bohatosti, považujeme dnes za optimální. Pokud ale takto vzniklé porosty budou ponechány ladem, povede to k jejich postupnému zániku. V takovém případě se zde nejdříve začnou protlačovat vzrůstné druhy z čeledi miříkovitých, hvězdnicovitých, lunicovitých aj., které jsou jinak potlačovány obhospodařováním. Pokud ale podmínky budou příznivé, budou i tyto druhy vystřídány náletovými dřevinami (Gaisler et al. 2011). Velmi pestré fytocenózy představují luční a pastevní porosty, v nichž dominují trávy (Mrkvička 2001).

Zemědělské změny, které nastaly v druhé polovině 20. století, vedou k narušení mezidruhové rovnováhy v lučních společenstvech. Tyto změny byly způsobeny příliš intenzivním hospodařením (hnojení, odvodňování, dosévání). Následkem je snížení diverzity, která má vliv na zhoršování produkčních i mimoprodukčních funkcí polopřirozených travních porostů v podhorských a horských oblastech (Haková et Wotavová 2004).

U nás můžeme definovat dva typy porostů a to polopřirozené, které vznikly dlouhodobým obhospodařováním „tradičními technologiemi“ aniž by byla použita minerální hnojiva (Hejcman et al. 2005). Tato polopřirozená travní společenstva představují porosty s produkční a ekologickou funkcí (Hrabě et al. 2004). Druhý typ tzv. intenzivní porosty nahrazují polopřirozené louky a pastviny, na kterých došlo

k intenzifikačním zásahům (zvýšené hnojení, přísevy, odvodnění). Hranice mezi těmito kategoriemi není ostře stanovena a v praxi se oba typy vzájemně prolínají (Hejcman et al. 2005).

Hlavní význam travních porostů je obživa hospodářských zvířat. Další důležitou funkci mají travní porosty v ochraně půdy, vodních zdrojů, zajištění biodiverzity a zachování vizuálního rázu krajiny (Gaisler et al. 2010, Kulovaná 2001). Trvalé travní porosty by měly být všude tam, kde podmínky pro ornou půdu nejsou vhodné (Kulovaná 2001). Převážná část TTP se nalézá v oblastech s méně příznivými podmínkami. Tyto podmínky určují produkční potenciál těchto porostů, ale také určuje jejich mimoprodukční funkce (protierozní, transformační, vliv na biodiverzitu) (Pozdíšek et al. 2004).

Ve vztahu k půdě omezují travní porosty erozi svým pokryvem a kořenovou soustavou (Gaisler et al. 2010) zvláště na svazích, kde vytváří dostatečně kvalitní drnové a půdní vrstvy (Hrabě et al., 2004). Pozitivně ovlivňují strukturu a přirozenou úrodnost půdy (Gaisler et al. 2010). Vlivem víceletého pokrývání půdy a skoro celoroční schopností příjmu živin rostlinami dochází k nepatrnému vyplavování dusíku (Hrabě et al. 2004).

Travní porosty zadržují velké množství srážkové vody, která by jinak odtékla do vodních toků a také fungují jako domov pro velké množství rostlinných i živočišných druhů. V našich podmínkách patří ke stanovištím s největší biodiverzitou. Musíme zde zmínit i význam kulturní vzhledem k tomu, že v okolí lidských sídel vytváří prostory pro sport a relaxaci (Gaisler et al. 2010). V tomto ohledu velice vděčíme zemědělcům, kteří udržují nejen krásu, ale i vyváženost kultury v krajině, tj. střídání lesa, luk, pastvin, orné půdy, vinic a sadů (Hrabě et al. 2004).

Ochrana a údržba krajiny, stejně tak jako zachování zdravého životního prostředí a osídlení krajiny, podporují TTP a zvyšuje se tak jejich význam v trvale udržitelném zemědělství (Pozdíšek et al. 2004). K údržbě zelených a svěžích travních porostů je potřeba činnost člověka. K základním způsobům obhospodařování travních porostů patří pastva, sečení, střídání pastvy se sečí nebo seč s pastvou a mulčování (Novák 2008).

3.2 Obhospodařování travních porostů

Na našem území České republiky se v historii provozovalo intenzivní a mozaikovitě obhospodařování, protože se zde nacházelo větší množství malých ploch, které byly využívány v různých termínech a různým způsobem (kosením a pastvou). Dalším důvodem, proč k tomuto systému obhospodařování docházelo, bylo, že v podhorských oblastech byl podíl orné půdy kolem 70%, takže plochy trvalých travních porostů zabíraly pouze malou část území (Gaisler et al. 2011).

Až ve 20. století došlo k výrazným změnám u obhospodařování pastvin a luk. Po 2. světové válce se některé travní porosty v podhorských a horských oblastech přestaly obhospodařovat, když se o ně staralo německé obyvatelstvo. Ochránáři přírody začali zakazovat pastvu v 60. letech, protože se domnívali, že pastva by mohla poškozovat chráněné druhy rostlin v chráněných územích, které se v té době začala vyhlášovat (Pavlů et Hejzman 2003). V poslední dekádě minulého století došlo k podstatnému snížení intenzity hospodaření na travních porostech a to vlivem hospodářských zvířat, jejichž počet klesl na polovinu (Gaisler et al. 2011, Pavlů et Hejzman 2003). V této době byla většina lučních porostů ponechána ladem nebo byla extenzivně využívána, ale v podhorských a horských oblastech se nacházely největší množství nevyužívaných travních ploch (Hrabě et al. 2004).

V dnešní době velká část travních porostů není využívána k přímé zemědělské produkci, ale za účelem agroenvironmentálních opatření. Je potřeba na těchto plochách hospodařit tak, aby nedocházelo k trvalé degradaci. U porostů, které jsou obhospodařovány systémově, nedochází ke ztrátám diverzity a stability lučního ekosystému a krajiny (Hrabě et al. 2004).

Různý typ managementu mění a utváří půdní podmínky, což v některých případech může mít za následek změny v půdní koncentraci živin. Je zapotřebí nastavit takové hospodářské systémy, které zajistí dostačující míru zemědělské produkce jako je maso, mléko a biomasa travních porostů a zároveň podpoří biodiverzitu a další ekosystémové funkce (Gaisler et al. 2011). Mezi tři základní způsoby obhospodařování travních porostů se řadí sečení, mulčování a pastva (Hejduk et Gaisler 2006).

3.3 Pastva

Pastva se řadí mezi nejstarší a nejlacinější způsob využívání a krmení hospodářských zvířat (Novák 2008). Ze zdravotního hlediska pastva příznivě podporuje rozvoj trávicího traktu přežvýkavců, kteří jsou pak schopni živiny zpracovat z velké dávky objemných krmiv (Kollárová et al. 2007). Využívání porostů pasením spočívá v odebrání vyrostlé asimilační plochy rostlin ve formě nadzemní biomasy v průběhu celé vegetační sezóny. Odčerpané živiny jsou částečně doplňovány výkaly zvířat (Novák 2008). Intenzitu obhospodařování je potřeba upravit dle místních přírodních podmínek (Kollárová et al. 2007). Pastvu ovlivňuje především člověk a to výběrem pasených zvířat, ale i ostatní konzumenti v ekosystému jako je divoká zvěř, drobní živočichové a dekompozitoři. Při pastvě dochází ke stresu rostlin, protože dochází k přerušení toku asimilátů. Díky prosvětlení spodních vrstev porostu dochází také k narůstání a odnožování porostu a ten se zahušťuje. Aby na pastvinách byly vyvážená trávo-bylinná společenstva, je nutné využívat pravidelnou pastvu nebo kosení (Novák 2008).

Nejvhodnější doba spásání porostu je po jarním nárůstu těsně před kvetením dominantních druhů trav (Pavlů et al. 2006b). Optimální výška trav je 100 až 200mm (Novák 2008). V této době mají rostliny dostatek cukrů v kořenech a oddencích, které využívají na rychlé obrůstání a proto výnos a kvalita píče jsou dostatečné (Pavlů et al. 2006b). Jedná se o druhy rostlin, které jsou schopné rychlé regenerace a vegetativního rozmnožování (Novák 2008). Pokud pastva probíhá po odkvetení trav, znamená to nižší kvalitu píče (Pavlů et al. 2006b). Porost ztrácí kvalitu, chutnost a stravitelnost (Novák 2008) a jsou zde daleko větší ztráty v důsledku pošlapání zvířaty (Pavlů et al. 2006b).

Při pasení je ponechána značná část zelených, různě vysokých částí rostlin, což spolu s vytvořenými asimilačními látkami podmiňuje pokračování růstu. Fotosyntéza rostlin je omezena jen dočasně ne však úplně, jako je tomu při kosení luk (Novák 2008).

3.3.1 Rotační pastva

Jedná se o pasení dvou a více pastvin, kde se střídá doba pasení s dobou obrůstání pastviny (Kollárová et al. 2007). Při tomto typu pastvy je potřeba počítat s tím, že lze zhruba provést 2-5 pastevních cyklů v každém oplůtku a že pasený porost je znova schopen obrůst po 2 až 6 týdnech (Pavlů et al. 2006c). Při rotační pastvě se u porostu střídá doba spásání s dobou klidu, čímž dochází k lepší regeneraci porostu a to je velkou výhodou (Gaisler et al. 2010).

3.3.2 Kontinuální pastva

Tento způsob pastvy je aplikován na rozsáhlých plochách travních porostů při nízkém zatížení nebo v opačném případě se aplikuje i na menší intenzivně obhospodařované plochy s vysokým zatížením (Kollárová et al. 2007). Jedná se o nepřetržité pasení během roku nebo pastevní sezóny v jednom oplůtku. Nevýhodou tohoto pasení je obtížná regulace kvality vypasení v rámci sezóny nebo jednotlivými lety (Pavlů et al. 2006c).

3.3.3 Extenzivní pastva

Hlavním znakem této pastvy je nerovnoměrné vypásání ploch. Na pastvině tak vznikají místa s různým pastevním tlakem. Tato místa jsou méně spásána a umožňují tak vykvetení rostlin, které jsou útočištěm a zdrojem potravy pro druhy hmyzu (Kollárová et al. 2007, Pavlů et al. 2005). Vzniká tak mozaikovitost porostu, což znamená, že dochází ke střídání intenzivně vypasěných ploch a nedopasků (Gaisler et al. 2010). Z dlouhodobého hlediska vede extenzivní pastva k zaplevelení pastviny, což vede k nízké estetické hodnotě a k většímu selektivnímu tlaku pasených zvířat (Kollárová et al. 2007).

3.3.4 Intenzivní pastva

Je zatížení pastviny zvířaty a to v závislosti na produkci biomasy rostlinného porostu na jednotku plochy (Pavlů et al. 2006c). Dříve se tento způsob pastvy uplatňoval v okolí zemědělských podniků, které byly zaměřené na zemědělskou produkci. Vzhledem k tomu, že pastvina je zatěžována velmi intenzivně, dochází mnohokrát k eutrofizaci pozemku, což vede k narušení původní druhové skladby porostu a rozšiřování nitrofilních druhů (Kollárová et al. 2007). Výhodou je, že na

ploškách spásaných intenzivně je malý podíl odumřelé biomasy, ale velký podíl listů s vysokým obsahem dusíkatých látek, a proto jsou dobře stravitelné (Gaisler et al. 2010).

3.3.5 Nátlaková pastva

Zvířata spásají určitý typ porostu, aniž by si mohla vybrat. Podíl nespásaných plošek se pohybuje mezi 5 – 20 % v závislosti na stáří a kvalitě porostu (Kollárová et al. 2007, Pavlů et al. 2006c).

3.3.6 Volná pastva

V tomto případě mají zvířata na pastvině neomezeně k dispozici různé typy porostů, které se od sebe liší kvalitou (Kollárová et al. 2007) a sama si určují množství příjmu píce. Podíl nedopasků je daleko vyšší než u pastvy nátlakové (Pavlů et al. 2006c).

3.4 Mulčování

Mulčování je obhospodařování travních porostů, kdy nadzemní biomasa porostů je strojově oddělena od strniště, rozdrčena a pak rozhozena zpět na strniště (Hejduk et Gaisler 2006). Při ponechání rozdrčené biomasy na místě dochází k rozkladu biomasy a uvolňování živin (Pourová et al. 2010). Mulčování musí být provedeno v dostatečném předstihu před tím, než se vytvoří semena rostlinných druhů, které jsou v travním porostu nežádoucí (Kollárová et al. 2007). Tento způsob údržby lze použít při potlačování náletových dřevin na pastvině nebo k potlačení dominantních druhů rostlin (Hejduk et Gaisler 2006). Mulčování je tedy nástrojem k zachování pestrosti rostlinných druhů (Fiala 2007). Z finančního hlediska se tento způsob údržby zařazuje mezi méně náročné. V aplikaci u horských pastvin bylo zjištěno, že mulčování by se mělo střídat také s kosením a odstraňováním biomasy, protože to zvýhodňuje travinné druhy, které jsou jinak mulčováním potlačovány (Lexa et Krahulec 2000).

3.5 Sečení

Sečení je tradiční způsob využívání travních porostů, který spočívá v oddělení nadzemní části rostlinné biomasy od strniště. Nejčastěji je to ve výšce mezi 3 a 10 cm nad zemí (Hejduk et Gaisler 2006). S odběrem fytomasy dochází i k odběru živin, který je třeba doplnit hnojením, aby se půda nedegradovala (Novák 2008). Sečení je velmi důležitý typ údržby travních porostů, protože v dlouhodobě neposečených místech mohou nežádoucí druhy rostlin vysemenit (Gaisler et al. 2011). Seč se běžně provádí třemi způsoby: ruční kosou, které se dnes už moc nevyužívá, protože je to velmi pracný a náročný způsob údržby, který lze aplikovat na malých ploškách; malou mechanizací (např. křovinořezem) zejména na plochách s nerovným terénem a svazích; traktorovými a samojízdnými sekačkami (Hejduk et Gaisler 2006).

Frekvence a termíny seče se odvíjejí od typu porostu, způsobu využití sečené píce a ekologických podmínek stanoviště. Sečení se provádí většinou jedenkrát až třikrát ročně (Kollárová et al. 2007). S vyšší frekvencí sečí jsou travní porosty nutričně kvalitnější a výnosné. Pokud se jedná o jednosečné louky a pastviny s nízkými výnosy kolem 2 t.ha⁻¹ sena, tak termín seče je v polovině července (Kulovaná 2002). U porostů sečených dvakrát ročně první seč probíhá na konci května nebo začátkem června, druhá pak následuje po 6 až 8 týdnech (Hejduk et Gaisler 2006). U trojsečných porostů probíhá první seč koncem května, druhá seč v polovině července a poslední seč v první polovině září (Kulovaná 2002).

3.6 Pastviny a louky

V České republice zauímají louky a pastviny 970 tisíc ha (Kulovaná 2002) a jsou roztroušeně rozprostřeny po celém území od nížin až do podhorských oblastí (Kučera et Šumberová 2010). Z celkové výměry zemědělské půdy je to téměř 25% a jejich zastoupení trvale narůstá (Kulovaná 2002). Jedná se o travinná společenstva s dominantními trávami, jako jsou: psárka luční (*Alopecurus pratensis*), tomka vonná (*Anthoxanthum odoratum*), ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*), srha říznačka (*Dactylis glomerata*), kostřava luční (*Festuca pratensis*). Četnost sečí, půdní vlhkost, nadmořská výška a obsah živin v půdě určuje převahu jednotlivých druhů. Jedná se o sekundární porosty, které vznikly díky lidskému obhospodařování na místech, kde dříve byly původně lesy. Vlivem silnějšího hnojení a častějších sečím došlo

v posledních desetiletí k zániku mnoha druhově bohatých luk (Kučera et Šumberová 2010).

Od počátku zemědělství (neolit 5300-4300 př. n. l.) formovala pastva hospodářských zvířat naši krajinu. Pastva divokých zvířat byla aplikována k udržení lesních světlin a drobných bezlesých ploch. K chovaným hospodářským zvířatům v této době patřil: skot, ovce a kozy (Hejcman et Pavlů 2006). Ve středověké krajině díky pastvě vznikala mozaika různých biotopů od písčín přes louky a pastviny s různou hustotou stromů a keřů. Vlivem intenzifikace zemědělství v 18. století došlo k ústupu pastvy a tím i zániků biotopů, který díky pastvě byly udržovány. Původní biotopy byly převáděny na pole, louky a kulturní lesy. Zarůstání pastvin přetrvává až do dnes (Čížek et Konvička 2006).

Rozdílný způsob obhospodařování rozděluje trvalé travní porosty na pastviny a louky. Louky se několikrát během roku jednorázově pokosí a z pozemku se posečená travní hmota odstraní. Takže větší část roku zůstává travní porost bez velkých zásahů, což velmi prospívá rostlinám a živočichům dokončit svůj životní vývoj. U pastvin je rozdíl v tom, že dochází k selektivnímu spásání nadzemní biomasy rostlin během celého vegetačního období, dále dochází k sešlapu a zhutňování půdy a také k návratu živin ve formě exkrementů spásáčů (Kollárová et al. 2007).

Rostlinný porost na pastvinách se liší výrazně od porostu lučního, i když ho tvoří podobné druhy. Na pastvinách dominují spíše nižší druhy, aby nedocházelo k ušlapání nadzemní fytomasy (Novák 2008).

3.6.1 Pastviny

Pastviny jsou polopřirozené travní porosty s velmi pestrými trávo-bylinnými společenstvy, které tvoří velmi bohatou diverzitu rostlinných druhů (Novák 2008). Allen et al. (2011) charakterizuje pastviny jako pozemky, na kterých je vegetace složená z víceletých, dvouletých nebo vytrvalých druhů pícnin.

Produkce rostlin je po celé vegetační období a porosty tak poskytují tam paseným zvířatům stravu s vyváženým obsahem dusíkatých látek a cukrů. Základ porostu by měly z 70% tvořit vysokohodnotné trávy, které svými živinami ovlivňují kvalitu krmiva zvířat. (Novák 2008).

Botanické složení pastvin je odrazem mnoha faktorů včetně managementu (Whalley et Hardy 2000). Pastva zvířat má velký vliv na strukturu a druhové složení travního porostu. Například ovce, která rostliny pouze okusuje, nenarušuje travní drn tolik jako kráva, která rostliny trhá (Tkáčiková et al. 2013).

Pastviny vznikly po odlesnění lesa, a proto se udržují dodnes jako produkt lidské činnosti. Zásah člověka musí být proto pravidelný, protože bez zásahu by podlehly náletům a tím by došlo k přechodu zpět do lesního společenstva (Novák 2008).

Vedle primární funkce pastviny, kterou je zajištění výživy pasených zvířat, mají pastviny i další krajino-ekologické funkce v krajině, které nelze opomenout: podílejí se na výměně vzdušných a vodních rezerv v atmosféře, podporují a zachovávají rostlinou a živočišnou diverzitu a rostlinný kryt má taktéž funkci protierozní (Novák 2008).

3.6.2 Louky

Zhruba kolem roku 500 př. n. l. vznikly první kosy, které se vzhledem nepodobaly dnešním kosám, protože to byly nástroje krátké, s nimiž se biomasa musela sklízet výše nad zemí. V této době mohly vzniknout louky a také se mohlo začít s výrobou sena. Lze tedy říci, že primární funkce luk je především výroba sena (Hejcman et Pavlů 2006).

Louky představují travní porosty, kde nalezneme rostliny zejména vyššího vzrůstu, jejichž společenstva jsou utvářeny především konkurenčním bojem o světlo (Mládek et Hejcman 2006).

Obhospodařování luk má velký význam na druhovou pestrost luk. Šetrně neboli extenzivně obhospodařovaná louka je velmi pestrá. Kromě běžných druhů trav na ní roste mnoho nejrůznějších kvetoucích bylin. Lze obecně říci, že na takto obhospodařované louce se daří druhům, které nemají rády hromadění živin v půdě. Těchto květnatých luk se nachází v kulturní krajině velmi málo a jsou soustředěny spíše do středních a vyšších poloh. Intenzivně obhospodařovaná louka je určená k co největší produkci zelené hmoty, takže je uměle hnojená a obhospodařovaná těžkou technikou. Je zde velký obsah živin, tudíž konkurenčně slabší byliny zde nemohou

konkurovat travám jako je srha říznačka (*Dactylis glomerata*), psárka luční (*Alopecurus pratensis*) a kostřava luční (*Festuca pratensis*) (Tkáčiková et al. 2013).

3.7 Biomasa travního porostu

Za biomasu lze považovat hmotu organického původu vyprodukovanou na určité ploše za určitý čas. V rostlinné ekologii pojem biomasa zahrnuje živé i neživé části rostlin spolu se stařinou i opadem (Jakrlová 1989). Podle Mannetje (2000) biomasa travního porostu je nadzemní materiál rostlin, který se běžně nazývá sušina. Kromě sušiny může být také rostlinný materiál označen jako organická hmota. Živé části rostlin se nazývají jako fytohmota a fytonekromasou jsou označovány části rostlin, které jsou už neživé (Jakrlová 1989).

Biomasa se vyjadřuje v jednotkách sušiny, množstvím uhlíku, v jednotkách bezpopelné organické hmoty, množstvím přijatého CO₂, obsahem vázané energie a množstvím vydaného O₂. 1 g sušiny biomasy je v přepočtu roven 1 g organické hmoty včetně popelovin, 0,4 g uhlíku, 1,07 g vydaného O₂, 1,5 g přijatého CO₂, 17,6 kJ vázané energie a 1,07 g vydaného O₂ (Jakrlová 1989).

Proces, při kterém organismy fotosyntetickou činností produkují biomasu, se nazývá primární produkce. Lze ji definovat jako množství vytvořené sušiny za určité časové období na jednotku ploch a dále se dělí na hrubou a čistou produkci (Jakrlová 1989). Hrubou produkci J. J. Cullen (2001) charakterizuje jako biomasu, která není zredukovaná o ztráty dýcháním nebo vylučováním. Čistou produkci tento autor definuje jako hrubou produkci sníženou o ztráty dýcháním organismu.

Biomasa je získávána záměrně výsledkem výrobní činnosti nebo ji lze získat jako odpad z lesní, zemědělské, potravinářské výroby a také jako odpad z údržby a péči o krajinu (Pastorek et al. 2004). Rostlinná produkce biomasy je nejdůležitějším stavebním prvkem pro produktivitu ekosystémů a její množství je závislé na řadě dějů, které tuto produkci ovlivňují (Procházka et al. 1998). Rychnovská et al. 1985 obecně rozděluje faktory, které určují druhové složení luk a pastvin do dvou skupin. První skupinu charakterizuje jako faktory, které nelze lidskou činností pozměnit jako například klimatické poměry, teplotní poměry, délka vegetačního období, intenzita slunečního záření a vlastnosti půdy. Druhou skupinu faktorů charakterizuje jako ty,

kteře jsou nestálé a člověkem ovlivnitelné. Mezi ně patří například vodní režim, fyzikální vlastnosti půdy, obsah humusu a obsah živin.

Nejdůležitějším biochemickým procesem pro vznik biomasy je fotosyntéza, která probíhá především v listech rostlin (Novák 2008). Tento základní proces probíhající v přírodě zajišťuje vznik složitých organických látek a to díky interakci mezi sluneční energií, oxidem uhličitým a vodou. Jedná se o velmi složitou fotochemickou reakci, bez níž by život na zemi nebyl možný. Velké množství organických látek vzniká z reakce oxidu uhličitého a vody při přítomnosti enzymů, sluneční energie a chlorofylu.



Dochází tedy k redukci oxidu uhličitého na cukry a oxidaci vody za vzniku molekulového kyslíku. Tento proces se nazývá světelnou reakcí a probíhá ve fotosyntetických reakčních centrech uložených v membránách listů rostlin (Heldt et Piechulla 2011, Gloser 1989).

Produktivita fotosyntézy se vyjadřuje čistým výkonem fotosyntézy vyjádřeným množstvím sušiny v $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ listové plochy za den a celkové listové plochy v m^2 na 1 m^2 plochy (Novák 2008).

Struktura biomasy travních porostů můžeme dělit na část podzemní a část nadzemní (Gaisler et al. 2010). Podzemní část je tvořena kořeny, oddenky, hlízou a dalšími podzemními orgány rostlin a tvoří přibližně 15 až 20 % biomasy. Do nadzemní části se zařazuje strniště, které je tvořeno částmi listů, stébel a lodyh a zůstává na stanovišti po sklizni píce a tvoří 80 – 85 % biomasy (Gaisler et al 2010, Irving 2015). Obvykle je výška strniště 3 - 5 cm. Mimo tyto složky se v porostu nachází určité množství odumřelé hmoty (stařiny), která je oddělena od rostlin. U travních porostů, které jsou neobhospodařované, zůstává odumřelá hmota dlouhou dobu napojena na živé části rostliny a kvůli tomu se rozkládá velmi pomalu, protože není v kontaktu s půdou a rozkládajícími se organismy. U sklizených porostů je velmi zanedbatelný podíl rostlinného odpadu na biomase (Gaisler et al. 2010).

3.8 Růst biomasy a stárnutí

3.8.1 Růst

Rostliny mají pozoruhodnou schopnost koordinovat růst jejich orgánů, takže je obecně pevná rovnováha mezi nárůstem nadzemní a podzemní biomasy (Poorter et Nagel 2000). Růstová fáze rozhoduje o kvalitě píce pravděpodobně nejvýznamněji. U porostů pastevních se optimum nachází ve fázi začátku prodlužování stébel, kdy výška porostu je 10 - 15 cm, u porostů lučních je to pak ve fázi začátku metání rozhodujících druhů trav (Fiala et al. 2007). Růst rostlin koreluje s množstvím získaného uhlíku na celé bázi rostliny. Mezi hlavní faktory získávání uhlíku patří listová plocha rostliny. U trav sekundární výroba stonků odnožováním může značně zvýšit počet listů na rostlině a tedy i celkovou listovou plochu. U většiny rostlin k získání uhlíku hraje také klíčovou roli intenzita světla a dostupnost živin (Irving 2015). Vnější faktory, které ovlivňují metabolické procesy růstu a vývinu rostlin jsou podle Hudáka (1989) teplota, světlo a srážky.

Srážky se jako abiotický faktor uplatňují nejen svým množstvím – ročním úhrnem, ale i rozložením během roku. Množství srážek stoupá se stoupající nadmořskou výškou (Moravec 1994).

Význam světla je velmi důležitý pro rostliny a to především v jeho katalytické a trofické úloze. Trofická úloha je zprostředkována fotosyntézou, kdy světlo jako hlavní faktor ovlivňuje biosyntézu podstatných stavebních složek a je tak zodpovědné za produkci biomasy. Katalytická úloha představuje světlo o různých vlnových délkách, které působí na vnitřní regulační systémy, což zahrnuje rychlost a směr růstu biomasy (Hudák 1989).

Při stanovení teploty je nutno brát v úvahu kolísání teplot během roku, dne a průměrné měsíční teploty (Moravec 1994).

Pavlů et al. (2006a) ve své literatuře uvádí, že k největšímu nárůstu biomasy dochází obvykle v druhé polovině května až června. Během této hlavní sezóny ovlivňuje nárůst biomasy travního porostu především srážky, průměrné teploty ale i hospodářské využití. Pro nárůst biomasy v nížinách jsou limitujícím faktorem nízké srážky, zatímco ve vyšších polohách jsou rozhodujícím faktorem nízké teploty. Největších přírůstků ve vegetační sezóně dosahuje biomasa při denních teplotách

kolem 12 – 22 °C a 10 – 15 ° v noci s průměrným denním úhrnem atmosférických srážek okolo 3 – 4 mm.

3.8.2 Stárnutí

Stárnutí biomasy travního porostu se liší podle charakteru porostu, stanoviště a způsobu využívání (Kollárová et al. 2008). Dále tato autorka uvádí, že proces stárnutí je daleko rychlejší v teplých než chladných podmínkách. Stárnutí píce významně ovlivňuje morfologii rostliny a taktéž určuje kvalitu píce. Mladou píci tvoří vysoký obsah vody s nižší koncentrací živin, které ji dělají velmi dobře stravitelnou. S vegetačním stárnutím rostliny dochází však ke zvyšování podílu sušiny a celkovému množství živin (Míka 1997). Po vykvetení kulturních druhů trav se zvyšuje podíl vlákniny a ligninu v rostlině a klesá obsah dusíkatých a minerálních látek (Pavlu et al. 2006e). Snižuje se tak celková stravitelnost píce, a proto zvířata na pastvě tyto rostliny hůře přijímají (Míka 1997).

Kollárová et al. (2008) ve své literatuře uvádí 3 fáze stárnutí porostu. V první fázi se jedná o stabilní porost s dominantním zastoupením produkčních druhů trav s velmi hustým drnem. Tento optimální stav trvá u kvalitně založených porostů 2 až 3 roky. Ve druhé fázi dochází k začátku mezerovitosti porostu s ústupem produkčních a méně vytrvalých druhů, ale rozšiřují se zde druhy bylinné. Ve fázi třetí vzrůstá zastoupení bylin (nad 40% v podhorských a 50% v horských oblastech), únosnost drnu je daleko menší, dochází k poklesu kvality píce a to v reakci na vysoký tlak plevelů. Fázi čtvrtou tato autorka charakterizuje silným zaplevelením vytrvalými plevely, jako jsou např. pýr plazivý (*Agropyron repens*), pampeliška lékařská (*Taraxacum officinale*), šťovík (*Rumex sp.*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), absence produkčních, vysokých travních druhů za nástupu méně hodnotných druhů. V této fázi se jedná již o degradovaný travní porost, který vyžaduje velmi rychlou a radikální obnovu.

3.9 Akumulace odumřelé biomasy

Při akumulaci nadzemní biomasy hraje velmi důležitou roli obhospodařování travního porostu (Gaisler et al. 2011). Nadzemním rostlinným odpadem označujeme odumřelý materiál, který už není ve spojení s živými částmi rostlin. V travinných

porostech v něm může být vázáno až 40 – 50 % živin a celkové energie obsažených v nadzemní biomase (Tesařová 1987a).

Nadzemní výnos rostlinné biomasy představuje menší část roční celkové produkce biomasy travního porostu. Porost ponechaný ladem má výnos z celkové produkce jenom 12%. Stejná produkce je u porostu, který je mulčován 1x až v září. U porostů 1x mulčovaných nebo sečených je podíl biomasy 16% a u porostů 2-3x mulčovaných je to cca 25% (Fiala 2007). Mulčovaná hmota se nestačí do zimy rozložit a tím dochází k větší akumulaci nerozloženého odpadu na půdním povrchu (Gaisler et al. 2011). Porosty 1x mulčované nebo sečené mají podíl nadzemní biomasy kolem 16%. Větší část biomasy kolem 25% je při obhospodařování 2 - 3 mulčováním. U kořenové hmoty je tento trend naprosto opačný. Porost ponechaný ladem a mulčované porosty vytvářejí bohaté kořeny a tudíž je zde vyšší produkce biomasy (Fiala 2007). Gaisler et al. (2011) ve své studii uvádí, že při velmi nízkém zatížení pastviny pastevní skotem je většina biomasy sešlapávána a dochází k významné akumulaci odumřelé biomasy. Dle Pavlů et al. (2006b) je akumulace odumřelé biomasy tzv. stařiny ovlivněna vertikální strukturou porostu a to tak, že u pastevního porostu se odumřelá biomasa akumuluje ve vrstvě 0 - 3cm, zatím co u lučního porostu je to ve vrstvě 0 - 10cm.

3.10 Živiny v biomase travního porostu

Rostlinám k životu nestačí jenom světlo, CO₂ a voda. Další důležitou složkou, která patří neodmyslitelně k životu rostlin, jsou živiny (Begon et al. 1997). Uhlík (C), dusík (N) a fosfor (P) jsou tři hlavní prvky u všech živých organismů (Fazhu et al. 2015). Mezi další hlavní živinové prvky tzv. makroelementy, které rostlina čerpá z půdy, patří síra (S), draslík (K), vápník (Ca), hořčík (Mg) a železo (Fe). Další prvky, které rostlina čerpá a potřebuje, jsou tzv. mikroelementy a patří mezi ně např. mangan (Mn), zinek (Zn), měď (Cu), sodík (Na) a selen (Se) (Novák 2008).

Rostliny nepřijímají minerální živiny najednou, neboť každý prvek vstupuje do rostliny jako iont nebo molekula a má svou charakteristickou schopnost difúze a absorpce v půdě. Zdroje živin mohou být v půdě rozloženy nerovnoměrně, a proto v příjmu prvků hraje velikou roli genotypicky naprogramovaná strategie vývoje kořene. Tyto strategie určují způsob hledání a čerpání zdrojů (Begon et al. 1997).

Rychlost příjmu prvků závisí dále na koncentraci, rychlosti difúze a transportu probíhajícího v půdě. Živiny se do půdního roztoku dostávají z opadu, činností mikroorganismů, které rozkládají organickou fytomasu, mateřskou horninou a podzemní vodou. Pokud jsou živiny z půdy odčerpány kvůli sběru úrody, je třeba je zpět do půdy navrátit hnojením (Novák 2008).

Dalším důležitým faktorem pro čerpání živin rostlinami je různý management travních porostů, který může vytvářet odlišné půdní podmínky ovlivňující koncentraci živin v půdě. Například nižší vlhkost sečených porostů urychluje mineralizaci dusíku, ale potlačuje činnost půdních mikroorganismů. Vliv mrazu a tání na půdách pod sečenými plochami umožňuje uvolňování fosforu z matečné horniny (Gaisler et al. 2011).

Obsah jednotlivých prvků v nadzemní biomase rostlin musí být ve vzájemné harmonii, aby to prospívalo jejich růstu a také aby nedocházelo ke zdravotním problémům pasených zvířat. Poměr P:C patří mezi nejdůležitější a jejich potřeba ve fytomase je 1:1,5-2, poměr Na:K by měl být 1:10-20 a optimální poměr K: (Ca+Mg) by neměl přesáhnout hodnotu 2,2 (Novák 2008).

3.10.1 Uhlík (C)

Uhlík je pro rostlinu jedním ze stěžejních prvků. Mimo toho, že se zúčastňuje fotosyntézy, čímž se podílí na primární produkci, má významný vliv i na růst rostliny (Chapin et al. 2002). Dá se tedy říci dle Irvinga 2015, že růst rostliny je závislý na množství uhlíku, který získá rostlina na celé její bázi. Nejzásadnějším centrem příjmu uhlík je listová plocha, která je určena střední listovou plochou a počtem listů na rostlině. Výhodu v tomto procesu mají trávy, které vytváří sekundární stonky odnožováním, čím může být listová plocha značně rozšířena.

Uhlík se po přijetí pohybuje volně po rostlině. Pokud rostlina fixuje uhlík stonkem je buď přímo využitý v tomto orgánu rostliny nebo putuje do kořenů, kde slouží k růstu kořenů nebo jejich regeneraci (Chapin et al. 2002, Irving 2015).

Rostliny přijímají uhlík ze vzduchu v podobě CO₂. V půdě je pro rostliny uhlík přijatelný až po mineralizaci organických sloučenin a převedení na minerální přijatelnou formu CO₂. Dále jsou pro rostliny přijatelné i anionty HCO₃⁻ a CO₃²⁻. Tyto

anionty jsou kořeny rostlin přímo asimilovány pomocí rostlinných enzymů (Jurčík 1978).

3.10.2 Dusík (N)

Dusík je základním stavebním prvkem a limitujícím faktorem pro růst a výnos rostlin. Obsah dusíku v rostlině má zásadní úlohu při procesu fotosyntézy a tím výrazně ovlivňuje i produktivitu rostliny. Zvyšuje intenzitu biochemických a fyziologických pochodů a je zabudován v rostlině ve formě bílkovin (Irving 2015, Novák 2008). Zdroje dusíku pro rostliny jsou: atmosférický dusík, minerální dusík, který vznikl mineralizací organického odpadu nadzemní a podzemní fytomasy, dusík vzniklý amonizací, mikrobiální nitrifikací a fixací pomocí symbiotických bakterií žijících na kořenech rostlin. Rozhodující úlohu ve výživě rostlin dusíkem hraje anorganický dusík a dvě jeho formy dusičnanová a amoniakální (Novák 2008). Z organických sloučenin jsou schopny rostliny přijmout dusík až po jeho úplné mineralizaci a převedení na ionty NH_4^+ , NO_2^- a NO_3^- (Jurčík 1978).

Pravidelný přísun dusíku podporuje růst a odnožování travních porostů. Travní porost na dodaný dusík reaguje změnou v počtu druhů, snižováním počtu citlivých bylin, zvyšováním druhů vzrostlých trav a nitrofilních bylin a vyšší produkcí nadzemní biomasy (Novák 2008).

Pokud je optimální množství dusíku v nadzemní fytomase rostlin, má to pozitivní vliv na příjem rostlin pasenými zvířaty a na zvýšení krmné hodnoty a stravitelnosti píce. Při nadměrných dávkách dusíku se snižuje obsah sušiny v krmivu, zvyšuje se obsah vlákniny a snižuje se chutnost porostu (Novák 2008). Begon et al. (1997) ve své literatuře uvádí, že rostlina, která je nedostatečně vyživována dusíkem, má špatně rostlé kořeny a tudíž se nemůže dostatečně vyživovat z oblastí, kde se dusík nachází hojně.

3.10.3 Fosfor (P)

Pro výživu rostlin je fosfor dalším důležitým prvkem v pořadí. Fosfor zvyšuje pružnost listových čepelí, podílí se na regeneraci kořenového systému a také částečně eliminuje nežádoucí působení vyššího obsahu dusíku (Novák 2008). Nicméně zásoba

fosforu přijatelného pro rostliny v půdách klesá a proto se fosfor pomalu stává limitujícím prvkem kvality a výnosu rostlin (Kunzová 2009).

V půdě je přirozeným zdrojem fosforu minerál apatit. V menším množství se pak vykytují v půdách fosforečnany železa. V důsledku zvětrávání těchto minerálů se aniont kyseliny fosforečné uvolňuje a přechází do různorodých forem organických nebo anorganických fosforečných sloučenin, z nichž některé jsou hlavním zdrojem výživy rostlin fosforem (Jurčík 1978). Pro rostliny je nejdůležitějším aniontem PO_4^{3-} , který rostlina využívá na syntézu organických látek (Novák 2008). Dalším důležitým faktorem pro obsah fosforu v půdě je hnojení fosforečnými hnojivy (Jurčík 1978). V současné době je omezené hnojení statkovými hnojivy, jako je například hnůj nebo organickými hnojivy jako je například kompost nebo minerálními hnojivy a tím dochází k odčerpání fosforu z půdy, který je přístupný pro rostliny (Kunzová 2009).

Při nedostatku fosforu jsou rostliny málo pružné, křehké a lehce poškoditelné a to zejména u travinných porostů. Fosfor pro rostliny slouží k zvýšení odolnosti vůči nízkým teplotám, na ukládání, přenos a uvolňování energie při biochemických pochodech. Důležitý je také pro činnost bílkovin při fotosyntéze a podporuje dozrávání rostlin. Dostatečné hnojení fosforečnými hnojivy je zcela zásadní při vyšších dávkách dusíku. Pokud se určuje dávka fosforu při hnojení, vychází se vždy z jeho zásob v půdě a odčerpání nadzemní biomasou rostlin. Roční dávky fosforu se pohybují v rozmezí od 30 do 50 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Novák 2008).

3.10.4 Draslík (K)

Celkový obsah draslíku v půdě je daleko vyšší než obsah fosforu nebo dusíku, ale zároveň je velmi variabilní podle podmínek. Z hlediska dostupnosti pro rostliny lze draslík v půdě rozdělit na nevýměnný, výměnný a vodorozpustný, z nichž nevýměnný draslík představuje více než 95 % tohoto prvku v půdě (Jurčík 1978). Rostlinami je přijímán ve formě kationtu K^+ . Draslík podporuje produkci rostlin, podporuje odolnost rostliny vůči suchu, vymrznutí a chorobám. Dále ovlivňuje fyziologické a biochemické procesy u rostlin, aktivuje enzymatické reakce, ovlivňuje ukládání zásobních látek a transport živin v rostlinných pletivech. Je klíčovým prvkem pro hladký průběh fotosyntézy, reguluje otevírání a zavírání průduchů změnami osmotického tlaku (Novák 2008). Draslík se stává dalším limitujícím prvkem pro

rostliny, protože jeho zásoby v půdách pomalu klesají, což souvisí s omezením používání statkových a minerálních hnojiv (Kunzová 2010). Fyziologická potřeba rostlin draslíku je okolo $30\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny (Novák 2008).

3.10.5 Hořčík (Mg)

Rostlinami je hořčík přijímán jako kationt Mg^{2+} (Richter 2004a, Novák 2008). Tok půdního roztoku a také růst kořenů se podílí na jeho přístupu k rostlině, což znamená, že je rostlinami přijímán pasivně (Richter 2004a). Tento prvek je velmi důležitý při tvorbě chlorofylu a zabezpečuje tak optimální průběh fotosyntézy. Při nedostatku hořčíku se na listech rostlin může objevit nezdravé žloutnutí listů tzv. chloróza. V půdách se hořčík nachází ve velmi rozdílných koncentracích a z 95 % ho reprezentují převážně anorganické formy (Jurčík 1978, Novák 2008). Anorganická forma se ve vztahu k přístupnosti rostlin dělí na přístupný (výměnný) a nepřístupný (nevýměnný). Výměnného hořčíku je v půdě cca 1% a představují ho rozpustné anorganické soli a je z hlediska výživy rostlin nejdůležitější formou Mg (Jurčík 1978).

3.10.6 Vápník (Ca)

Vápník se v půdě vyskytuje ve formě Ca^{2+} a podléhá chemickým, fyzikálním a biologickým vlivům (Novák 2008). V sušině rostlin se pohybuje obsah vápníku od 0,4 - 1,5 % v závislosti na druhu rostliny a stáří. V půdním roztoku je koncentrace vápníků 10x vyšší než například koncentrace K^+ , ale příjem vápníku rostlinou je většinou nižší než příjem draslíku (Richter 2004b). Obsah vápníku v rostlinách je velmi variabilní, ale obecně je nižší v jednoděložných rostlinách než ve dvouděložných. Vápník je rostlinami čerpán pasivně transpirací proudem a má tendenci se hromadit v listech (Schaller et al. 2016).

3.10.7 Síra (S)

Řadí se k prvkům, bez kterých by rostlina nemohla existovat. Pro uspokojení potřeby rostlin musí být zastoupena v půdě relativně ve velkém množství. Síra je důležitou součástí rostlinných aminokyselin a bílkovin. Má vliv na produkci rostlin, odolnost vůči chorobám i působení škůdců. Nejdůležitější pro rostliny jsou anorganické formy jako je především síranový aniont SO_4^{2-} (Křepelka 2012).

V průmyslových oblastech je síra přijímána i v plynné formě SO_2 průduchy listů, avšak větší koncentrace SO_2 v půdě může působit na rostliny až toxicky (Jurčík 1978).

3.10.8 Železo (Fe)

Celkový obsah tohoto prvku v půdě je dostatečný vzhledem k tomu, že potřeba rostlin je poměrně vysoká. Pro rostliny je nejpříjemnější forma železa Fe^{2+} a Fe^{3+} a celých molekul Fe-chelátů, ale dvojmocné železo Fe^{2+} na rostliny působí nepříznivě (Jurčík 1978). Největší část přijatého železa se soustřeďuje do chloroplastů, ale také se podílí na enzymových reakcích a proteinových metabolismech, které v rostlině probíhají. Při nedostatku železa se v rostlině snižuje obsah proteinů a také se snižuje fixace N_2 u některých rostlin (Vascincelos et Grusak 2006). V sušině zelených částí rostlin obsah železa kolísá v rozmezí 10 – 20 mg na 100g (Jurčík 1978).

3.10.9 Sodík (Na)

Je velmi důležitý pro organismus zvířat, ale v rostlinách se nachází ve velmi malém množství okolo 0,05 %. Aby se zvýšil obsah sodíku na pastvě, dávají se na pastvinu pro zvířata minerální lizy a krmné soli, které tento prvek obsahují (Novák 2008). Rostliny sodík přijímají jako jednomocný kationt Na^+ . Podle druhu rostliny pak kolísá jeho obsah, obecně však lze říci, že množství Na v rostlinách se pohybuje v rozmezí 0,2 – 0,5 g Na na 100g sušiny (Jurčík 1978).

3.10.10 Selén (Se)

Selen se v půdě nachází spíše nedostatkově. Jeho množství je dáno obsahem ve vodě a v ovzduší, ale významný vliv má i pH hodnota půdy. Příjem selenu rostlinou závisí na druhu rostliny a jak je daná rostlina schopná selen akumulovat a vyrovnávat se s jeho nadbytkem. U rostlin se selen uplatňuje při tvorbě enzymů. Přebytek Se v rostlině omezuje její růst (Hlušek et al. 2005).

3.10.11 Zinek (Zn)

Potřeba rostlin zinku je velmi malá a rostliny ho z půdy čerpají ve formě kationtu Zn^{2+} a při vyšším pH půdy je pravděpodobně přijímán jako monovalentní kationt ZnOH^+ (Storey 2006). Za střední hodnotu zinku v rostlinách se dle Jurčíka

(1978) považuje koncentrace 0,3 mg na 100 g hmoty a vzhledem k tomu, že ho rostliny potřebují k výživě velmi málo, je jeho nedostatek velmi ojedinělý.

3.10.12 Měď (Cu)

Rostliny obecně nemají vysoké nároky na příjem mědi a přijímají ji ve formě kationtu Ca^{2+} . Měď ovlivňuje fotosyntézu, protože příznivě působí na stabilitu chlorofylu. (Alam 1999). Obsah mědi v sušině rostlin je v rozmezí 0,2 – 2,0 g na 100 kg (Jurčík 1978).

3.10.13 Mangan (Mn)

Mangan je v rostlinách důležitý pro aktivaci enzymů. Příliš vysoká hodnota pH snižuje množství manganu v půdě. V sušině rostlin je mangan zastoupen od 0,001 – 0,01% závisící na druhu a orgánu rostliny. Nejvíce manganu se nachází v zelených listech a v obalech semen a plodů. Rostlina ho přijímá ve formě Mn^{2+} (Richter 2004c).

3.11 Dekompoziční procesy v travním porostu

Dekompozice neboli rozklad rostlinného materiálu je jedním z hlavních hnacích procesů živin v terestrických ekosystémech a představuje významný zdroj živin (Singh et Gupta 1977). Až 90% nadzemní primární produkce a téměř celá podzemní primární produkce přechází do dekompozičního řetězce (Novák 2008). Odumřelý organický materiál se při vhodné teplotě a vlhkosti rozkládá a každým rokem vytvoří povrchovou vrstvu, která se při dalším ročním vrstvení zakomponovává do organické složky půdy tzv. humusu (Úlehlová 1989). Obecně je rostlinný opad bohatou zásobárnou živin, složený z celulózy, ligninu, hemicelulózy, sacharidů, bílkovin tuků a aminokyselin, z čehož celulóza tvoří přibližně 20 - 40 % opadu a lignin necelých 5 % (Novák 2008).

Rozkladné procesy probíhají jak v nadzemní, tak podzemní části, ale nedávné studie dokazují, že podzemní části rostlinných zbytků jsou lépe začleněny do půdních procesů a snadněji jsou tedy rozkládány na minerální látky, než rostlinné zbytky v části nadzemní. Dekompozice odumřelé podzemní biomasy rostlin je hlavním zdrojem organických látek v půdě a největší suchozemskou zásobárnou uhlíku (Solly et al. 2014). Z nadzemní části biomasy rostlin se do dekompozičního procesu dostává

stařina a opad. Stařinu tvořící odumírající a mrtvé části rostlin a do opadu se pak řadí opadané a rozkládající se části rostlinných orgánů, které se tím vrací do koloběhu minerálních a organických látek. Bylo zjištěno, že podzemní biomasa (kořeny) má větší obsah popele a menší obsah dusíku, draslíku a fosforu v porovnání s nadzemní biomasou (Novák 2008). Půdní rozkladači pak přeměňují a následně rozkládají organické molekuly na elementární anorganické prvky a sloučeniny jakými jsou: oxid uhličitý, voda, minerální soli fosforu, dusíku, vápníku, draslíku atd. (Úlehlová 1989).

Mezi hlavní skupiny dekompozitorů, které se podílejí na rozkládání odumřelé organické hmoty, patří: bakterie, houby, prvoci, hlísti, členovci a kroužkovci (Singh et Gupta 1977, Úlehlová 1989). Autoři Moorhead et Sinsabaugh (2006) charakterizují tři skupiny mikroorganismů: „*Opportunists*“, kteří rychle kolonizují nově dostupný opad. Specializují se na rozpustné a snadno dostupné živiny, jejichž nástup se očekává v rané fázi rozkladu. Mají velmi rychlý růst, ale v pozdějších fázích rozkladu jsou vytlačovány pomaleji rostoucími populacemi, který tyto oportunisty vytlačují svými antibiotiky. „*Decomposers*“ degradují celulózu a lignocelulózu. Kromě toho také získávají a udržují dusík a fosfor pokud jich mají buněčné stěny rostlin nedostatek. Tuto skupinu zastupují většinou vláknité houby, protože často mají vyšší poměr C/N než bakterie a jsou schopni prostorově zavádět tyto zdroje pomocí translokace živin díky síti hyf. „*Miners*“ se specializují na degradaci ligninu. Používají sílu oxidačních enzymů k prolomení kovalentní vazby aromatických cyklů a uhlovodíkových řetězců. Získávají tak přístup k chráněným glykosidům, peptidům a lipidům. Tyto organismy rostou velmi pomalu. Jejich konkurenční výhodou oproti ostatním skupinám je schopnost metabolizovat fenoly, které zpomalují mnoho organismů a získávají tak dusík ze špatně dostupných míst.

Dekompozice organické hmoty probíhá dvěma základními procesy a to mineralizací a humifikací. Hlavním výstupem procesu mineralizace je produkce oxidu uhličitého a ostatních minerálních látek, jež slouží jako výživa pro rostliny a mikroorganismy (Novák 2008). Je to proces, při kterém se uvolňuje energie, která je z velké části vyzářena. Zbytek energie je spotřebován při humifikaci. Během procesu humifikace prochází organická hmota řadou rozkladných procesů. Rostlinné zbytky jsou přeměňovány v humus, který podporuje půdní úrodnost (Vaněk et al. 2010). Mineralizační procesy jsou stejně důležitým dějem jako fotosyntéza a až 70 % celkové respirace je zásluhou rozkladačů v travinných ekosystémech. (Úlehlová 1989).

Autoři Singh et Gupta (1977) ve své literatuře podrobněji popisují sled dekompozice v následujících krocích: (1) rozvoj mikroflóry vyšších rostlin (2) kolonizace saprofytickými mikroorganismy, (3) rozmělnění a pozření bezobratlými organismy, jejímž výsledkem je začlenění organické hmoty do půdy, čímž dojde ke zvýšení organické hmoty v povrchové vrstvě půdy ale k malým chemickým změnám, (4) mikrobiální kolonizace, využití výkalů a rozmělněné rostlinné zbytky vyústí v chemickou degradaci rostlinných pletiv a produkci huminových kyselin a (5) vznik stabilních organo-minerálních komplexů.

3.12 Faktory ovlivňující dekompozici

Mikroklimatické podmínky stanoviště jako je teplota a vlhkost, které ovlivňují aktivitu půdních organismů rozkládající opad, má velký vliv na dekompozici (př. 2014). K dalším významným faktorům patří druh rostlinného opadu a skladba a množství rozkladačů tzv. dekompozitorů (Úlehlová 1989, Waksman et Gerretsen 1931). Půdní vzdušnost a hojnost dostupných minerálů v půdě patří mezi další faktory, které mohou mít na dekompozici vliv (Waksman et Gerretsen 1931). Podle Frouze (2010) může i makrofauna ovlivňovat dekompozici a to tím, že mění životní podmínky půdní mikroflóry a tím i její aktivitu.

Vliv na rozklad má i poměr živin N a P nacházející se v rostlinné biomase. Rozklad suchozemských rostlin je také často limitován jak kvalitou uhlíku, tak živinami. Nutriční omezení se nejběžněji nachází u rychle se rozkládající rostlinné biomasy obsahující málo ligninu (Güsewell et Verhoeven 2006).

Management probíhající na pastvinách jako je kosení, pastva a hnojení mohou změnit strukturu travního porostu, rostlinných zbytků a tím ovlivnit proces dekompozice (Solly et al. 2014).

3.13 Rychlost dekompozice

Pokud se zvyšuje teplota, zrychluje se i proces dekompozice. Souhrnně se dá říci, že chladnější klima rozklad organické hmoty zpomaluje, nikoliv zastaví, zatímco teplejší klima dekompoziční procesy zrychluje (Šantrůčková 2014). Obecně se předpokládá, že aktivita mikroorganismů rapidně roste při teplotách okolo 30°C.

Teplotní optimum se odhaduje mezi 35 až 40° C, pokud je toto rozmezí teplot překročeno, může dojít k poškození a prudkému snížení aktivity dekompozitorů (Keryn 2001).

Voda je základním životním a transportním faktorem pro živé organismy. Je součástí rostlinných těl a slouží mimo jiné jako médium, ve kterém se rozpouštějí živiny a probíhají v něm všechny metabolické procesy (Novák 2008). Pro dekompozitory jakými jsou prvoci, bakterie a aktinomycety je voda prostředím, ve kterém žijí a čerpají z něj minerální a organické rozpuštěné látky (Šantrůčková 2014).

Dostupnost vody v půdě vždy ovlivňuje teplotu. Při optimální vlhkosti v rozmezí 50 – 70 % vodní kapacity je teplota nejvyšší. Nejrychlejší rozklad organické hmoty probíhá při optimální vlhkosti, což znamená, že v půdě je dostatek vody a je také dobře provzdušněna (Šantrůčková 2014, Waksman et Gerretsen 1931).

Na rychlosti dekompozice se také svým způsobem může podílet poměr živin N/P rostlinné biomasy. Užívá se nejen jako indikátor omezení primární produkce, ale také určuje, zda přísun N a P do patogenů a rozkladačů je proporcionální vzhledem k jejich potřebám. Pokud se tento poměr živin liší od jejich potřeb, může dojít k redukci jejich růstu, míry konzumace potravy a také k snížení účinnosti, s níž využívají uhlík a ostatní živiny (Güsewell et Verhoeven 2006).

Dalším faktorem ovlivňující procesy dekompozice je dle Šantrůčkové (2014) poměr živin uhlíku a dusíku. Pokud je poměr C/N v půdě 25 (tzn. na 25 g C připadá 1 g N) jsou dekompoziční procesy v rovnováze. Při nižším poměru převládá proces mineralizace a dusík může být z půdy vplavován. Naopak při vyšším poměru je dusík imobilizován a rostliny tak mohou trpět jeho nedostatkem.

4. Metodika

4.1 Popis zájmového území

Všechny tři experimentální plochy se nachází v Jizerských horách, kde se dlouhodobý roční průměr srážek pohybuje kolem 830 mm, průměrná roční teplota je 7,2 °C a převládající proudění vzduchu má jihozápadní a severozápadní směr. Podloží hor je tvořené biotitickou žulou, na které se vytvořily kambizemě s pH(KCl) 5,45 a s obsahem organického uhlíku C 4,5%. Obsah dostupného P pro rostliny = 64 mg.kg⁻¹, obsah K = 95 mg.kg⁻¹ a dostupný obsah Mg = 92 mg.kg⁻¹.

4.2 Experiment Amerika

První experiment byl uskutečněn mezi lety 1993 a 1994 na experimentální pastvině, která se nachází v obci Krásná Studánka v části zvané Amerika (souřadnice 50°48'27" s. š., 15°1'54" v. d.).

Experiment začal na jaře v roce 1993 na podhorské pastvině a byly pro něho použity dva typy pastevních systémů – pastva rotační (R) a pastva kontinuální (K). Zvířata, která se na pastvině pásala, byla jalovice plemena český strakatý skot (obr. č. 1).

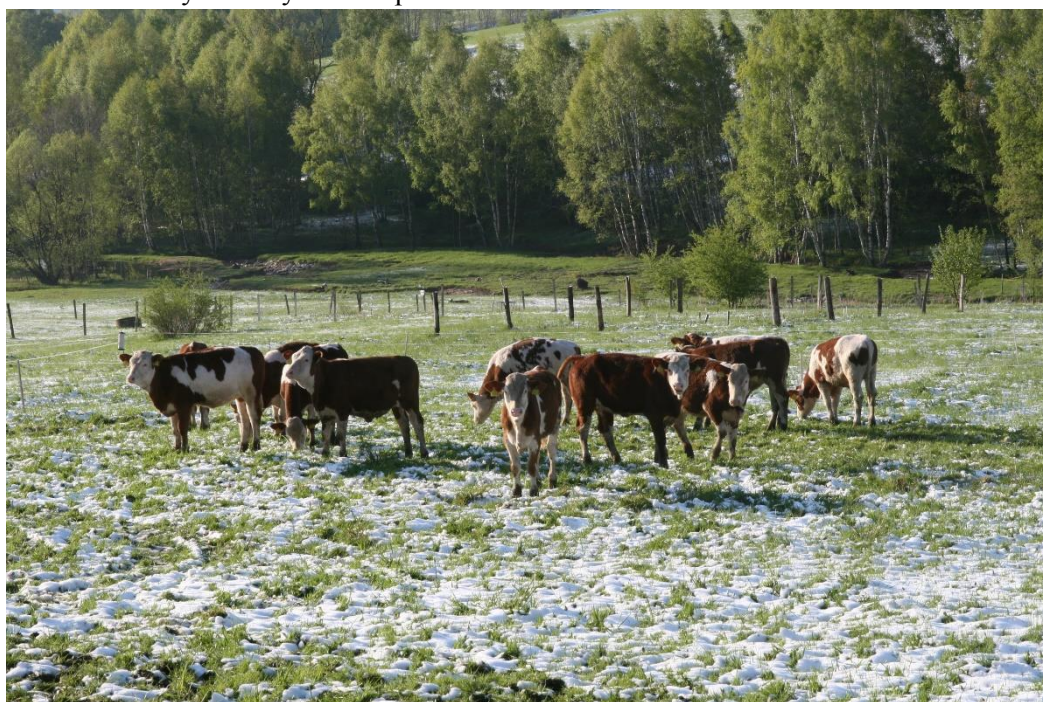
Pastvina byla rozdělena na dvě části (obr. č. 2). V první části probíhala kontinuální pastva (K) jalovic, což znamenalo, že na vyhrazené ploše 1ha se nepřetržitě páslo. Průměrná výška porostu 5 – 7,5 cm byla udržována díky velké pastevní ploše a možnosti přizpůsobení počtu kusů pasoucích se zvířat. V druhé části pastviny probíhala pastva rotační (R). Tato plocha byla rozdělena na dalších šest stejně velkých oplůtků o velikosti 0,166 ha. Vždy se páslo 4 – 6 jalovic, které byly do dalšího oplůtku vpuštěny po vypasení dané plošky na výšku porostu 7 cm. Pokud zvířata došla do posledního šestého oplůtku a vypásla ho, pustila se zpět do oplůtku prvního, kde po novém nárůstu píce se mohla opět začít pást. Výška porostu byla měřena metodou prvního kontaktu – „the first contact method“ (tzv. kolmé vpichy) v 0,2 m intervalech na zařízení vyrobeném ve výzkumné stanici v Liberci. U rotační pastvy se výška měřila 50 x (tj. 10 m transekt) napříč oplůtkem a to před začátkem spásání a po vypasení oplůtku. U pastvy kontinuální byl travní porost měřen 100 x a to dvakrát

týdně napříč vrchní spásanou částí pastviny (tj. 20 m transekt). Podle výšky porostu v K variantě byla plocha oplůtku regulována, aby bylo dosaženo cílené výšky.

V průběhu května 1993 byl z obou variant (R a K) nasbírán rostlinný opad a usušen při 60 °C. Z plastové sítě o velikosti ok 1mm byly vyrobeny obdélníkové sáčky tzv. „litter bags“ o rozměrech 10 x 15 cm, do kterých bylo umístěno 5 g sušiny opadu na 1 sáček. Sáčky byly poté nad kahanem zataveny. Do každé varianty se 24. 6. 1993 náhodně rozmístilo 24 sáčků se sušinou. Doba expozice sáčků byla stanovena na 3 (srpen), 6 (listopad), 12 (květen) a 24 (květen) měsíců a u každé doby expozice bylo 6 opakování. Sáčky byly uchyceny hřebíky v pásu 1,5 m a následně přikryty pletivem (0,2 x 1,5 m) o velikosti ok 10 cm. Toto opatření bylo nutné zvolit, aby byl zamezen přístup pasoucím se jalovicím.

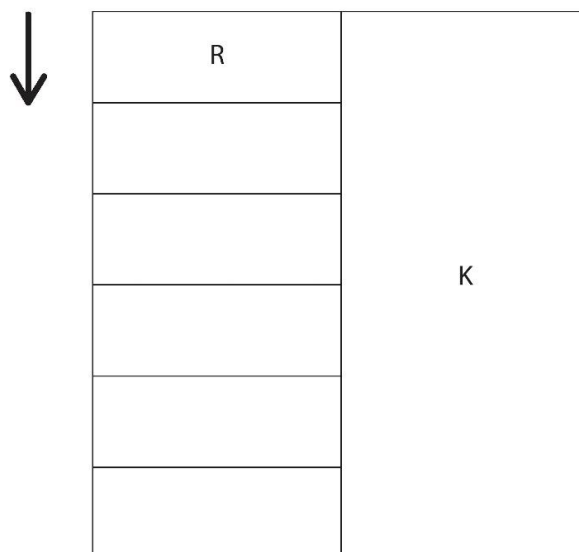
Po třech měsících expozice bylo z každé varianty odebráno vždy 6 sáčků. Obsah sáčků byl vybrán, usušen při 60°C a stanovila se hmotnost sušiny. Koncentrace uhlíku a dusíku ve zbylé sušině byla stanovena v akreditované laboratoři Botanického ústavu AVČR. Tento postup se aplikoval stejně při odběru po 6, 12 a 24 měsících. Po delší době expozice bylo nejdřív zapotřebí ze sáčků odstranit prorostlé části rostlin a propláchnout je vodou, aby byly odstraněny půdní částice.

Obr. č. 1: Český strakatý skot na pastvině



Autor: foto Vilém Pavlů

Obr. č. 2: Rozdělení experimentální pastviny na kontinuální (K) a rotační (R) pastvu



Autor: vlastní zpracování

4.3 Experiment Betlém

Druhý pokus byl proveden v letech 1999 – 2000 na druhově pestré experimentální pastvině, která se nachází na severozápadním svahu Jizerských hor na lokalitě Betlém. Tato lokalita se nachází u obce Oldřichov v Hájích v Libereckém kraji a experimentální pastvina patří Výzkumnému ústavu rostlinné výroby, v. v. i. V Praze. Obec Oldřichov leží v nadmořské výšce 420 m n. m. (zeměpisné souřadnice: 50°50'59" s. š., 15° 5'1" v. d.).

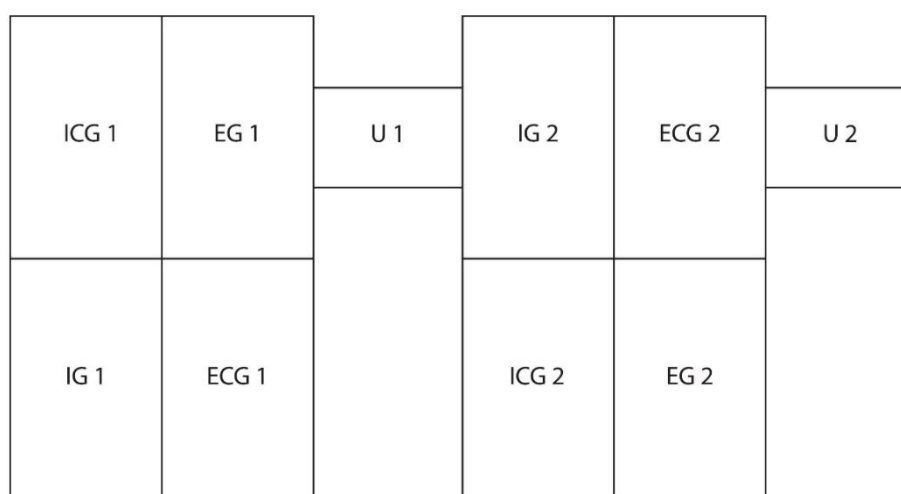
Pastvina byla rozdělena na 5 oplůtků s různou variantou obhospodařování ve dvou opakováních: pastva intenzivní (IG) – porost pouze spásán; seč a následná intenzivní pastva (ICG); pastva extenzivní (EG) – porost pouze spásán; seč a následná extenzivní pastva (ECG); varianta bez obhospodařování – úhor (U). Velikost jednotlivých oplůtků byla vždy kolem 0,35 ha. Velikost plochy bez obhospodařování byla 0,12 ha (obr. č. 3).

V IG variantě se vždy páslo 8 – 10 kusů jalovic, které byly rozdělené do dvou oplůtků (2 x 4 – 5 ks)(obr. č. 4). Průměrná výška travního porostu v těchto oplůtcích se udržovala ve výšce 5 cm. Pokud výška porostu byla naměřena nižší než 5 cm,

otevřely se pro jalovice oplůtky ICG. V EG variantě se páslo 4 – 6 kusů jalovic opět rozdělených do dvou oplůtků (2 x 2 – 3 ks). Výška porostu v těchto oplůtcích byla pastvou udržována na výšce 10 cm. Pokud výška porostu byla naměřena nižší než 10 cm, tak se jalovicím otevřely ECG oplůtky. Výška travního porostu byla každý týden měřena talířovým měřidlem („compressed sward height“).

V květnu 1999 byl z celé experimentální plochy ručně sesbírán rostlinný opad a následně usušen při 60° C. Do sáčků z plastové sítě s oky 1 mm a rozměrech 10 x 15 cm bylo umístěno 50g sušiny na 1 sáček a následně byly sáčky zataveny nad kahanem. Vzhledem k tomu, že se jednalo o neobhospodařovaný porost, docházelo k větší akumulaci stařiny, a proto se sáčky plnily 50 g sušiny. Do každého oplůtku se vložilo 16 sáčků s experimentální sušinou. Sáčky byly na pastvině přichyceny hřebíky a přikryty pletivem (0,2 x 1,5 m) o velikosti ok 10 cm, aby byl zamezen přístup pasoucím se jalovicím. Expozice sáčků byla stanovena na 3,6,12 a 24 měsíců. První odběr sáčků proběhl po 3 měsících (v srpnu). Z každého oplůtku se vyjmuly 4 sáčky, obsah byl usušen při 60° C a dále byla stanovena jeho hmotnost sušiny. Koncentrace uhlíku a dusíku ve zbylé sušině byla stanovena v akreditované laboratoři Botanického ústavu AVČR. Stejný postup se opakoval po 6 (v listopadu), 12 (v květnu) a 24 (v květnu) měsících.

Obr. č. 3: Rozdělení pastviny dle typu obhospodařování



Autor: vlastní zpracování

Obr. č. 4: Pastva jalovic v oplůtku



Autor: foto Vilém Pavlů

4.4 Experiment Mníšek

Třetí pokus byl založen v roce 2002 poblíž obce Mníšek u Liberce. Lokalita se nachází v podhůří Jizerských hor na mírném svahu s JV expozicí (zeměpisné souřadnice jsou 50°49'54" s. š. a 15°3'23" v. d.). Jednalo se o dlouhodobý managementový experiment na polopřirozeném travním porostu s dominancí kostřavy červené (*Festuca rubra*), kde bylo vybráno 6 variant s různým typem obhospodařování ve dvou opakováních (obr. č. 5), tj. varianta 1MS – mulčovaná v měsíci září; 1MJ – mulčovaná v měsíci červenci; U – neobhospodařovaná plocha; Ux2M plocha se střídáním úhoru a mulčování dvakrát ročně; 2M – dvakrát mulčovaná (v červnu, v srpnu); 3M – třikrát mulčovaná (v květnu, v červenci, v září). Rozměry sledovaných parcel v experimentu byly 3,7 x 10 m. Mulčování bylo prováděno pomocí neseného traktorového mulčovače UNI Maher UM 19.

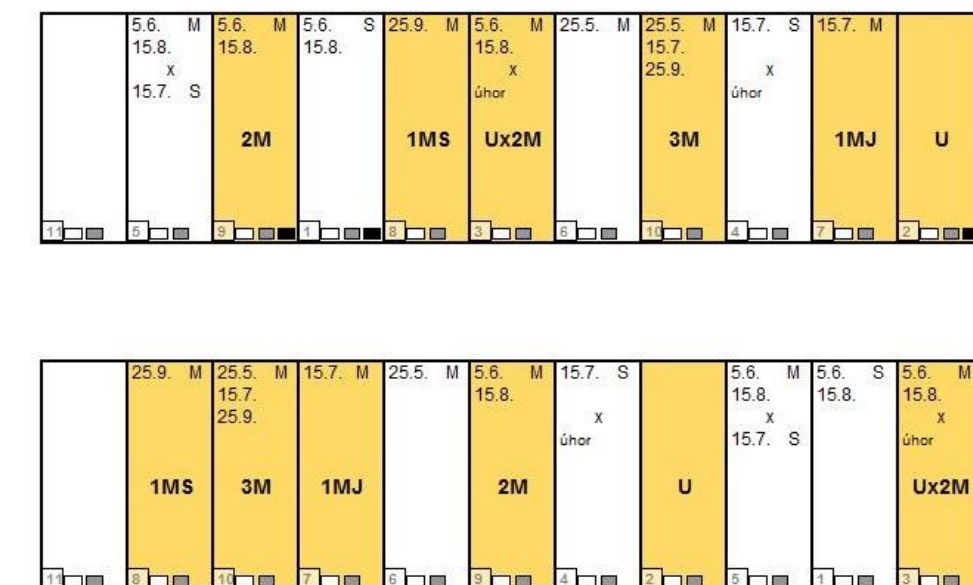
Pro testy rozkladu biomasy byly použity sáčky z plastové síťoviny s velikostí ok přibližně 1 mm a s rozměry 20 x 20 cm, do kterých byla umístěna usušená rostlinná biomasa s navázkou 10 g. Biomasa byla z porostu odebrána před mulčováním, usušena a rozstříhána nůžkami na délku fragmentů okolo 3 – 5 cm. U neobhospodařované varianty (U) byla v porostu odebírána na konci dubna nerozložená stařina (převážně

kostřavy červené), ta byla usušena a v celku s příslušnou navázkou 10 g umístěna do sáčků a sáčky byly přichyceny v rozích a uprostřed dlouhými ocelovými hřebíky k půdě pokud možno mezi trsy trav, aby byl zajištěn co nejtěsnější kontakt s půdou (obr. č. 6). Na mulčovaných variantách byly sáčky podobně umístěny na strniště po provedení mulčování.

Ve variantách s typem obhospodařování 1MS, 1MJ a U bylo rozmístěno v každém opakování vždy 9 sáčků s biomasou. U ploch s variantami 2M a Ux2M byla před každým mulčováním odebrána biomasa a těsně po mulčování se sáčky s testovanou biomasou ukotvily k půdě. V každé této ploše bylo tedy umístěno 18 sáčků. Podobně tomu bylo u varianty 3M. Před každým termínem mulčování, které proběhlo v květnu, červenci a září, byla odebrána z porostu biomasa, umístěna do sáčků, které byly následně připevněny k půdě. V každé této ploše bylo tedy 27 sáčků s rostlinnou biomasou.

Z každého opakování byly po 3 měsících rozkladu odebrány 3 sáčky s nerozloženou biomasou, která byla vyjmuta ze sáčků, očištěna od prorůstajících zelených částí rostlin, popř. dalších nečistot (např. půdy z výměšků žížal). Biomasa byla usušena a zvážena a z počáteční naváčky a hmotnosti po expozici v porostu byl vypočítán úbytek hmoty. Sáčky se již zpět na experimentální plochu nevracely. Stejný postup byl zopakován po 6 a 12 měsících, kdy se z každé plochy odebraly další 3 sáčky. Po stanovení rychlosti rozkladu rostlinné biomasy byly vzorky odeslány na chemickou analýzu, při které byly stanoveny koncentrace uhlíku a dusíku v akreditované laboratoři Botanického ústavu AVČR. Pro nedostatek financí nebyly koncentrace stanoveny pro variantu Ux2M, u které se daly předpokládat dosti podobné hodnoty jako u varianty 2M.

Obr. č. 5: Rozdělení experimentální louky na pokusné plochy – Mníšek



Autor: vlastní zpracování

Obr. č. 6: Rozmístění „litter bags“ na experimentální ploše



Autor: foto Jan Gaisler

4.5 Analýza C a N

Odebraný a vysušený vzorek biomasy umletý na velikost části $< 0,1\text{mm}$ se navázil do cínových lodiček (navážka 10-30 mg) a automatickým dávkovačem byl aplikován do spalovací trubice analyzátoru CHN Carlo Erba NC 2500. Vzorek se v tomto analyzátoru spálil v proudu čistého kyslíku při teplotě $1020\text{ }^{\circ}\text{C}$ za přítomnosti oxidu chromitého jako katalyzátoru. Tímto procesem vznikly oxidy uhlíku a dusíku a po průchodu spalovací trubicí byly vedeny redukčními trubicemi (Cu, 650°C) do separačních kolon, kde se oddělila voda a oxid uhličitý. Jako nosný plyn bylo použito pouze helium. Obsah separovaných plynů je stanoven vodivostním detektorem. Pro vyhodnocení signálu byl použit software Eager 200 fy CE Instruments.

4.6 Statistická analýza

Naměřená data byla vložena a upravena v programu MS Excel 2013. Byl proveden přepočítání hmotnosti biomasy na plochu ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$). Tento přepočítání byl proveden na základě znalosti velikosti sáčku, která byla u experimentu Amerika a Betlém $10 \times 15\text{ cm}$ a u Mníšku $20 \times 20\text{ cm}$.

Výsledná data byla zpracována programem STATISTICA 12.0. Byly použity dvě metody hodnocení. Jako první byla data testována pomocí faktoriální analýzy rozptylu s interakcemi tzv. ANOVOU (opakovaná měření). Tato analýza byla zvolena proto, že v datech zkoumáme závislost kontinuální proměnné „Hmotnost sušiny ve stařině ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)“ a „Hmotnost nerozložené biomasy ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)“ na několika nezávislých proměnných a to „Varianta“ (U,IG,EG, ICG,ECG,1MS,1MJ,2M1,2M2,3M1,3M2, 3M3, Ux2M, K, R) a na „Odběr (měsíce)“ (3,6,12,24). Další kontinuální proměnnou je pak koncentrace uhlíku „C (%)“ a koncentrace dusíku „N (%)“, závislá na nezávislých proměnných „Varianta“ a „Odběr (měsíce)“. Jako druhá analýza byla použita jednofaktorová analýza rozptylu, pomocí které se testovala závislost kontinuální proměnné „Hmotnost sušiny ve stařině ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)“ a „Hmotnost nerozložené biomasy ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)“ na nezávislé proměnné „Varianta“ pouze při posledním odběru (po 12 nebo 24 měsících v závislosti na experimentu). V případě zjištění statisticky významných rozdílů byl následně použit „post hoc comparison“ Tukey test na hladině významnosti $P < 0,05$.

4.7 Testované hypotézy

V závislosti s měřenými hodnotami jsou testovány tyto hypotézy H0:

- Patevní systém nemá vliv na rychlost dekompozice biomasy – hmotnost sušiny ve stařině, koncentraci uhlíku a dusíku
- Rozdílná intenzita pastvy nemá vliv na rychlost dekompozice biomasy – hmotnost sušiny ve stařině, koncentraci uhlíku a dusíku
- Rozdílná varianta mulčování nemá vliv na rychlost dekompozice biomasy – hmotnost nerozložené biomasy, koncentraci uhlíku a dusíku

4.8 Výsledky

4.8.1 Vliv pastevního systému na rozklad biomasy - Amerika (hmotnost sušiny ve stařině, koncentraci uhlíku, koncentraci dusíku)

Hmotnost sušiny ve stařině ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)

U obou typů pastevních systémů je výrazný pokles hmotnosti sušiny ve stařině po prvním odběru po 3 měsících (obr. č. 7). U obou variant došlo k poklesu hmotnosti z $340 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ na $150 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$. U pastvy kontinuální je mírně klesající trend i při dalších odběrech, kdy hmotnost mírně klesala. Nejnižší hodnoty pak dosahuje při odběru po 24 měsících $102 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$. U pastvy rotační došlo k nepatrnému zvýšení hmotnosti sušiny ve stařině při druhém odběru po 6 měsících a to přibližně o $2 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$. Při následujícím odběru po 12 měsících se hmotnost snížila stejně jako u pastvy kontinuální, ale při posledním odběru sušina z varianty R vážila cca $124 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, což je o $18 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ více než u varianty K.

Z výsledků faktoriální analýzy rozptylu s interakcemi byl prokázán statisticky významný vliv „Odběr (měsíce)“ na hmotnost sušiny ve stařině, ale byl velmi těsně zamítnut vliv pastevního systému neboli „Varianta“ na hmotnost sušiny ve stařině. Interakce mezi proměnnými „Varianta“ a „Odběr (měsíce)“ prokázána nebyla (tab. č. 1). Byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl v hmotnosti sušiny ve stařině ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) mezi kontinuální a rotační pastvou v posledním měsíci odběru (tab. č. 2, obr. č. 8).

Tab. č. 1: Výsledné výstupy ze statistické analýzy: závislost hmotnosti sušiny ve stařině na variantě, odběru a jejich případné interakci

Efekt	SS	Df	MS	F	p
Varianta	0,18	1	0,18	3,2	0,080
Odběr (měsíce)	85,83	4	21,46	387,0	<0,001
Varianta*Odběr (měsíce)	0,21	4	0,05	1,0	0,437

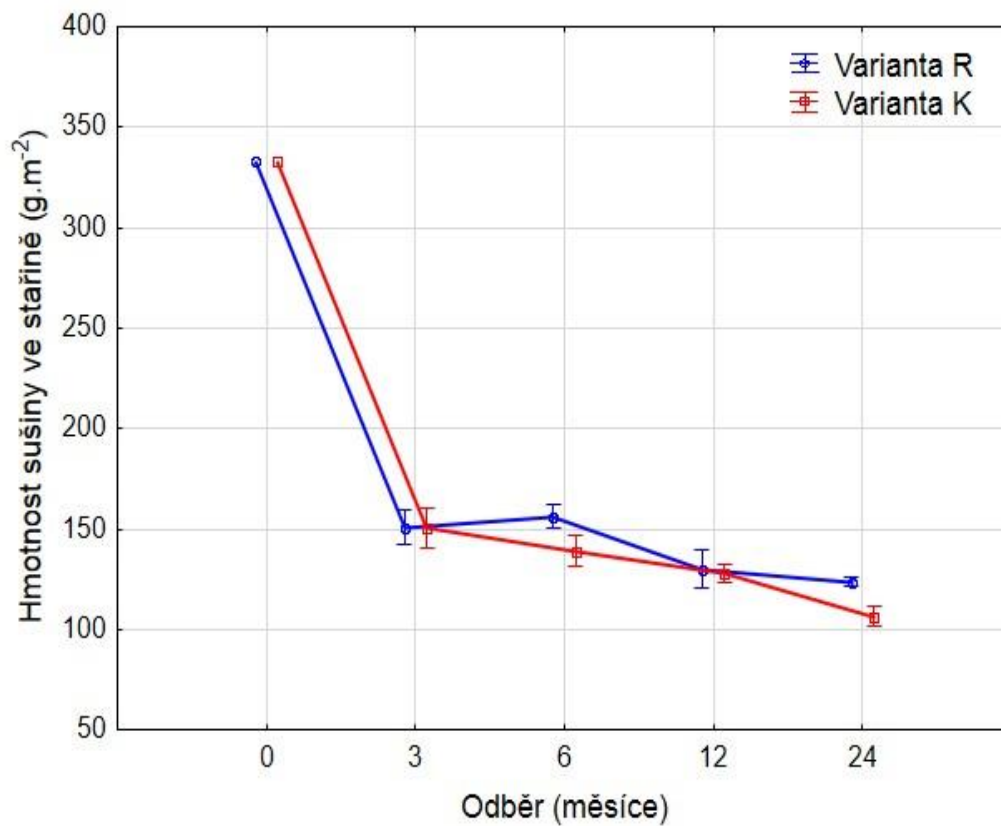
Varianta a odběr(měsíce) jsou nezávislé proměnné, na kterých je závislá hmotnost sušiny ve stařině; varianta*odběr(měsíce) je vyjádřena interakcemi mezi těmito proměnnými; SS = suma čtverců odchylek od průměru; Df = počet stupňů volnosti; MS = průměrná odchylka čtverců od průměru; F = hodnota F statistiky pro porovnání s tabulárními kritickými hodnotami; p = hladina významnosti testování

Tab. č. 2: Výsledný výstup ze statistické analýzy: závislost hmotnosti sušiny ve stařině na variantě v posledním měsíci oděru

Efekt	SS	Df	MS	F	p
Varianta	802,7	1	802,7	9,328	<0,014

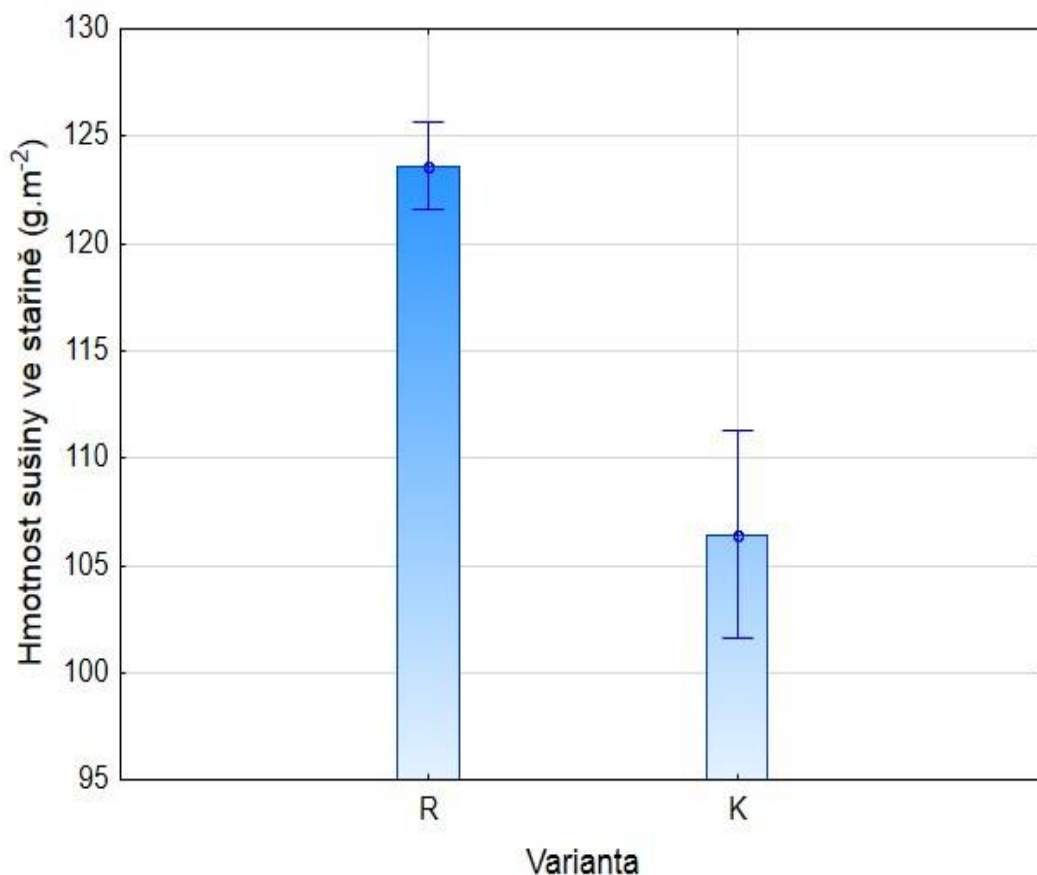
Varianta je nezávislá proměnná, na které je závislá hmotnost sušiny ve stařině; SS = suma čtverců odchylek od průměru; Df = počet stupňů volnosti; MS = průměrná odchylka čtverců od průměru; F = hodnota F statistiky pro porovnání s tabulárními kritickými hodnotami; p = hladina významnosti testování

Obr. č. 7: Graf závislosti hmotnosti sušiny ve stařině na odběru po určitých měsících a typu pastevního systému



Varianta R = rotační pastva; Varianta K = kontinuální pastva; chybové úsečky znamenají střední chybu průměru

Obr. č. 8: Graf závislosti hmotnosti sušiny ve stařině na typu pastevního systému v posledním měsíci odběru



Varianta R = rotační pastva; Varianta K = kontinuální pastva; chybové úsečky nad sloupci znamenají střední chybu průměru

Koncentrace uhlíku (%)

Průběh křivek obou variant má téměř totožný charakter. U obou variant došlo při každém odběru k výraznému poklesu koncentrace uhlíku ve stařině. Malý rozdíl je u varianty K, kde byla po prvním odběru zvýšená koncentrace uhlíku o 0,5 %. Při dalších odběrech koncentrace uhlíku prudce klesala a u obou variant se zastavila na 34,8 % při posledním odběru (obr. č. 9).

Z výsledků statistické analýzy nebyl prokázán vliv „Varianty“ na koncentraci uhlíku ve stařině, naopak je zde jasně prokazatelný vliv proměnné „Odběr (měsíce)“ na koncentraci. Vzájemná interakce mezi těmito proměnnými potvrzena nebyla

(tab. č. 3). Z výsledků druhé metody hodnocení se opět vliv varianty v posledním měsíci odběru na koncentraci uhlíku ve stařině nepotvrdil (tab. č. 4).

Tab. č. 3: Výsledné výstupy ze statistické analýzy: závislost koncentrace uhlíku ve stařině na variantě, odběru a jejich případné interakci

Efekt	SS	Df	MS	F	p
Varianta	3,7	1	3,65	1,10	0,300
Odběr (měsíce)	85,83	4	91,11	27,36	<0,001
Varianta*Odběr (měsíce)	0,21	4	0,76	0,23	0,922

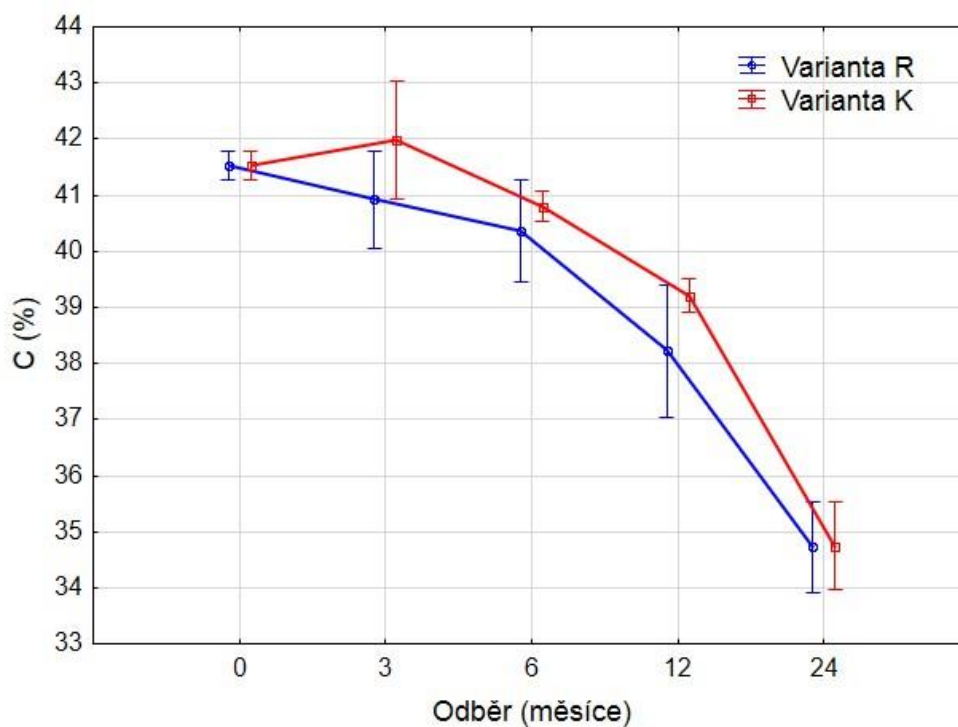
Varianta a odběr(měsíce) jsou nezávislé proměnné, na kterých je závislá koncentrace uhlíku ve stařině; varianta*odběr(měsíce) je vyjádřena interakcemi mezi těmito proměnnými; SS = suma čtverců odchylek od průměru; Df = počet stupňů volnosti; MS = průměrná odchylka čtverců od průměru; F = hodnota F statistiky pro porovnání s tabulárními kritickými hodnotami; p = hladina významnosti testování

Tab. č. 4: Výsledné výstupy ze statistické analýzy: závislost koncentrace uhlíku ve stařině na variantě v posledním měsíci odběru.

Efekt	SS	Df	MS	F	p
Varianta	0,001	1	0,001	0,000	0,984

Varianta je nezávislá proměnná, na které je závislá koncentrace uhlíku ve stařině; SS = suma čtverců odchylek od průměru; Df = počet stupňů volnosti; MS = průměrná odchylka čtverců od průměru; F = hodnota F statistiky pro porovnání s tabulárními kritickými hodnotami; p = hladina významnosti testování

Obr. č. 9: Graf závislosti koncentrace uhlíku ve stařině na odběru po určitých měsících a typu pastevního systému



Varianta R = rotační pastva; Varianta K = kontinuální pastva; chybové úsečky znamenají střední chybu průměru

Koncentrace dusíku (%)

U koncentrace dusíku je trend naprosto opačný, než tomu bylo v případě uhlíku. Při prvním odběru bylo zjištěno, že koncentrace dusíku ve stařině u obou variant rapidně stoupla a to z cca 1,48 % na 2,25 % u pastvy rotační a na 2,3 % u pastvy kontinuální (obr. č. 10). U druhého odběru po 6 měsících klesla u varianty K koncentrace o 0,25 % a u varianty R naopak se zvýšila o cca 0,1 %. Při odběru po 12 měsících měly obě varianty koncentrace téměř totožné a to 2,2 % a při posledním odběru koncentrace dusíku u varianty R mírně stoupla na 2,25 % a u varianty K mírně klesla na 2,15 %.

Ani v tomto případě nebyl prokázán vliv proměnné „Varianta“ na koncentraci dusíku. Byl opět prokázán vliv proměnné „Odběr (měsíce)“ na koncentraci dusíku ve stařině, ale vzájemná interakce mezi variantou a odběrem průkazně nevyšla (tab. č. 5).

Nebyl prokázán statistický významný vliv rotační a kontinuální pastvy na koncentraci dusíku ve stařině při posledním odběru (tab. č. 6).

Tab. č. 5: Výsledné výstupy ze statistické analýzy: závislost koncentrace dusíku ve stařině na variantě, odběru a jejich případné interakci

Efekt	SS	Df	MS	F	p
Varianta	0,051	1	0,051	1,90	0,174
Odběr (měsíce)	5,298	4	1,324	49,45	<0,001
Varianta*Odběr(měsíce)	0,218	4	0,055	2,04	0,103

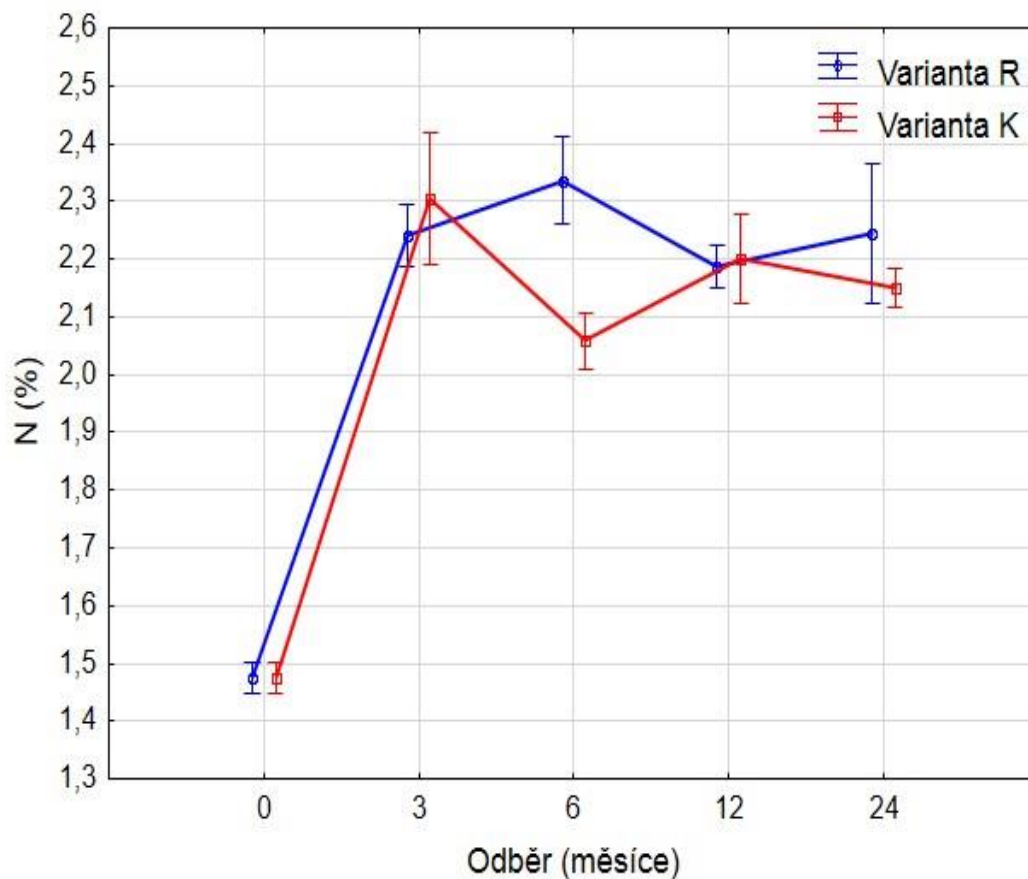
Varianta a odběr(měsíce) jsou nezávislé proměnné, na kterých je závislá koncentrace dusíku ve stařině; varianta*odběr(měsíce) je vyjádřena interakcemi mezi těmito proměnnými; SS = suma čtverců odchylek od průměru; Df = počet stupňů volnosti; MS = průměrná odchylka čtverců od průměru; F = hodnota F statistiky pro porovnání s tabulárními kritickými hodnotami; p = hladina významnosti testování

Tab. č. 6: Výsledné výstupy ze statistické analýzy: závislost koncentrace dusíku ve stařině na variantě v posledním měsíci odběru

Efekt	SS	Df	MS	F	p
Varianta	0,025	1	0,025	0,672	0,433

Varianta je nezávislá proměnná, na které je závislá koncentrace dusíku ve stařině; SS = suma čtverců odchylek od průměru; Df = počet stupňů volnosti; MS = průměrná odchylka čtverců od průměru; F = hodnota F statistiky pro porovnání s tabulárními kritickými hodnotami; p = hladina významnosti testování

Obr. č. 10: Graf závislosti koncentrace dusíku ve stařině na odběru po určitých měsících a typu pastevního systému



Varianta R = rotační pastva; Varianta K = kontinuální pastva; chybové úsečky znamenají střední chybu průměru

4.8.2 Vliv intenzity pastvy na rychlost dekompozice biomasy – Betlém (hmotnost sušiny ve stařině, koncentrace uhlíku, koncentrace dusíku)

Hmotnost sušiny ve stařině ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)

Jak je vidět z obrázku č. 11 všech pět variant kopíruje téměř stejnou křivku. U všech variant dochází k výraznému poklesu hmotnosti biomasy z $3\,400\ \text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ na cca $500\ \text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ po prvním odběru. V následných odběrech po 6 a 12 měsících dochází k pozvolnému ubývání hmotnosti u všech variant skoro stejně a nejnižší hodnota je naměřena při posledním odběru po 24 měsících a to přibližně $10\ \text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ opět u všech variant.

Z výsledků provedené statistické analýzy vyšel průkazný vliv obou proměnných „Varianta“ i „Odběr (měsíce)“ na hmotnost sušiny ve stařině a také se prokázal vliv jejich vzájemné interakce (tab. č. 7). V tomto případě byla opět použita i druhá metoda hodnocení - jednofaktorová anova, která prokázala, že intenzita pastvy nemá vliv na hmotnost sušiny ve stařině při posledním odběru (tab. č. 8).

Tab. č. 7: Výsledné výstupy ze statistické analýzy: závislost hmotnosti sušiny ve stařině na variantě, odběru a jejich případné interakci

Efekt	SS	Df	MS	F	p
Varianta	519E2	4	130E2	4,0	<0,004
Odběr(měsíce)	296E6	4	741E5	232E2	<0,001
Varianta*Odběr(měsíce)	884E2	16	5522	2,0	<0,046

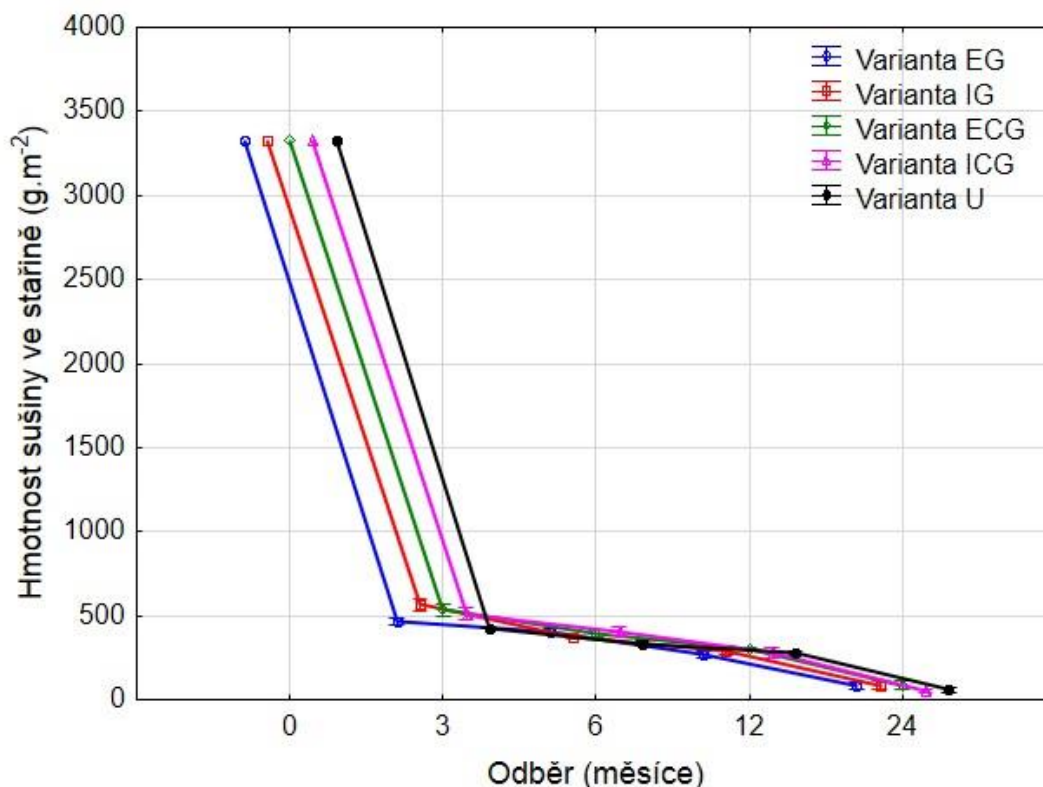
Varianta a odběr(měsíce) jsou nezávislé proměnné, na kterých je závislá hmotnost sušiny ve stařině; varianta*odběr(měsíce) je vyjádřena interakcemi mezi těmito proměnnými; SS = suma čtverců odchylek od průměru; Df = počet stupňů volnosti; MS = průměrná odchylka čtverců od průměru; F = hodnota F statistiky pro porovnání s tabulárními kritickými hodnotami; p = hladina významnosti testování

Tab. č. 8: Výsledný výstup ze statistické analýzy: závislost hmotnosti sušiny ve stařině na variantě v posledním měsíci odběru

Efekt	SS	Df	MS	F	p
Varianta	8441	4	2110	0,629	0,645

Varianta je nezávislá proměnná, na které je závislá hmotnost sušiny ve stařině; SS = suma čtverců odchylek od průměru; Df = počet stupňů volnosti; MS = průměrná odchylka čtverců od průměru; F = hodnota F statistiky pro porovnání s tabulárními kritickými hodnotami; p = hladina významnosti testování

Obř. ř. 11: Graf závislosti hmotnosti sušiny ve stařině na odběru po určitých měsících a intenzitě pastevního systému



Varianta EG = extenzivní pastva; varianta IG = intenzivní pastva; Varianta ECG = seř a následná extenzivní pastva; varianta ICG = seř a následná intenzivní pastva; varianta U = úhor; chybové úsečky znamenají střední chybu průměru

Koncentrace uhlíku (%)

Koncentrace uhlíku ve stařině téměř u všech variant po prvním odběru mírně klesla na rozmezí 36 – 37 %, výjimkou byla varianta EG, ve které se koncentrace nezměnila a u varianty U došlo k mírnému zvýšení koncentrace o více než 1 %. Při dalším odběru po 6 měsících koncentrace varianty U opět mírně stoupla na 42 %, u varianty EG došlo k poklesu na 36,4 %, ve variantě ICG zůstala koncentrace stejná jako po prvním odběru, ale u variant IG a ECG koncentrace uhlíku stoupla přibližně o 1 %. Po 12 měsících koncentrace v ECG variantě opět stoupla, stejně tak mírně stoupla u varianty EG, naopak tomu bylo u varianty ICG, u které koncentrace naopak prudce klesla na necelých 31 %. Stejně tak došlo k mírnému poklesu u varianty U a IG. Nejnižší koncentrace uhlíku byly zaznamenány při posledním odběru po 24 měsících

– u varianty ICG 28 %, u IG a ECG 32 %, u varianty EG 33 % a u varianty U 36 % (obr. č. 12).

Provedená statistická analýza potvrdila jasný vliv varianty na koncentraci uhlíku ve stařině (tab. č. 9). Dále byl prokázán vliv proměnné „Odběr (měsíce)“, avšak vzájemná interakce mezi variantou a odběrem prokázána nebyla. I zde byla provedena druhá metoda hodnocení a touto analýzou byl vliv varianty na koncentraci uhlíku v posledním odběru zamítnut (tab. č. 10).

Tab. č. 9: Výsledné výstupy ze statistické analýzy: závislost koncentrace uhlíku ve stařině na variantě, odběru a jejich případné interakci

Efekt	SS	Df	MS	F	p
Varianta	631,0	4	157,7	7,56	<0,001
Odběr (měsíce)	1394	4	348,4	16,70	<0,001
Varianta*Odběr(měsíce)	490,0	16	30,6	1,47	0,116

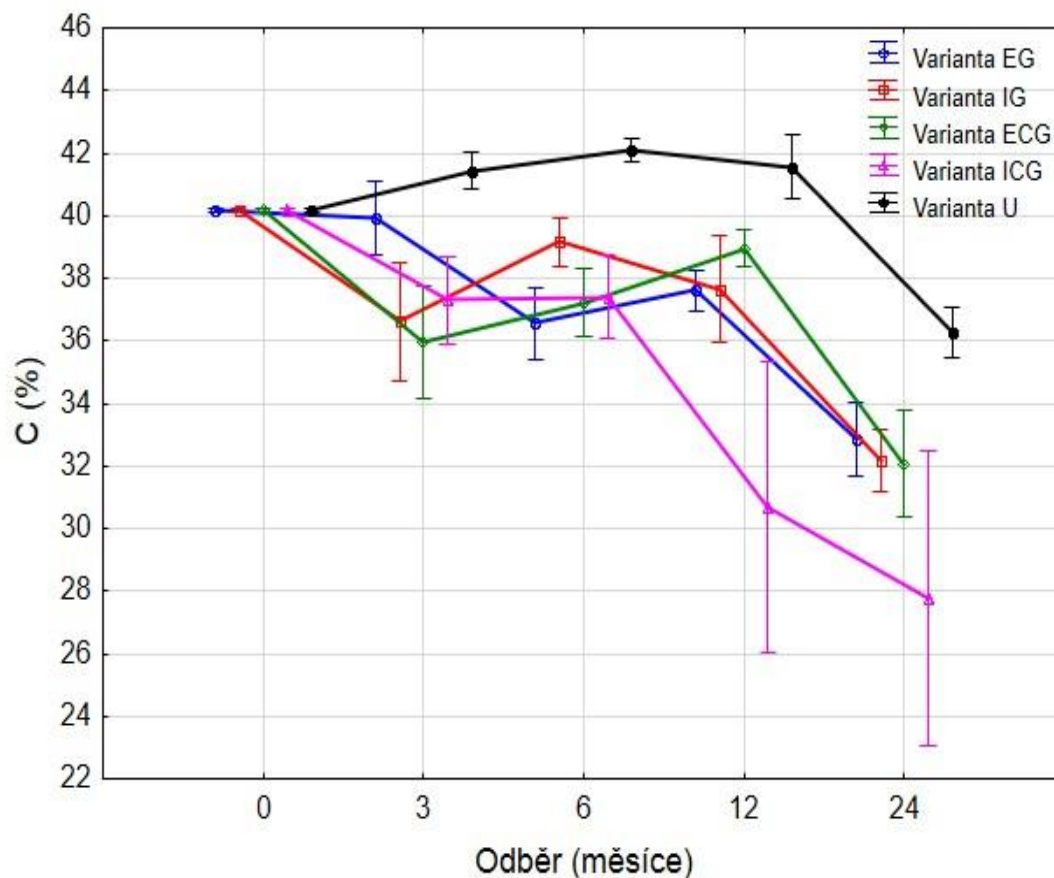
Varianta a odběr(měsíce) jsou nezávislé proměnné, na kterých je závislá koncentrace uhlíku ve stařině; varianta*odběr(měsíce) je vyjádřena interakcemi mezi těmito proměnnými; SS = suma čtverců odchylek od průměru; Df = počet stupňů volnosti; MS = průměrná odchylka čtverců od průměru; F = hodnota F statistiky pro porovnání s tabulárními kritickými hodnotami; p = hladina významnosti testování

Tab. č. 10: Výsledný výstup ze statistické analýzy: závislost koncentrace uhlíku ve stařině na variantě v posledním měsíci odběru

Efekt	SS	Df	MS	F	p
Varianta	255,9	4	63,98	1,676	0,179

Varianta je nezávislá proměnná, na které je závislá koncentrace uhlíku ve stařině; SS = suma čtverců odchylek od průměru; Df = počet stupňů volnosti; MS = průměrná odchylka čtverců od průměru; F = hodnota F statistiky pro porovnání s tabulárními kritickými hodnotami; p = hladina významnosti testování

Obr. č. 12: Graf závislosti koncentrace uhlíku ve stařině na odběru po určitých měsících a intenzitě pastevního systému



Varianta EG = extenzivní pastva; varianta IG = intenzivní pastva; varianta ECG = seč a následná extenzivní pastva; varianta ICG = seč a následná intenzivní pastva; varianta U = úhor; chybové úsečky znamenají střední chybu průměru

Koncentrace dusíku (%)

Koncentrace dusíku ve stařině se u většin variant po prvních 3 měsících odběru zvýšila (obr. č. 13). Největší nárůst byl zaznamenán u varianty EG, kde se koncentrace zvýšila o 0,4 %. Výjimkou je varianta IG, u které koncentrace dusíku klesla z počátečních 1,7 % na 1,61 %. Po 6 měsících se koncentrace u všech variant mírně zvýšila až na EG variantu, kde koncentrace prudce klesla na 1,7 %. V následujícím odběru po 12 měsících došlo opět k vzrůstu a koncentrace se pohybovala od 1,77 do 1,91 %. Při tomto odběru je výjimkou varianta IG, která zaznamenala pokles o 0,1 %. Při posledním odběru všechny varianty dosáhly nejvyšších koncentrací dusíku až na

variantu U, u které došlo k prudkému poklesu a na variantu IG, u které se koncentrace od předposledního měření téměř nezměnila.

Z výsledků statistické analýzy byl potvrzen vliv varianty na koncentraci dusíku ve stařině. Dále byl potvrzen vliv odběru a také vzájemná interakce mezi těmito proměnnými má vliv na koncentraci dusíku ve stařině (tab. č. 9). Statisticky průkazný rozdíl mezi intenzitou pastvy při posledním odběru prokázán nebyl (tab. č. 10).

Tab. č. 9: Výsledné výstupy ze statistické analýzy: závislost koncentrace dusíku ve stařině na variantě, odběru a jejich případné interakci

Efekt	SS	Df	MS	F	p
Varianta	0,952	4	0,238	6,681	<0,001
Odběr (měsíce)	0,906	4	0,226	6,358	<0,001
Varianta*Odběr(měsíce)	1,783	16	0,111	3,128	<0,001

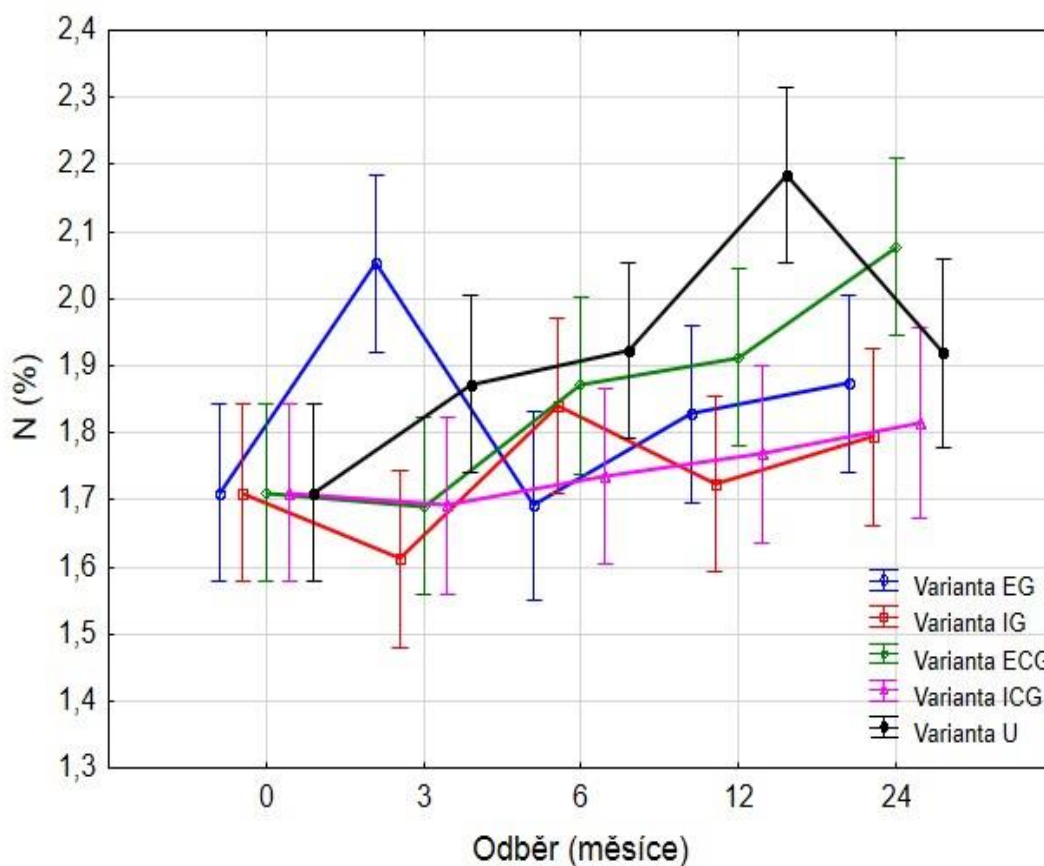
Varianta a odběr(měsíce) jsou nezávislé proměnné, na kterých je závislá koncentrace dusíku ve stařině; varianta*odběr(měsíce) je vyjádřena interakcemi mezi těmito proměnnými; SS = suma čtverců odchylek od průměru; Df = počet stupňů volnosti; MS = průměrná odchylka čtverců od průměru; F = hodnota F statistiky pro porovnání s tabulárními kritickými hodnotami; p = hladina významnosti testování

Tab. č. 10: Výsledný výstup ze statistické analýzy: závislost koncentrace dusíku ve stařině na variantě v posledním měsíci odběru

Efekt	SS	Df	MS	F	p
Varianta	0,398	4	0,100	1,162	0,345

Varianta je nezávislá proměnná, na které je závislá koncentrace dusíku ve stařině; SS = suma čtverců odchylek od průměru; Df = počet stupňů volnosti; MS = průměrná odchylka čtverců od průměru; F = hodnota F statistiky pro porovnání s tabulárními kritickými hodnotami; p = hladina významnosti testování

Obr. č. 13: Graf závislosti koncentrace dusíku ve stařině na odběru po určitých měsících a intenzitě pastevního systému



Varianta EG = extenzivní pastva; varianta IG = intenzivní pastva; Varianta ECG = seč a následná extenzivní pastva; varianta ICG = seč a následná intenzivní pastva; varianta U = úhor; chybové úsečky znamenají střední chybu průměru

4.8.3 Vliv rozdílné varianty mulčování na rychlost dekompozice biomasy – Mníšek (hmotnost nerozložené biomasy, koncentraci uhlíku, koncentraci dusíku)

Hmotnost nerozložené biomasy ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)

Jak lze vidět z obr. č. 14 u všech variant mulčování došlo k rapidnímu poklesu hmotnosti nerozložené biomasy (v sušině) po prvních třech měsících. Při tomto odběru nejvíce nerozložené hmoty bylo zjištěno u varianty U $150 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ a IMS $149 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$. Naopak nejmíň hmotnosti měla sušina z varianty 3M1 a 3M2 přibližně $49 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$. U

ostatních variant se hmotnost sušiny pohybovala v rozmezí 60 – 110 g.m⁻². Při dalším odběru po 6 měsících u všech variant hmotnost mírně klesla. Nejnižší hmotnosti u všech variant byly zaznamenány u posledního odběru po 12 měsících. Nejvyšší hmotnost měly vzorky z varianty 3M1 a 3M2 a to 24 – 29 g.m⁻². Největší hmotnost sušiny při tomto odběru byla navážena u vzorků z variant U a 1MS – 105 a 99 g.m⁻².

Z výsledků provedené statistické analýzy byl prokázán vliv obou proměnných „Varianta“ i „Odběr (měsíce)“, stejně tak byl prokázán i vliv vzájemné interakce mezi těmito proměnnými na hmotnost biomasy (tab. č. 11). Byl prokázán vliv varianty na hmotnost nerozložené biomasy při posledním odběru (tab. č. 12, obr. č. 15).

Tab. č. 11: Výsledný výstup ze statistické analýzy: závislost hmotnosti nerozložené biomasy na variantě, odběru a jejich případné interakci

Efekt	SS	Df	MS	F	p
Varianta	208,0	8	26,0	124	<0,001
Odběr (měsíce)	2083,0	3	694,3	3307,0	<0,001
Varianta*Odběr(měsíce)	86,0	24	3,6	17,0	<0,000

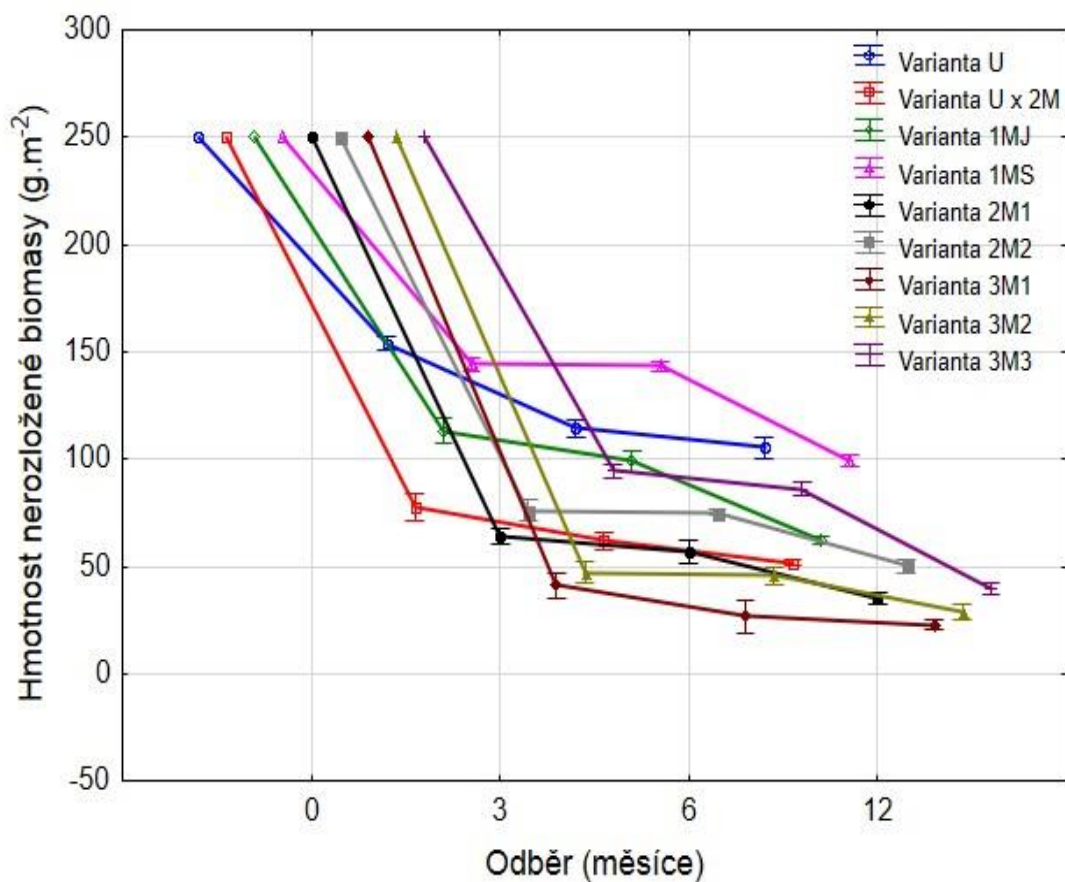
Varianta a odběr(měsíce) jsou nezávislé proměnné, na kterých je závislá hmotnost nerozložené biomasy; varianta*odběr(měsíce) je vyjádřena interakcemi mezi těmito proměnnými; SS = suma čtverců odchylek od průměru; Df = počet stupňů volnosti; MS = průměrná odchylka čtverců od průměru; F = hodnota F statistiky pro porovnání s tabulárními kritickými hodnotami; p = hladina významnosti testování

Tab. č. 12: Výsledný výstup ze statistické analýzy: závislost hmotnosti nerozložené biomasy na variantě v posledním měsíci odběru

Efekt	SS	Df	MS	F	p
Varianta	417E2	8	5218	101,8	<0,001

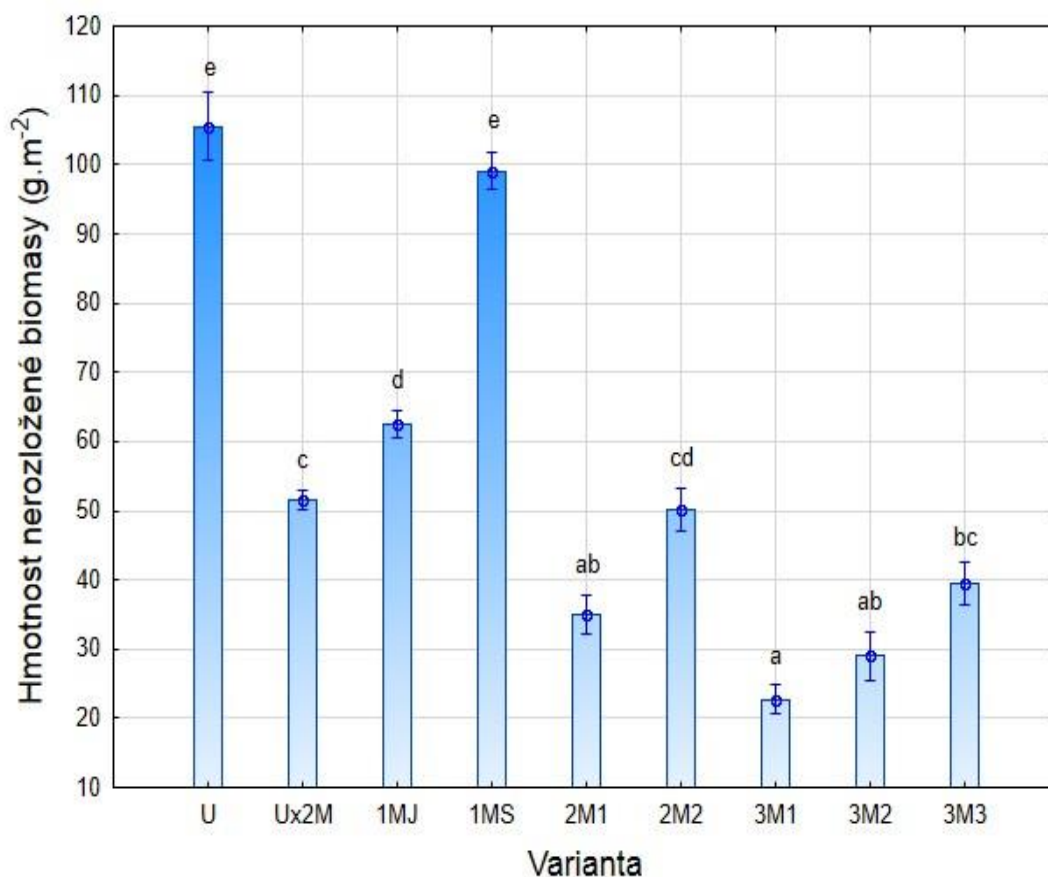
Varianta je nezávislá proměnná, na které je závislá hmotnost nerozložené biomasy; SS = suma čtverců odchylek od průměru; Df = počet stupňů volnosti; MS = průměrná odchylka čtverců od průměru; F = hodnota F statistiky pro porovnání s tabulárními kritickými hodnotami; p = hladina významnosti testování

Obr. č. 14: Graf závislosti hmotnosti nerozložené biomasy na odběru po určitých měsících a variantě mulčování



Varianta U = úhor; varianta Ux2M = střídání úhoru a mulčování 2x ročně; 1MJ = 1x ročně mulčovaná plocha v červenci; 1MS = 1x ročně mulčovaná plocha v srpnu; 2M1 = 2x ročně mulčovaná plocha – 1.mulč(červen); 2M2 = 2x ročně mulčovaná plocha – 2.mulč(srpen); 3M1 = 3x ročně mulčovaná plocha – 1.mulč (květen); 3M2 = 3x ročně mulčovaná plocha – 2.mulč(červenec); 3M3 = 3x ročně mulčovaná plocha – 3.mulč(září); chybové úsečky znamenají střední chybu průměru

Obr. č. 15: Graf závislosti hmotnosti nerozložené biomasy na variantě mulčování v posledním měsíci odběru



Varianta U = úhor; varianta Ux2M = střídání úhoru a mulčování 2x ročně; 1MJ = 1x ročně mulčovaná plocha v červenci; 1MS = 1x ročně mulčovaná plocha v srpnu; 2M1 = 2x ročně mulčovaná plocha – 1.mulč(červen); 2M2 = 2x ročně mulčovaná plocha – 2.mulč(srpen); 3M1 = 3x ročně mulčovaná plocha – 1.mulč (květen); 3M2 = 3x ročně mulčovaná plocha – 2.mulč(červenec); 3M3 = 3x ročně mulčovaná plocha – 3.mulč(září); chybové úsečky nad sloupci znamenají střední chybu průměru; stejná malá latinská písmena nad sloupci znamenají statisticky neprůkazný rozdíl $P < 0.05$ na základě Tukey testu

Koncentrace uhlíku (%)

Při odběru po třech měsících byl očekáván pokles koncentrace uhlíku, což se u většiny variant potvrdilo dle obr. č. 16. Výjimkami byly varianty 1MJ a 1MS, u kterých došlo k poměrně vysokému zvýšení koncentrace, u 1MS o 9 % a 1MS o 3 %. Koncentrace uhlíku u ostatních variant se snížila o 1 – 2 %. Při druhém odběru došlo

u varianty 2M1, 3M1 a 3M2 opět k poklesu koncentrace uhlíku v nerozložené biomase. U 2M1 klesla na 41 %, u 3M2 na 38 % a u 3M1 na 35,2 %. U variant U, 3M3 a 2M2 došlo k mírnému zvýšení o 1 – 2 %. K výraznějšímu nárůstu koncentrace došlo u varianty 1MJ na 50 % a 1MS na necelých 55 %. V posledním odběru po 12 měsících byly naměřeny nejnižší koncentrace u všech variant. Nejnižší koncentraci uhlíku byla zaznamenána u varianty 3M1 a to 34 % a nejvyšší koncentraci měla varianta 1MJ a to 42,5 %.

Z výsledků provedené statistické analýzy byl prokázán vliv proměnné „Varianta“ na koncentraci uhlíku, také se potvrdil vliv „Odběr (měsíce)“ a stejně tak vzájemná interakce mezi oběma proměnnými ovlivnila koncentraci uhlíku v biomase (tab. č. 13). Byl také prokázán vliv typu mulčování na hmotnost nerozložené biomasy v sušině při posledním odběru (tab. č. 14, obr. č. 17)

Tab. č. 13: Výsledný výstup ze statistické analýzy: závislost koncentrace uhlíku v nerozložené biomase na variantě, odběru a jejich případné interakci

Efekt	SS	Df	MS	F	p
Varianta	1813,0	7	259,0	119,6	<0,001
Odběr (měsíce)	231,0	3	77,1	77,1	<0,001
Varianta*Odběr(měsíce)	1104,0	21	52,6	52,6	<0,001

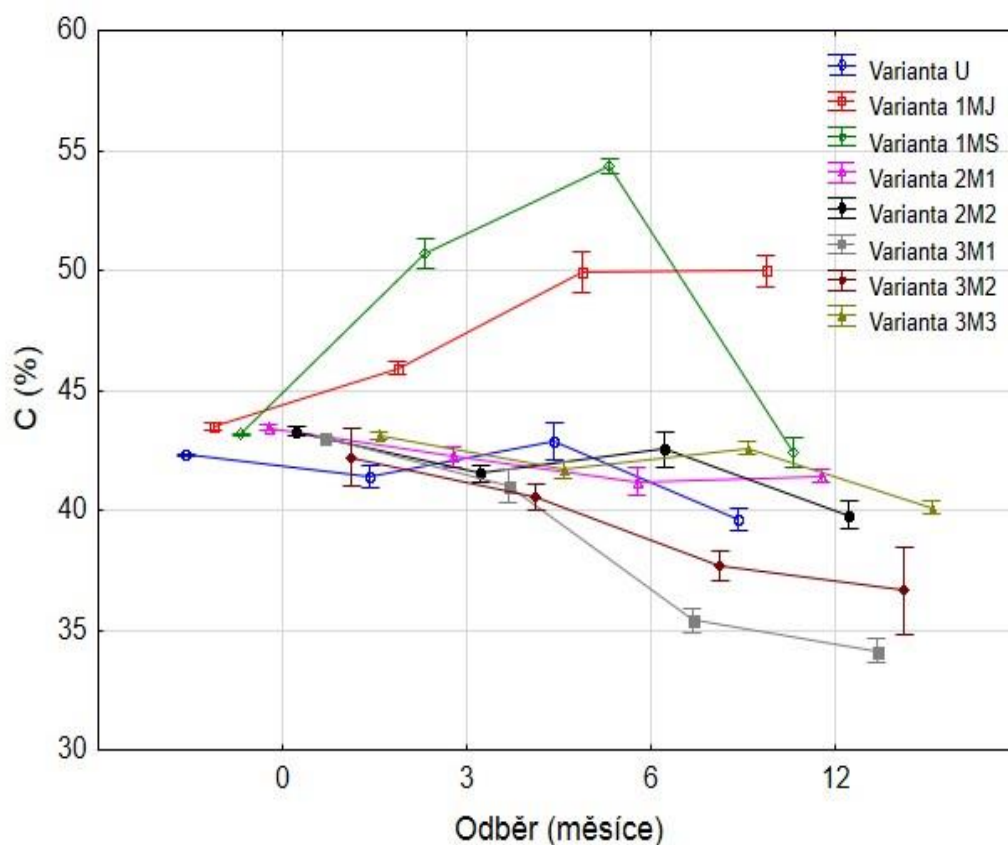
Varianta a odběr(měsíce) jsou nezávislé proměnné, na kterých je závislá koncentrace uhlíku v nerozložené biomase; varianta*odběr(měsíce) je vyjádřena interakcemi mezi těmito proměnnými; SS = suma čtverců odchylek od průměru; Df = počet stupňů volnosti; MS = průměrná odchylka čtverců od průměru; F = hodnota F statistiky pro porovnání s tabulárními kritickými hodnotami; p = hladina významnosti testování

Tab. č. 14: Výsledný výstup ze statistické analýzy: závislost koncentrace uhlíku v nerozložené biomase na variantě v posledním měsíci odběru

Efekt	SS	Df	MS	F	p
Varianta	776,5	7	110,9	27,93	<0,001

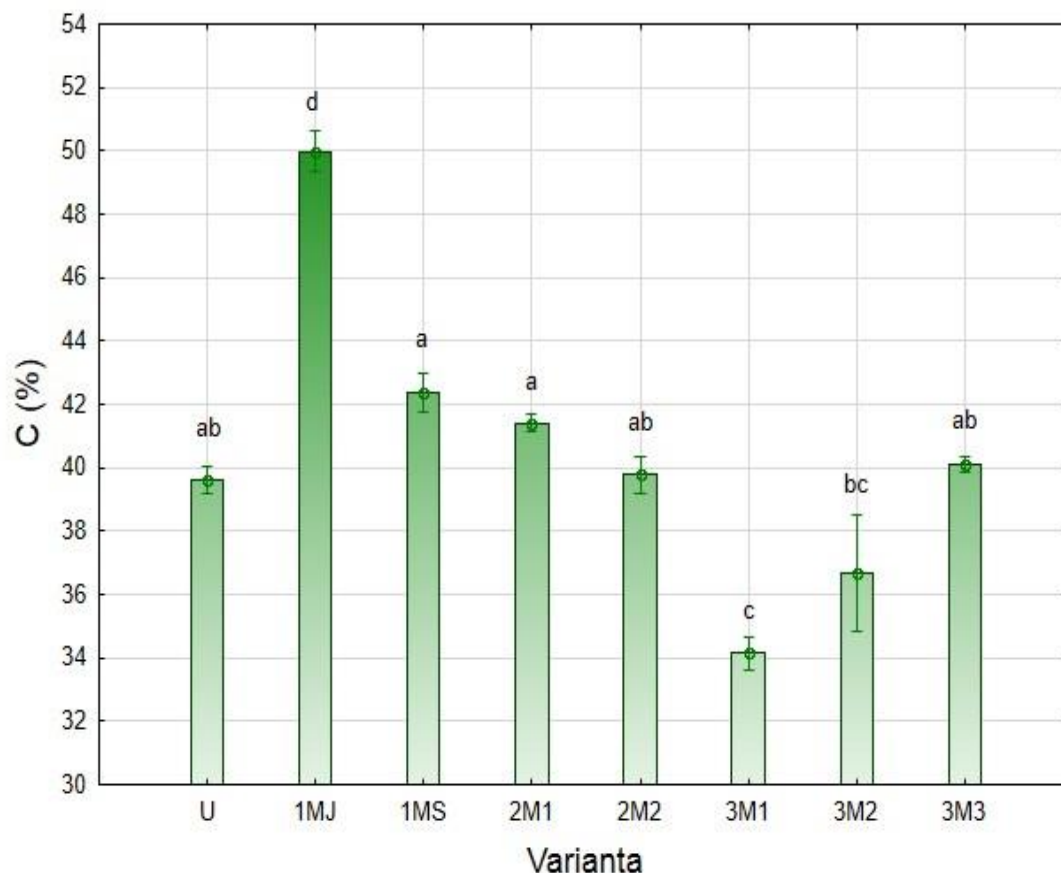
Varianta je nezávislá proměnná, na které je závislá koncentrace uhlíku v nerozložené biomase; SS = suma čtverců odchylek od průměru; Df = počet stupňů volnosti; MS = průměrná odchylka čtverců od průměru; F = hodnota F statistiky pro porovnání s tabulárními kritickými hodnotami; p = hladina významnosti testování

Obr. č. 16: Graf závislosti koncentrace uhlíku v nerozložené biomase na odběru po určitých měsících a variantě mulčování



Varianta U = úhor; varianta Ux2M = střídání úhoru a mulčování 2x ročně; 1MJ = 1x ročně mulčovaná plocha v červenci; 1MS = 1x ročně mulčovaná plocha v srpnu; 2M1 = 2x ročně mulčovaná plocha – 1.mulč(červen); 2M2 = 2x ročně mulčovaná plocha – 2.mulč(srpen); 3M1 = 3x ročně mulčovaná plocha – 1.mulč (květen); 3M2 = 3x ročně mulčovaná plocha – 2.mulč(červenec); 3M3 = 3x ročně mulčovaná plocha – 3.mulč(září); chybové úsečky znamenají střední chybu průměru

Obr. č. 17: Graf závislosti koncentrace uhlíku v nerozložené biomase na variantě mulčování v posledním měsíci odběru



Varianta U = úhor; varianta Ux2M = střídání úhoru a mulčování 2x ročně; 1MJ = 1x ročně mulčovaná plocha v červenci; 1MS = 1x ročně mulčovaná plocha v srpnu; 2M1 = 2x ročně mulčovaná plocha – 1.mulč(červen); 2M2 = 2x ročně mulčovaná plocha – 2.mulč(srpen); 3M1 = 3x ročně mulčovaná plocha – 1.mulč (květen); 3M2 = 3x ročně mulčovaná plocha – 2.mulč(červenec); 3M3 = 3x ročně mulčovaná plocha – 3.mulč(září); chybové úsečky nad sloupci znamenají střední chybu průměru; stejná malá latinská písmena nad sloupci znamenají statisticky neprůkazný rozdíl $P < 0.05$ na základě Tukey testu

Koncentrace dusíku (%)

Počáteční koncentrace dusíku v biomase u jednotlivých variant byly rozdílné (obr. č. 18). Vzorek s nejnižší koncentrací dusíku byl ve variantě 1MJ 1,2 %, dále vzorek ve variantě 2M1 1,4 % a vzorek ve variantě U necelých 1,6 %. U ostatních vzorků z variant 1MS, 2M2, 3M1, 3M2 a 3M3 byla stanovena koncentrace mezi 1,9 a cca 2,2 %. Po prvních třech měsících odběru byl téměř u všech variant zjištěn nárůst

koncentrace dusíku mimo varianty 2M2, u které koncentrace nepatrně klesla o 0,05 %. Při následném odběru po 6 měsících byl opět zaznamenán trend zvýšení koncentrace dusíku u všech variant v rozmezí 0,2 – 1 %. Výjimkami jsou varianty 2M1, 3M1 a 3M2, u kterých naopak došlo k mírnému poklesu koncentrace dusíku. Při posledním odběru po 12 měsících bylo u všech variant až na variantu 3M1, u které pokles koncentrace pokračoval až na 1,95 %, zaznamenáno zvýšení koncentrace dusíku. Nejvyšší koncentrace byla ve variantě U 2,7 %, dále u varianty 3M3 skoro 2,6 % a 2M2 2,5 %. Ačkoli u varianty 2M1 došlo v posledním měsíci k mírnému nárůstu, i tak vzorek z této varianty měl koncentraci dusíku nejnižší a to 1,87 %.

Provedením statistické analýzy byl potvrzen vliv proměnných „Varianta“ a „Odběr (měsíce)“ na koncentraci dusíku v nerozložené biomase a stejně tak byl potvrzen i vliv vzájemné interakce těchto proměnných (tab. č. 15). I zde byl prokázán vliv různého termínu mulčování na koncentraci dusíku v nerozložené biomase (tab. č. 16, obr. č. 19).

Tab. č. 15: Výsledný výstup ze statistické analýzy: závislost koncentrace dusíku v nerozložené biomase na variantě, odběru a jejich případné interakci

Efekt	SS	Df	MS	F	p
Varianta	6,495	7	0,928	53,90	<0,001
Odběr (měsíce)	4,187	3	1,396	81,07	<0,001
Varianta*Odběr(měsíce)	5,573	21	0,265	15,42	<0,001

Varianta a odběr(měsíce) jsou nezávislé proměnné, na kterých je závislá koncentrace dusíku v nerozložené biomase; varianta*odběr(měsíce) je vyjádřená interakcemi mezi těmito proměnnými; SS = suma čtverců odchylek od průměru; Df = počet stupňů volnosti; MS = průměrná odchylka čtverců od průměru; F = hodnota F statistiky pro porovnání s tabulárními kritickými hodnotami; p = hladina významnosti testování

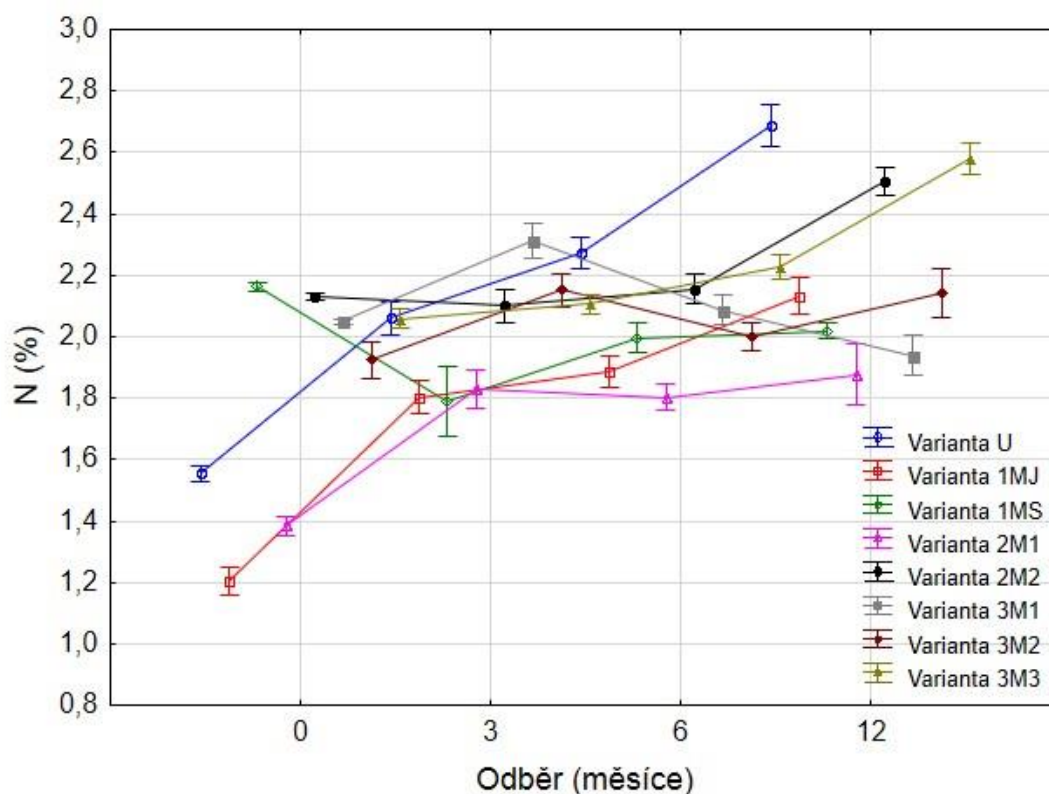
..

Tab. č. 16: Výsledný výstup ze statistické analýzy: závislost koncentrace dusíku v nerozložené biomase na variantě v posledním měsíci odběru

Efekt	SS	Df	MS	F	p
Varianta	3,798	7	0,543	21,53	<0,001

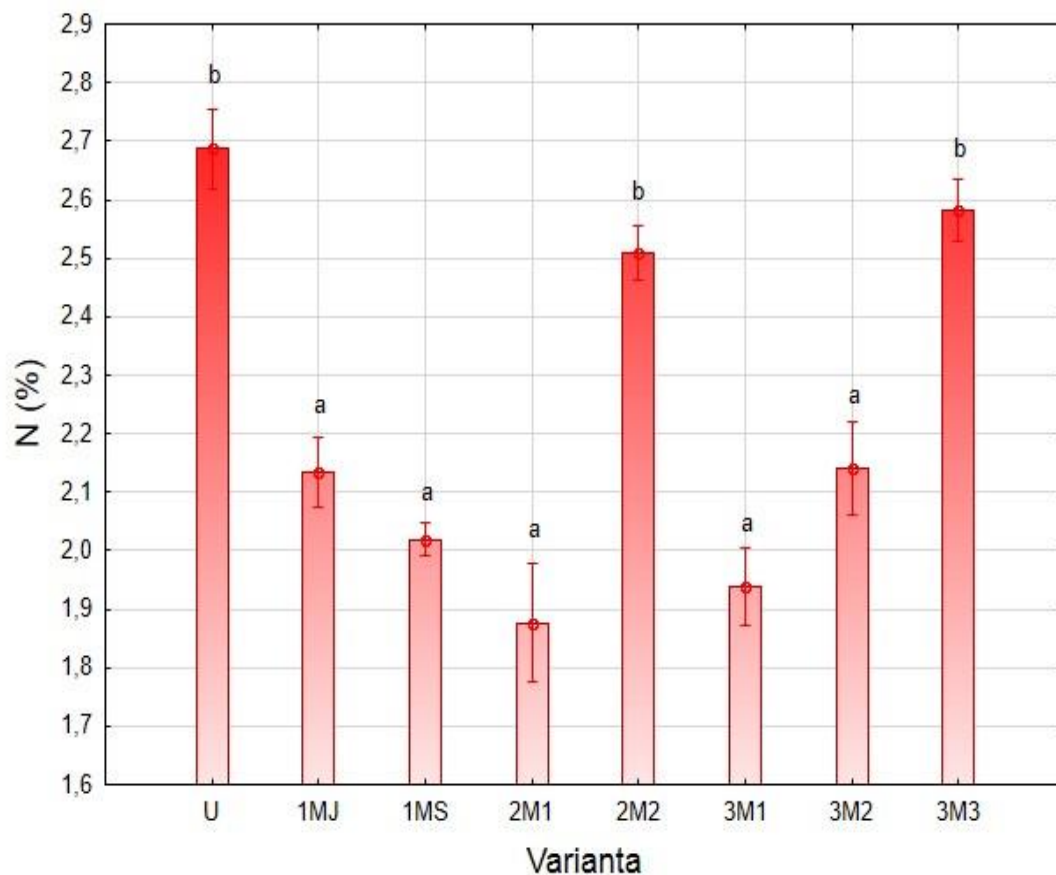
Varianta je nezávislá proměnná, na které je závislá koncentrace dusíku v nerozložené biomase; SS = suma čtverců odchylek od průměru; Df = počet stupňů volnosti; MS = průměrná odchylka čtverců od průměru; F = hodnota F statistiky pro porovnání s tabulárními kritickými hodnotami; p = hladina významnosti testování

Obr. č. 18: Graf závislosti koncentrace dusíku v nerozložené biomase na odběru po určitých měsících a variantě mulčování



Varianta U = úhor; varianta Ux2M = střídání úhoru a mulčování 2x ročně; 1MJ = 1x ročně mulčovaná plocha v červenci; 1MS = 1x ročně mulčovaná plocha v srpnu; 2M1 = 2x ročně mulčovaná plocha – 1.mulč(červen); 2M2 = 2x ročně mulčovaná plocha – 2.mulč(srpen); 3M1 = 3x ročně mulčovaná plocha – 1.mulč (květen); 3M2 = 3x ročně mulčovaná plocha – 2.mulč(červenec); 3M3 = 3x ročně mulčovaná plocha – 3.mulč(září); chybové úsečky znamenají střední chybu průměru

Obr. č. 19: Graf závislosti koncentrace dusíku v nerozložené biomase na variantě mulčování v posledním měsíci odběru



Varianta U = úhor; varianta Ux2M = střídání úhoru a mulčování 2x ročně; 1MJ = 1x ročně mulčovaná plocha v červenci; 1MS = 1x ročně mulčovaná plocha v srpnu; 2M1 = 2x ročně mulčovaná plocha – 1.mulč(červen); 2M2 = 2x ročně mulčovaná plocha – 2.mulč(srpen); 3M1 = 3x ročně mulčovaná plocha – 1.mulč (květen); 3M2 = 3x ročně mulčovaná plocha – 2.mulč(červenec); 3M3 = 3x ročně mulčovaná plocha – 3.mulč(září); chybové úsečky nad sloupci znamenají střední chybu průměru; stejná malá latinská písmena nad sloupci znamenají statisticky neprůkazný rozdíl $P < 0.05$ na základě Tukey testu

5. Diskuze

U všech třech experimentů se hmotnost biomasy v průběhu času snižovala. Největší úbytek hmotnosti biomasy byl vždy zaznamenán po prvních třech měsících odběru. U všech experimentů se potvrdil vliv expozice jakožto faktoru času na hmotnost biomasy a také na koncentraci uhlíku a dusíku v biomase. Tyto výsledky se shodují se studií Tesařové (1987b), která zjistila, že v počátečních měsících expozice je rozklad biomasy nejintenzivnější. Tento jev je pravděpodobně způsoben tím, že dochází k rozpadu organických látek, které jsou rychle rozložitelné (Bakker 1989). Klimatické podmínky patří k nejvýznamnějším faktorům ovlivňující rychlost dekompozičních procesů (Couteaux et al. 1995). U většiny vzorků byl první odběr proveden v měsíci srpnu, který se řadí mezi nejteplejší měsíce roku s bohatým úhrnem srážek. Šantrůčková (2014) uvádí, že pokud se teplota prostředí zvyšuje, zrychluje se tím i proces dekompozice. Naopak chladnější klima zpomaluje rozklad organické hmoty. Ve své studii Keryn (2001) zaznamenal nejvyšší aktivitu mikroorganismů při teplotě 30 - 35°C, což potvrzuje tvrzení Šantrůčkové a shoduje se také s našimi výsledky. Rozklad organické hmoty probíhá nejlépe za optimální vlhkosti, což znamená, že je v půdě dostatek vody a je dobře provzdušněna (Šantrůčková 2014).

Experiment Amerika

U experimentu Amerika nebyl potvrzen vliv rotační a kontinuální pastvy na rychlost dekompozice biomasy v průběhu celého experimentu. Lze to vysvětlit tím, že faktor času jakožto doba expozice měl daleko vyšší vliv na tento rozklad než pastevní systém. Vliv pastevního systému vyšel průkazně pouze při testování v posledním měsíci odběru. U rotační pastvy byla navážena hmotnost sušiny stařiny 123 g.m⁻² a u kontinuální pastvy 106 g.m⁻². U pastvy kontinuální se jedná o nepřetržité spásání porostu po celou dobu pastevní sezóny, zatímco u pastvy rotační se střídá doba spásání s dobrou obrůstání pastviny (Kollárová et al. 2007), což mohlo ovlivnit dekompoziční proces. U pastvy rotační pravděpodobně došlo k zarůstání sáčků okolní fytomasou a mohlo tak dojít ke změně mikroklimatických podmínek potřebných k rychlejší dekompozici jako je například vzdušnost, proto zde byla nižší rychlost dekompozice.

V rámci celé doby trvání experimentu nebyl prokázán vztah mezi rotační a kontinuální pastvou na koncentraci uhlíku a dusíku ve stařině. Největší vliv na koncentraci dusíku i uhlíku ve stařině měl opět faktor času. Rostlinná biomasa je

tvořena z 45 – 50% uhlíkem (Procházka 1998). Během procesu dekompozice je větší část uhlíku organismy prodýchána a vrácena do atmosféry ve formě CO₂, část je transformována do humusových látek a zabudována do těl půdních organismů (Hunt 1977), proto by měla koncentrace uhlíku ve stařině klesat, což se shoduje s našimi výsledky.

Po prvním odběru koncentrace dusíku u obou variant prudce vzrostla a to z cca 1,48 % na 2,25 %. Dusík je součástí proteinů a aminokyselin rostlin, ale mikroorganismy žijící v půdě si ho ve vzduchu zabudovávají do svých těl a jejich buňky mají přibližně 5 – 10% více dusíku v sušině než rostliny (Haynes 1986). Došlo tedy pravděpodobně k nárůstu biomasy mikroorganismů na biomase opadu, a proto zde byla vyšší koncentrace dusíku v prvním termínu odběru. Velkou roli zde opět hrají klimatické podmínky, které v měsíci srpnu byly pro dekompoziční procesy ideální. Např. McGuire et Treseder (2010) zjistili, že míra a rychlost dekompozice je ovlivněna složením společenstva v jednotlivých fázích rozkladu. Lze předpokládat, že v počátečních fázích rozkladu se jako první odbourávají živiny se snadnějším rozkladem, a proto je zde větší variabilita rozkladačů než ve fázích pozdějších, které již vyžadují specialisty, a proto je dekompozice pomalejší.

Experiment Betlém

U experimentu v Betlémě, kde se zkoumala závislost hmotnosti sušiny ve stařině na intenzitě pastvy a době expozice, se prokázal vliv obou těchto proměnných, ale ne jejich interakce. To znamená, že tyto vlivy působí protichůdně. Ačkoliv v předchozím experimentu rozdíly v dekompozici byly zjištěny (Amerika), tak různá intenzita pastvy vliv neměla. Zejména překvapivý byl statisticky neprůkazný rozdíl mezi neobhospodařovanou variantou a ostatními variantami s obhospodařováním. Pravděpodobně je zde větší vliv vnějších faktorů (klimatické, půdní) na rozklad biomasy stařiny než vlastní management.

Na koncentraci uhlíku ve stařině měla vliv varianta obhospodařování a i čas odběru po určitých měsících. Koncentrace uhlíku v průběhu času postupně klesala, jako tomu bylo i v předešlém experimentu. Nejvyšší koncentraci uhlíku měla sušina z varianty U tedy neobhospodařovaný travní porost. Mládek et al. (2006) ve svém experimentu zjistil, že úhor má až o 5 – 10 % vyšší pokryvnost vysokých bylin než například u sečení nebo pastvy a taky se zde akumuluje velké množství stařiny. U

varianty U tedy pravděpodobně došlo k zarůstání sáčků vysokými bylinami a tedy změně mikroklimatických podmínek, proto zde dekompozice probíhala pomaleji, a proto koncentrace uhlíku byla nejvyšší. Nejnižší koncentrace uhlíku byla zaznamenána u varianty ICG. Díky seči je travní porost nutričně kvalitnější (Kulovaná 2002). Při intenzivní pastvě je porost spásán na délku nižší než 5 cm, a tudíž je porost stále obnovován (Hauptman 1972). Na pastvinách se dusík do půdy dostává skrze tuhé i tekuté výkaly pasoucích se zvířat (Pavlů et al. 2006d). Lze tedy říci, že u této varianty byly velmi dobré podmínky pro dekompozici, protože porost byl neustále spásán a nedocházelo tak k obrůstání sáčků a taky mohl být zde příznivý C/N v půdě, což jako jeden z faktorů, který velmi ovlivňuje rychlost dekompozičních procesů (Šantrůčková 2014).

Obecně lze říci, že koncentrace dusíku v biomase měla vzrůstající charakter. I v tomto případě se prokázal vliv varianty obhospodařování a měsíce odběru na koncentraci v biomase. Ačkoliv docházelo k postupnému snižování hmotnosti sušiny a C v průběhu experimentu u všech variant, tak docházelo k postupnému zvyšování koncentrace N v biomase. To pravděpodobně souvisí s nárůstem biomasy mikroorganismů na biomase opadu.

Experiment Mníšek

U experimentu v Mníšku byl prokázán vliv rozdílného termínu mulčování na hmotnost nerozložené biomasy a také na koncentraci uhlíku a dusíku v biomase mulče. Nejvíce rozložené biomasy bylo zaznamenáno ve variantě 3M1, zatímco nejméně se rozkládala biomasa z varianty 1MS.

U varianty 1MS tento jev můžeme vysvětlit tím, že experimentální plocha byla mulčovaná jednou v září a první odběr proběhl tedy až v měsíci prosinci, takže rychlost dekompozice byla zpomalena vlivem nízkých teplot. Kvalita rostlinného opadu patří mezi další faktory ovlivňující rychlost dekompozice biomasy (Couteaux et al. 1995). Trávy obsahují nejvíce živin před metáním nebo v době metání. V době kvetení obsah živin klesá a v nadzemní biomase přibývá ligninu a vlákniny (Míka 1977). Největší úbytek hmotnosti biomasy u varianty 3M1 lze vysvětlit tím, že se jednalo o vzorek biomasy, která byla nasbíraná v měsíci květnu. V tomto měsíci dochází k největšímu nárůstu nadzemní biomasy a v kombinaci s dostatečným

množstvím srážek je porost čerstvý s dostatkem živin (Pavlů et al. 2006a), proto zde dekompoziční procesy proběhly nejintenzivněji.

Gaisler et al. (2011) ve svém experimentu potvrdil, že pokud je mulč mladá a šťavnatá, dekompozice probíhá rychleji a to i u dalšího mulčování v témže roce. S termínem mulčování samozřejmě souvisí klimatické podmínky, které jsou vhodné pro dekompozitory.

Koncentrace uhlíku se u většiny variant postupně také snižovala, jak bylo předpokládáno. Průkazně zde vyšel faktor času jakožto doba expozice a také varianta neboli termín mulčování. Výjimkami byly varianta 1MJ a 1MS, kde došlo v druhém a třetím odběru k prudkému zvýšení koncentrace uhlíku o téměř 15 %. Po vykvetení kulturních druhů trav se rychle zvyšuje obsah vlákniny a ligninu, který snižuje využitelnost živin v rostlinné biomase (Pavlů et al. 2006e). Pro rozklad ligninu je dle Moorheada et Sinsabaugh (2006) zapotřebí speciálních dekompozitorů tzv. „*miners*“, kteří mají velmi pomalý růst a jejich rozkladný proces je velmi pomalý. Domnívám se tedy, že k prudkému nárůstu uhlíku u variant 1MJ a 1MS mohlo dojít díky zvýšené přítomnosti ligninu a vlákniny v biomase a tudíž bylo zapotřebí většího množství speciálních mikroorganismů, kteří uhlík zabudovávají do svých těl.

Koncentrace dusíku se v biomase se v průběhu času mírně zvyšovala. Byl prokázán vliv varianty mulčování a také vliv odběru. Dekompozitoři využívají dusík při tvorbě biomasy, ale také v procesech tvorby energie (Šantrůčková 2014), proto se jeho koncentrace zvyšovala. K poklesu koncentrace došlo u varianty 1MS a 3M1, kterou lze vysvětlit nepříznivými klimatickými podmínkami nebo špatnou kvalitou biomasy. Fiala (2007) ve své studii zjistil, že akumulovaná biomasa má nepřímo úměrný vliv na průsak srážkové vody do půdy. Nejméně srážek prosákne do půdy při jednom mulči v pozdním termínu. Srážky slouží jako médium a prostředí pro metabolické procesy (Novák 2008) a určuje tak biologickou aktivitu mikroorganismů (Šantrůčková 2014). Lze tím vysvětlit snížení koncentrace dusíku u varianty 1MS po prvním odběru.

Frekvence a termíny sečí mají vliv na zastoupení jetelovin v porostu. Zvýšenou frekvencí mulčování za rok se zastoupení jetelovin zvyšuje (Fiala 2007). Díky symbiotickému vztahu s hlízkovitými bakteriemi jsou jeteloviny schopné poutat vzdušný dusík, přispívají tak k rovnováze poměru C/N v půdě, který pozitivně

ovlivňuje procesy dekompozice. Můžeme tím vysvětlit zvýšenou koncentraci dusíku u varianty 2M2 - dvakrát mulčované a 3M3 – třikrát mulčované.

Úlehlová (1989) poukazuje na nepřesnost metody „litter bags“, s níž může dojít k podhodnocení rychlosti rozkladu. Velikost ok sáčků zamezuje přístupu makrofauny účastnit se dekompozičního procesu, stejně tak jako není zaručen stálý kontakt s půdou. Mikrofauna odděluje organickou hmotu (Solly et al. 2016) a může měnit životní podmínky mikroorganismů, které následně pokračují v rozkladném procesu (Frouz 2010). V plastovém sáčku se vytváří jiné mikroklimatické podmínky, než tomu je v přirozeném prostředí. Je zde zamezena destruktivní činnost větru a dešťových kapek, materiál snadněji prosychá a nemá takovou možnost být obohacován půdními minerálními částicemi (Úlehlová 1989).

Hu et al. (2001) ve svém experimentu zjistil, že zvýšená koncentrace CO₂ v ovzduší zvyšuje absorpci dusíku rostlinami, uhlíku zabudovaného v mikrobiální biomase a zlepšuje dostupnost uhlíku pro mikroorganismy. Naopak ale redukuje dostupnost půdního dusíku, což omezuje mikrobiální aktivitu a redukuje tak mikrobiální respiraci na jednotku biomasy. Tyto výsledky naznačují, že zvýšená koncentrace CO₂ může změnit interakci mezi rostlinami a mikroorganismy ve prospěch lepšího využití dusíku rostlinou, čímž se zpomaluje mikrobiální dekompozice a zvyšuje se akumulace uhlíku v ekosystému.

6. Závěr

V prvním experimentu „Amerika“, kde se testoval vliv pastevního systému (rotační a kontinuální pastva), se prokázal vliv pastevního systému na hmotnost sušiny ve stařině v posledním odběru. U rotační pastvy probíhala dekompozice pomaleji, což se dá vysvětlit změnou mikroklimatických podmínek v okolí „litter bags“. Nebyl zde ale prokázán vliv pastevního systému na koncentraci uhlíku a dusíku ve stařině. Průkazný byl vliv času na hmotnost sušiny stařiny a na koncentraci uhlíku a dusíku.

U experimentu „Betlém“, kde se zkoumala závislost hmotnosti sušiny ve stařině na intenzitě pastvy a době expozice, se prokázal vliv obou těchto proměnných. Ačkoliv v předchozím experimentu rozdíly v dekompozici sušiny stařiny na konci experimentu byly zjištěny, tak vliv různé intenzity pastvy prokázán nebyl. Pravděpodobně je zde větší vliv vnějších faktorů na rozklad biomasy stařiny než vlastní management. Na koncentraci uhlíku a dusíku ve stařině měl vliv rozdílný způsob obhospodařování i doba expozice. Koncentrace uhlíku u všech variant obhospodařování v průběhu času klesala a naopak koncentrace dusíku stoupala.

U třetího experimentu „Mníšek“ se potvrdil vliv rozdílného termínu mulčování a doba expozice na hmotnost nerozložené biomasy, koncentraci uhlíku a dusíku v biomase. Nejvíce rozložené biomasy bylo zaznamenáno při posledním odběru ve variantě 3 x mulčované s první mulčí v květnu, zatímco nejméně se rozkládala biomasa z varianty 1 x mulčované v září. Koncentrace uhlíku se snižovala. Výjimkami byly varianty, které byly mulčované pouze jednou a to v červenci a v září. Naopak koncentrace dusíku se zvyšovala. Výjimkou byla varianta 1 x mulčovaná v září a 3 x mulčování s prvním mulčováním v květnu. Tyto jevy můžeme přisuzovat termínu mulčování, kvalitě rozkládající se biomasy a zastoupení dekompozitorů.

Obecně lze říci, že různý typ obhospodařování travního porostu má vliv na rychlost dekompozice a koncentrace C a N v biomase travního porostu. Jako nejdůležitější faktor ovlivňující rychlost dekompozice se ukázal faktor času. U mulčování se prokázal jako důležitý termín a frekvence obhospodařování. Z hlediska koloběhu živin na polopřirozených travních porostech je lepší mulčovat porost vícrát za rok s prvním mulčováním v dřívějším termínu (jaro, začátek léta). Při plánování obhospodařování různých typů temperátních travních porostů musíme brát v úvahu i

jejich vlivy na dekompozici biomasy, které jsou úzce spojeny i s dalšími faktory travního porostu (např. kvalita biomasy, druhové složení, fenofáze).

7. Seznam literatury a použitých zdrojů

ALAM S. M., 1999: Nutrient Uptake by Plants Under Stress Conditions. In: PESSARAKLI M. [ed.]: Handbook of Plant Crop Stress – second edition. Copyright by Marcel Dekker, New York: 285 - 293.

ALLEN V. G., BATELLO C., BERRETTA E. J., HODGSON J., KOTHMANN M., LI X., MCLVOR J., MILNE J., MORRIS C., PEETERS A., SANDERSON M., 2011: An international terminology for grazing lands and grazing animals. Grass and Forage Science 66: 2 - 28.

BAKKER J. P., 1989: Nature Management by Grazing and Cutting. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 400 s.

BEGON M., HARPER J. L., TOWNSEND C. R., 1997: Ekologie – jedinci, populace a společenstva. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc, 949 s.

BUČEK A., 2000: Krajina České republiky a pastva. Veronica 14: 1 - 7.

COUTEAUX M. - M., BOTTNER P., BERG B., 1995: Litter decomposition, climate and litter quality. Elsevier Science 10: 63 - 65.

CULLEN J. J., 2001: Primary production methods. Elsevier Academic Press 10: 2277 - 2284.

ČÍŽEK L. et KONVIČKA M., 2006: Pastva a biodiverzita. In: MLÁDEK J., PAVLŮ V., HEJCMAN M., GAISLER J. [eds.]: Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha: 6 - 7.

FAZHU Z., JIAO S., CHENGJIE R., DI K., JIAN D., XINHUI H., GAIHE Y., YONGZHONG F., GUANGXIN R., 2015: Land use change influences soil C, N, and P stoichiometry under 'Grain-to-Green Program' in China. Sci Rep 5: 10 - 15.

FIALA J., 2007: Modifikovaná pratotechnika trvalých travních porostů – mulčování. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha, 36 s.

FIALA J., KOHOUTEK A., KLÍR J., 2007: Výživa a hnojení travních a jetelotravních porostů: Metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha, 40 s.

FROUZ J., 2010: Půda – živý systém: Interakce půdní fauny a mikroflóry a jejich význam pro přeměny organické hmoty v půdě. *Vesmír* 89: 490 - 492.

GAISLER J., PAVLŮ V., PAVLŮ L., MIKULKA J., 2010: Extenzivní obhospodařování trvalých travních porostů v podhorských oblastech mulčováním. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha, 26 s.

GAISLER J., PAVLŮ V., MLÁDEK J., HEJCMAN M., PAVLŮ L., 2011: Obhospodařování travních porostů ve vztahu k agro-environmentálním opatřením. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, 24 s.

GLOSER J., 1989: Fotosyntéza a respirace. In: DYKYJOVÁ D., BEDRNA Z., BEJČEK V., FAIMAN Z., GLOSER J., CHALUPSKÝ J., JAKRLOVÁ J., KINDLMANN P., KOMÁRKOVÁ J., KOŘÍNEK V., KUBÍKOVÁ J., KUNC F., LEPŠ J., LUKAVSKÝ J., MOLDAN B., NOVÁK K., NOVÁKOVÁ E., ONDOK P. J., PIVNIČKA K., POKORNÝ J., POSPÍŠILOVÁ J., PROKOP M., ŘÍHA V., SLAVÍK B., SKUHRAVÝ V., SKUHRAVÁ M., SOLÁROVÁ J., SVOBODOVÁ Z., ŠKAPEC L., ŠŤASTNÝ K., TESAŘOVÁ M., ÚLEHLOVÁ B.: *Metody studia ekosystémů*, nakladatelství Československé akademie věd, Praha: 349 - 363.

GÜSEWELL S. et VERHOEVEN J. T. A., 2006: Litter N:P ratios indicate whether N or P limits the decomposability of graminoid leaf litter. *Plant Soil* 287: 131 - 143.

HAKROVÁ P. et WOTAVOVÁ K., 2004: Změny druhového složení a struktury druhově chudých travních porostů v závislosti na managementu. *Aktuality šumavského výzkumu II*: 256 - 261.

HAUPTMAN J., 1972: Entologie hospodářských zvířat. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 294 s.

HAYNES R. J., 1986: Mineral Nitrogen In The Plant-Soil. Academic Press, Orlando, 495 s.

HEJCMAN M., ŠARAPATKA B., PAVLŮ V., 2005: Travní porosty v ekologickém způsobu zemědělství. *Úroda* 5: 48 - 49.

HEJCMAN M. et PAVLŮ V., 2006: Historie pastevního obhospodařování. In: MLÁDEK J., PAVLŮ V., HEJCMAN M., GAISLER J. [eds.]: *Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha: 7 - 8.

HEJDUK S. et GAISLER J., 2006: Stručná charakteristika základních způsobů obhospodařování. In: MLÁDEK J., PAVLŮ V., HEJCMAN M., GAISLER J. [eds.]: Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha: 35 - 36.

HELDT H. - W. et PIECHULLA B., 2011: Plant Biochemistry - Fourth Edition. Elsevier Academic Press, Boston, 595 s.

HLUŠEK J., JŮZL M., ČEPL J., LOŠÁK T., 2005: Vliv přidávání sloučenin selenu do půdy na obsah sloučenin selenu v hlízách brambor. Chem. Listy 99: 515 - 517.

HRABĚ F., CAGAŠ B., CITAROVÁ E., ČERVINKA J., ČUNDERLÍKOVÁ Z., DVOŘÁČEK J., GOLECKÝ J., HEJDUK S., HOUDEK I., KALAČ P., KLIMEŠ F., KOBES M., KOHOUTEK A., POZDÍŠEK J., PŘIKRYL J., ROTREKL J., SKLÁDANKA J., SMRTĚ J., STACH J., SVOBODOVÁ M., ŠŮR D., TIŠLIAR E., VORLÍČEK Z., 2004: Trávy a jetelovino trávy v zemědělské praxi. Vydavatelství ing. Petr Baštan, Olomouc, 121 s.

HU S., CHAPIN F. S., FIRESTONE M. K., FIELD C. B., CHIARIELLO N. R., 2001: Nitrogen limitation of microbial decomposition in a grassland under elevated CO₂. Nature 409: 188 - 191.

HUDÁK J., 1989: Biológia rostlín. Slovenské pedagogické nakladateľstvom, Bratislava, 400 s.

HUNT H. W., 1977: A Simulation Model for Decomposition in Grasslands. Ecology 58: 469 - 484.

CHAPIN F. S., MATSON P. A., MOONEY H. A., 2002: Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. Springer, New York, 413 s.

IRVING L. J., 2015: Carbon Assimilation, Biomass Partitioning and Productivity in Grasses. Agriculture 5: 1116 - 1134.

JAKRLOVÁ J., 1989: Primární produkce suchozemských ekosystémů. In: DYKYJOVÁ D., BEDRNA Z., BEJČEK V., FAIMAN Z., GLOSER J., CHALUPSKÝ J., JAKRLOVÁ J., KINDLMANN P., KOMÁRKOVÁ J., KOŘÍNEK V., KUBÍKOVÁ J., KUNC F., LEPŠ J., LUKAVSKÝ J., MOLDAN B., NOVÁK K., NOVÁKOVÁ E., ONDOK P. J., PIVNIČKA K., POKORNÝ J., POSPÍŠILOVÁ J., PROKOP M., ŘÍHA V., SLAVÍK B., SKUHRAVÝ V., SKUHRAVÁ M., SOLÁROVÁ J., SVOBODOVÁ Z., ŠKAPEC L., ŠŤASTNÝ K., TESAŘOVÁ M., ÚLEHLOVÁ B.: Metody studia ekosystémů, nakladatelství Československé akademie věd, Praha: 304 - 327.

JURČÍK F., 1978: Živiny v půdě. Institut výchovy a vzdělávání MZVŽ ČSR, Praha, 115 s.

KERYN P., 2001: Temperature and Moisture Effects on Decomposition. CSIRO Forestry and Forest Products 18: 95 - 102.

KOLLÁROVÁ M., PLÍVA P., JELÍNEK A., ZEMÁNEK P., BURG P., ALTMANN V., MIMRA M., HÁJKOVÁ V., 2007: Zásady pro obhospodařování trvalých travních porostů. Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha, 54 s.

KOLLÁROVÁ M., ALTMANN V., JELÍNEK A., PLÍVA P., 2008: Zásady pro zpracování zbytkové biomasy z údržby TTP. Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Praha, 35 s.

KŘEPELKA J., 2012: Nově o změnách obsahu síry v půdě. Zemědělec, Praha, online: dostupné <http://zemedelec.cz/nove-o-zmenach-obsahu-siry-v-pude>, cit. 12.3.2017.

KUČERA T. et ŠUMBEROVÁ K., 2010: Sekundární trávníky a vřesoviště: Louky a pastviny. In: CHYTRÝ M., KUČERA T., KOČÍ M., GRULICH V., LUSTYK P. [eds.]: Katalog biotopů České republiky. Ed. 2. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 447 s.

KULOVANÁ E., 2001: Hospodářský a ekologický význam travních porostů. Úroda, Praha, online: <http://uroda.cz/hospodarsky-a-ekologicky-vyznam-travnich-porostu>, cit. 22.2.2017.

- KULOVANÁ E., 2002:** Současné systémy obhospodařování travních porostů. Úroda, Praha, online: <http://uroda.cz/soucasne-systemy-obhospodarovani-travnich-porostu>, cit. 13.3.2017
- KUNZOVÁ E., 2009:** Výživa rostlin a hnojení fosforem: Metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha, 27 s.
- KUNZOVÁ E., 2010:** Výživa rostlin a hnojení draslíkem: Metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha, 24 s.
- KVAPILÍK J. et KOHOUTEK A., 2009:** Chove přežvýkavců a trvalé travní porosty: certifikovaná metodika pro praxi. Výzkumný ústav živočišné výroby, Praha, 25 s.
- LEXA M. et KRAHULEC F., 2000:** Influence of mulching on the process of decomposition and on the species composition of the mountain grasslands in the Krkonoše Mountains. *Opera Corcontica* 37: 571 - 577.
- MANNETJE L., 2000:** Measuring Biomass of Grassland Vegetation. In: MANNETJE L. et JONES R. M. [eds.]: *Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research*. CABI Publishing, New York: 151 - 179.
- MCGUIRE K. L. et TRESEDER K. K., 2010:** Microbial communities and their relevance for ecosystem models: Decomposition as a case study. *Elsevier* 42: 529 - 535.
- MÍKA V., 1997:** Kvalita píče. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 227 s.
- MLÁDEK J. et HEJCMAN M., 2006:** Typy pastevně využívaných TTP dle Katalogu biotopů ČR. In: MLÁDEK J., PAVLŮ V., HEJCMAN M., GAISLER J. [eds.]: *Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha: 10 - 20.
- MLÁDEK J., PAVLŮ V., HEJCMAN M., 2006:** Struktura a druhová skladba vegetace. In: MLÁDEK J., PAVLŮ V., HEJCMAN M., GAISLER J. [eds.]: *Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha: 40 - 45.
- MOORHEAD D. L. et SINSABAUGH R. L., 2006:** A theoretical model of litter decay and microbial interaction. *Ecological Monographs*, 76: 151 - 174.

- MORAVEC J., 1994:** Fytcenologie: Nauka o vegetaci. Academia, Praha, 430 s.
- MOUDRÝ J., FRIEBEL L., KONVALINA P., 2008:** Hospodaření na trvalých travních porostech a využívání environmentálních programů v ekologickém zemědělství v ČR. The Scientific Journal for Economics, Management and Trade 11: 1 - 6.
- MRKVIČKA J., 2001:** Pastvinářství. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 96 s.
- NOVÁK J., 2008:** Pasienky, lúky a trávniky. Patria I. spol. s.r.o, Prievidza, 708 s.
- PASTOREK Z., KÁRA J., JEVIČ P., 2004:** Biomasa: obnovitelný zdroj energie. FCC Public s.r.o, Praha, 288 s.
- PAVLŮ V. et HEJCMAN M., 2003:** Kvóty hospodářských zvířat a tvář krajiny. Vesmír 82: 435 - 436.
- PAVLŮ V., HEJCMAN M., PAVLŮ L., GAISLER J., NEŘERKOVÁ P., 2005:** Effect of continuous grazing on forage quality, quantity and animal performance. Agriculture, Ecosystems & Environment 113: 349 - 355.
- PAVLŮ V., GAISLER J., HEJCMAN M., 2006a:** Nárůst biomasy píce. In: MLÁDEK J., PAVLŮ V., HEJCMAN M., GAISLER J. [eds.]: Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha: 33 - 34.
- PAVLŮ V., GAISLER J., MLÁDEK J., PAVELČÍK P., 2006b:** Charakteristika pastevního porostu. In: MLÁDEK J., PAVLŮ V., HEJCMAN M., GAISLER J. [eds.]: Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha: 23 - 34.
- PAVLŮ V., HEJCMAN M., GAISLER J., 2006c:** Typy pastevních systémů a intenzita pastvy. In: MLÁDEK J., PAVLŮ V., HEJCMAN M., GAISLER J. [eds.]: Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha: 38 - 41.
- PAVLŮ V., GAISLER J., HEJCMAN M., 2006d:** Koloběh živin na pastvině. In: MLÁDEK J., PAVLŮ V., HEJCMAN M., GAISLER J. [eds.]: Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha: 34 - 35.

PAVLŮ V., GAISLER J., HEJCMAN M., 2006e: Kvalita pastevní píce. In: MLÁDEK J., PAVLŮ V., HEJCMAN M., GAISLER J. [eds.]: Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha: 29 - 32.

POORTER H. et NAGEL O., 2000: The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO₂, nutrients and water: a quantitative review. *Australian Journal of Plant Physiology*. Volume 27: 595 - 607.

POUROVÁ K., SVOBODOVÁ A., KRAHULEC F., 2010: Long-term influence of mulching on the plant species composition: the experiment on grasslands in the Krkonoše National Park. *Opera Corcontica* 47: 139 - 152.

PRACH K., ŘEHOUNKOVÁ K., JONGEPIEROVÁ I., LENCOVÁ K., 2015: Ekologická obnova luk. *Vesmír* 94: 294 - 295.

PROCHÁZKA S., 1998: Fyziologie rostlin. Academia, Praha, 484 s.

PROCHÁZKA S., MACHÁČKOVÁ I., KREKULE J., ŠEBÁNEK J., GLOSER J., HAVEL L., NÁTR L., PRÁŠIL I., SLADKÝ Z., ŠANTRŮČEK J., TESAŘOVÁ M., VYSKOT B., 1998: Fyziologie rostlin. Nakladatelství Akademie věd České republiky, Praha, 484 s.

RICHTER R., 2004a: Hořčík. Ústav agrochemie a výživy rostlin, Brno, online: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/mg.htm, cit: 15.3.2017.

RICHTER R., 2004b: Vápník. Ústav agrochemie a výživy rostlin, Brno, online: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/ca.htm, cit: 15.3.2017.

RICHTER R., 2004c: Mangan. Ústav agrochemie a výživy rostlin, Brno, online: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/mn.htm, cit: 15.3.2017.

RUMPEL C., CREME A., NGO P. T., VELÁSQUEZ G., MORA M. L., CHABBI A., 2015: The impact of grassland management on biogeochemical cycles involving carbon, nitrogen and phosphorus. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 15: 353 - 371.

RYCHNOVSKÁ M., BALÁTOVÁ E., PELIKÁN J., ÚLEHOVÁ B., 1985: Ekologie lučních porostů. Academia Praha, Praha, 292 s.

SCHALLER J., ROSCHER CH., HILLEBRAND H., WEIGELT A., OELMANN Y., WILCKE W., EBELING A., WEISSER W. W., 2016: Plant diversity and functional groups affect Si and Ca pools in aboveground biomass of grassland systems. *Oecologia* 182: 277 - 286.

SINGH T. S. et GUPTA R. S., 1977: Plant Decomposition and Soil Respiration in Terrestrial Ecosystems. Springer Vol. 43: 449 - 528.

SOLLY E. F., SCHÖNING I., BOCH S., KANDELER E., MARHAN S., MICHALZIK B., MÜLLER J., ZSCHEISCHLER J., TRUMBORE S. E., SCHRUMPF M., 2014: Factors controlling decomposition rates of fine root litter in temperate forests and grasslands. *Plant Soil* 382: 203 - 218.

STOREY B. J., 2006: Zinc. In: BARKER A. V. et PILBEAM D. [eds.]: Handbook of Plant Nutrition. CRC Press, Florida: 411- 415.

ŠANTRŮČKOVÁ H., 2014: Základy ekologie půdy. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice, 125 s.

TESAŘOVÁ M., 1987a: Stanovení množství, produkce a rozkladu nadzemního rostlinného opadu metodou párových plošek. In: RYCHNOVSKÁ M., BALÁTOVÁ-TULÁČKOVÁ E., BÁR I., FIALA K., GLOSER J., JAKRLOVÁ J., MAKUŠOVÁ Z., TESSAŘOVÁ M., ÚLEHLOVÁ B., ZELENÁ V.: Metody studia travinných ekosystémů. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha: 101 - 104.

TESAŘOVÁ M., 1987b: Stanovení rychlosti rozkladu rostlinného opadu metodou sáčků (litter-bags). In: RYCHNOVSKÁ M., BALÁTOVÁ-TULÁČKOVÁ E., BÁR I., FIALA K., GLOSER J., JAKRLOVÁ J., MAKUŠOVÁ Z., TESSAŘOVÁ M., ÚLEHLOVÁ B., ZELENÁ V.: Metody studia travinných ekosystémů. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha: 187 - 191.

TKÁČIKOVÁ J., HUSÁK J., SPITZER L., 2013: Valašské louky a pastviny: dědictví našich předků. Muzejní společnost, Valašské meziříčí, 140 s.

ÚLEHLOVÁ B., 1989: Rozklad biomasy a rozkladači. In: DYKYJOVÁ D., BEDRNA Z., BEJČEK V., FAIMAN Z., GLOSER J., CHALUPSKÝ J., JAKRLOVÁ J., KINDLMANN P., KOMÁRKOVÁ J., KOŘÍNEK V., KUBÍKOVÁ J., KUNC F., LEPŠ J., LUKAVSKÝ J., MOLDAN B., NOVÁK K., NOVÁKOVÁ E., ONDOK P. J., PIVNIČKA K., POKORNÝ J., POSPÍŠILOVÁ J., PROKOP M., ŘÍHA V., SLAVÍK B., SKUHRAVÝ V., SKUHRAVÁ M., SOLÁROVÁ J., SVOBODOVÁ Z., ŠKAPEC L., ŠŤASTNÝ K., TESAŘOVÁ M., ÚLEHLOVÁ B.: Metody studia ekosystémů, nakladatelství Československé akademie věd, Praha: 523 - 524.

VANĚK V., KOLÁŘ L., PAVLÁKOVÁ D., 2010: Úloha organické hmoty v půdě. Biom, Praha, online: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/uloha-organicke-hmoty-v-pude>, cit. 12.3.2017.

VASCINCELOS M. et GRUSAK M. A., 2006: Iron requirements. In: BALTON L. et ABADÍA J. [eds.]: Iron Nutrition in Plants and Rhizospheric Microorganisms. Springer, Dordrecht: 3 - 8.

VEJVODOVÁ A., 2016: Trvalé travní porosty: informační materiál pro zemědělce. Ministerstvo zemědělství, Praha, 10 s.

WAKSMAN S. A. et GERRETSEN F. C., 1931: Influence of Temperature and Moisture Upon the Nature and Extent of Decomposition of Plant Residues Microorganisms. Ecological society of America 12: 33 - 60.

WHALLEY R.D.B. et HARDAY M. B., 2000: Measuring Botanical Composition of Grasslands. In: MANNETJE L. et JONES R. M. [eds.]: Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research. CABI Publishing, New York: 67 - 103.

ZHANG D., HUI D., LUO Y., 2008: Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: Global patterns and controlling factors. J Plant Ecol 1: 85 - 93.