

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra pícninářství a trávnickářství



Výnosy travních porostů a metody jejich měření

Bakalářská práce

Autor práce: Ondřej Szabó

Obor studia: Pěstování rostlin

Vedoucí práce: Ing. Zuzana Hrevušová Ph.D.

© 2018 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Výnosy travních porostů a metody jejich měření" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 10. 4. 2018

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval především mé vedoucí práce doktorce Zuzaně Hrevušové za hodiny svého času, které mi věnovala při pomoci s touto bakalářskou prací. Zároveň bych touto cestou chtěl poděkovat svým rodičům a sestře za to, že mě vždy podporují a i v těžkých chvílích mě dokázali podržet. Rovněž chci poděkovat mé přítelkyni za to, že mi je inspirací pro moji kariéru.

Souhrn

Tato práce se zaměřuje na měření výnosů u trvalých travních porostů. Cílem bylo zjistit, zda existuje vztah mezi výškou porostu (CSH) měřenou pomocí diskového měřidla rising plate meter (RPM) a výnosem suché hmoty. Zároveň se hledal vztah mezi potenciální výškou porostu (PSH), vypočtenou z pokryvnosti druhů a jejich průměrných výšek, a výnosem suché hmoty.

Pro potvrzení hypotéz, že CSH a PSH jsou ve vztahu s výnosem biomasy v suché hmotě, a že je výnos pozitivně ovlivněn hnojením, byly použity data, která pocházejí z první seče, ze dvou dlouhodobých lučních pokusů. Tyto pokusy se nacházejí u obce Černíkovice (okres Benešov) a u obce Senožaty (okres Pelhřimov). Jedná se o dvousečné až třísečné porosty, kde se sledovaly CSH, botanické složení a výnos suché hmoty. Botanické složení se sledovalo před první sečí metodou odhadu projektivní dominance. Každý pokus je rozdělen do čtyř opakování po šesti variantách. Varianty jsou následující: kontrola (nehnojená varianta), PK, 50NPK, 100NPK, 150NPK, 200NPK. První seč porostů probíhala 26. 5. 2017 na pokuse u Černíkovic a 8. 6. 2017 na pokuse u Senožat. Měření pomocí RPM probíhalo vždy den před sečí. Výsledky byly statisticky zpracovány v programu STATISTICA 12, metodou ANOVA a Tukeyho post-hoc testem. Vztah mezi výnosem biomasy a výškou porostu byl vyhodnocen pomocí jednoduché lineární korelace.

U výnosů i PSH byla zaznamenána téměř vždy vyšší hmotnost a výška na variantách s vyšší intenzitou hnojení. Avšak u varianty PK na černíkovickém pokuse nebyl prokázán vyšší vzrůst (CSH i PSH) a také výnos než u varianty kontrola. Průkazný rozdíl v CSH a PSH i ve výnose byl zjištěn vždy mezi variantami PK a 50 NPK. Ze zjištěného vyplývá, že komplexní hnojení zajišťuje vyšší výnosy. Byla také zjištěna snižující se intenzita nárůstu výnosu s vyšší intenzitou hnojení. Dokonce mezi variantami 100NPK, 150NPK a 200NPK nebyl nalezen průkazný rozdíl. Na pokuse u Senožat byl prokázán vztah mezi CSH a výnosem na všech variantách, zatímco na pokuse u Černíkovic se podařil prokázat jen u variant s nižší úrovní hnojení. Varianty s vyšší úrovní hnojení na černíkovickém pokuse (100NPK, 150NPK, 200NPK) vykazovaly vysokou variabilitu dat, a proto nebyl vztah průkazný. Jelikož byly tyto porosty polehlé, lze z toho usuzovat, že RPM se nehodí na měření výšky vysokých porostů. Vztah mezi PSH a výnosem byl prokázán u všech variant na obou pokusech.

Lze říci, že metoda měření pomocí RPM se hodí pro odhad výnosů biomasy u porostů, jako jsou pastviny, trávníky a extenzivní louky. Metody PSH se toto doporučení netýká z důvodu velké časové náročnosti.

Klíčová slova: rising plate meter, potenciální výška porostu, stlačená výška porostu, trvalé travní porosty, výnos suché hmoty

Grasslands yields and measurement methods

Summary

This thesis is focused on measurement methods of permanent grasslands. The aim was found out, if there is some correlation between compressed sward height (CSH) measured using a rising plate meter (RPM) and dry matter yield. At the same time it was finding out the correlation between potential sward height (PSH), calculated from the coverage of species and their average heights, and dry matter yield.

For the confirmation of hypotheses, that CSH and PSH are in correlation with dry matter yield, and that yield is positively influenced by the fertilization, it was used the data, which are coming from the first cut from two long-term meadow experiments. These experiments are located near Černíkovice village (district Benešov) and near Senožaty village (district Pelhřimov). They are two-cut to three-cut growths, where were observed CSH, botanical composition and dry matter yield. Botanical composition was observed before the first cut by the method of estimation projective dominance. Every experiment is divided into four repetitions with six treatments. Treatments are: control (unfertilized), PK, 50NPK, 100NPK, 150NPK and 200NPK. The first cut was made on 26. 5. 2017 on the Černíkovice experiment and 8. 6. 2017 on the Senožaty experiment. Measurement using the RPM was going always the day before the first cut. Results were processed in STATISTICA program, by the method ANOVA and by the Tukeys post-hoc test. Correlation between dry matter yield and sward height was evaluated using simple linear correlation.

It was recorded almost always higher PSH and yield on the treatments with higher level of fertilization. However, on treatment PK on the Černíkovice experiment was not proved higher growth (CSH and PSH) and also yield compare to treatment control. Conclusive difference in CSH and PSH and yields was always found between treatments PK and 50NPK. From that it follows, that complexing fertilization ensures higher yields. It was found out decreasing intensity of the yield increase with the higher intensity of fertilization. Even more there was not found out conclusive difference among treatments 100NPK, 150NPK and 200NPK. On the Senožaty experiment it was proved the correlation between CSH and dry matter yield on all treatments, whereas on Černíkovice experiment it was proved this relationship only on treatments with low intensity of fertilization. Treatments with higher fertilization level on Černíkovice experiment (100NPK, 150NPK and 200NPK) was reported higher variability of data, therefore the correlation was not conclusive. Because these stands

have been laid, it can be decided, that RPM is not adequate to measure sward height of high growths. Correlation between PSH and dry matter yield was proved at all treatments on both experiments.

It is possible to say, that method of measure using RPM is suitable for estimating yield on pastures, lawns and extensive meadows. PSH method is not adequate for that estimating, because it is time consuming.

Keywords: rising plate meter, potential sward height, compressed sward height, permanent grasslands, dry matter yield

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce	2
2.1	Hypotézy.....	2
3	Literární rešerše	3
3.1	Význam trvalých travních porostů.....	3
3.2	TTP ve světě a v ČR.....	4
3.3	Metody měření výnosů.....	5
3.3.1	Výběr metodického postupu	5
3.3.2	Destruktivní (přímé) metody	6
3.3.3	Nedestruktivní metody.....	9
4	Materiál a metody	16
4.1	Charakteristika stanovišť.....	16
4.1.1	Černíkovice.....	16
4.1.2	Senožaty.....	16
4.2	Metody.....	17
4.2.1	Metoda měření pomocí měřidla rising plate meter.....	17
4.2.2	Výpočet potenciální výšky porostu.....	18
4.2.3	Přímá metoda	18
4.3	Statistické zpracování	19
5	Výsledky.....	20
5.1	Černíkovice	20
5.1.1	Vliv průměrné výšky měřené diskovým měřidlem rising plate mete na výnos sušiny	21
5.1.2	Vliv potenciální výšky porostu na výnos sušiny	24
5.2	Senožaty	25

5.2.1	Vliv průměrné výšky měřené diskovým měřidlem rising plate meter na výnos sušiny	26
5.2.2	Vliv potenciální výšky porostu na výnos sušiny	27
6	Diskuse	29
6.1	Vliv hnojení na výnosy, stlačenou výšku porostu a potenciální výšku porostu	29
6.2	Korelace výnosů biomasy s výškou porostu měřené pomocí diskového měřidla rising plate meter.....	30
6.3	Korelace výnosů biomasy s potenciální výškou porostu.....	30
7	Závěr.....	32
8	Seznam literatury	33

1 Úvod

Problematika měření výnosů u trvalých travních porostů je velice komplikovaná, jelikož na výnosotvorné prvky působí celá řada faktorů, které ne vždy jde jednoduše změřit. Asi každý farmář by rád dopředu věděl, kolik z dané louky sklídí píce, nebo kolik nadzemní hmoty se nachází na pastvině. To byl jeden z důvodů, proč jsem se rozhodl na toto téma zaměřit.

Zjišťování hmotnosti biomasy by se dala rozdělit na dva druhy metod: přímé a nepřímé metody. Z praktického hlediska (pro pastvu) jsou přijatelnější metody nepřímé, z důvodů lepší manipulace, menší časové náročnosti a snadnosti práce. Je zde však jedna velká nevýhoda, a tou je nepřesnost výsledků. Přímá metoda je naproti tomu spolehlivější. Pro luční porosty je to přijatelnější varianta. Nevýhodou přímé metody je časová náročnost. Tato práce se proto bude zaměřovat právě na porovnání tří metod, které byly použity na dvou různých pozemcích, na kterých se nacházejí pokusná stanoviště.

Techniky pro měření výnosů u trvalých travních porostů byly rozpracovány především v oblastech, kde živočišná výroba spoléhá na pastvu. Důvodem je, že odhadovat výnos biomasy pro luční porosty není nutností. Je to kvůli tomu, že se může změřit hmotnost sklizené píce přímo při sklizni (pokud daný podnik disponuje váhou pro nákladní automobily), zatímco na pastvině, ze zcela zjevných důvodů, se tato metoda uplatnit nemůže. Za tři hlavní zástupce zemí, kde se touto problematikou intenzivně zabývají, mohou být považovány USA, Velká Británie a Nový Zéland.

Vzhledem k dotační politice naší země a Evropské unie se u nás rozmáhá chov skotu na pastvě a vyvstává tedy potřeba predikovat výtěžek biomasy na daném stanovišti. Doufám tedy, že tato bakalářská práce bude dobrou inspirací pro tyto často drobné rolníky hospodařící na malých výměrách půdy a pro další výzkumníky, kteří by se chtěli těmito metodami zabývat.

2 Cíl práce

Tato práce má za cíl hodnotit vliv hnojení na růstové charakteristiky, jako jsou stlačená výška porostu, potenciální výška porostu a výnos.

Dále má tato práce za cíl zhodnotit vztah mezi jednotlivými metodami měření biomasy na trvalých travních porostech, a zjistit, jaké z nich se hodí pro odhad výnosu nadzemní biomasy. Blíže zkoumá vztah mezi výnosem suché hmoty a

1. stlačenou výškou porostu (compressed sward heigh) měřenou pomocí diskového měřidla rising plate meter.
2. potenciální výškou porostu (potencial sward height) vypočtenou z průměrné uváděné výšky druhů pomocí botanického klíče (Kubát, 2002) a pokryvnosti jednotlivých druhů.

Výnosové charakteristiky budou měřeny na trvalých lučních porostech, které patří do svazu *Deschampsion caespitosae* s vysokou dominancí psárky luční a *Arrhenatherion elatioris*. Budou zkoumány údaje z prvních sečí, jelikož první seč je obvykle nejvíce ceněná, co do kvality i kvantity.

2.1 Hypotézy

1. Dlouhodobé hnojení má vliv na výnos biomasy, stlačenou výšku porostu měřenou diskovým měřidlem rising plate meter a potenciální výšku porostu vypočtenou z průměrné uváděné výšky druhů pomocí botanického klíče (Kubát, 2002), a jejich pokryvnosti.
2. Výnos nadzemní biomasy je ve vztahu se stlačenou výškou porostu měřenou pomocí diskového měřidla rising plate meter.
3. Výnos nadzemní biomasy je ve vztahu s potenciální výškou porostu vypočtenou z pokryvnosti druhů a jejich průměrných výšek zjištěných podle botanického klíče.

3 Literární rešerše

3.1 Význam trvalých travních porostů

Produkce nadzemní fytomasy je základní funkcí trvalých travních porostů (TTP), tím přímo zajišťuje výživu hospodářských savců a tedy nepřímo i výživu člověka. Zároveň dobře obhospodařované porosty slouží jako místa, kde se drobná lesní zvěř osušuje po ranní rose (Štrobach, 2005). Z dalších funkcí může být zmíněno energetické využití ve spalovnách nebo v bioplynových stanicích (BPS), ale také podpora a zachování biodiverzity v krajině (Novák, 2008). Trvalé travní porosty vykazují vyšší přítomnost hmyzu, než polní monokultury. Další funkcí je infiltrace a akumulace vody v krajině, neméně důležité je používání zasakovacích pásů TTP mezi širokořádkovými plodinami. Funkcí je celá řada a není možno je všechny vyjmenovat. Negativní stránkou TTP jsou například plevele, které se odtud při špatné pratotechnice šíří do polních kultur. Nedořešenou otázkou je také velká úmrtnost mláďat zvěře při sečích. Například Vickery et al. (2001) zjistili, že současný management travních porostů má přímý i nepřímý vliv na velikost populací lučních ptáků. Přímý v tom smyslu, že moderní sekačky ničí hnízda a zabíjejí mláďata těchto ptáků, a nepřímý v tom smyslu, že přechod na silážování redukuje jejich potravinovou nabídku ve formě bezobratlých živočichů.

Skližená píce představuje část biologické úrody nadzemní fytomasy, která se pravidelně odebírá pasením nebo sečí. Produkci významně ovlivňují půdní podmínky. Pro luční porost je ideální mezo-hygrofytní stanoviště, pro pastviny pak mezofytní. Podle trofosérie je pak ideální mezo-eutrofní stanoviště. Mateřská hornina, půdní typ a druh také ovlivňují produkci výnosů, dobré jsou především humózní hluboké středně těžké půdy s mírně kyselou půdní reakcí. V našich podmínkách se nicméně TTP nacházejí především na skeletovitých a málo úrodných pozemcích ve vyšších polohách. Tyto stanoviště bývají hůře dostupné, mají větší sklonitost a kyselou půdní reakci. Množství a kvalitu výnosů dále ovlivňuje správná pratotechnika. Znamená to, že louky by měly být sečeny 2krát až vícekrát do roka, vždy podle ročníku. Je potřeba pravidelného hnojení dusíkem, fosforem, draslíkem a mikroprvky. Dále je důležité pravidelné vápnění. Většinou stačí doplnění vápníku (Ca) v hnojivech (je-li v nich obsažen), je-li ovšem půda kyselá ($\text{pH} < 5$). Potom je třeba doplnit Ca, v dávkách do $1 \text{ t (CaO).ha}^{-1}$ za rok na středních půdách a do $0,8 \text{ t (CaO).ha}^{-1}$ za rok na lehkých půdách (Fiala et al., 2007). U pastvin je mimo hnojení a vápnění důležitá seč

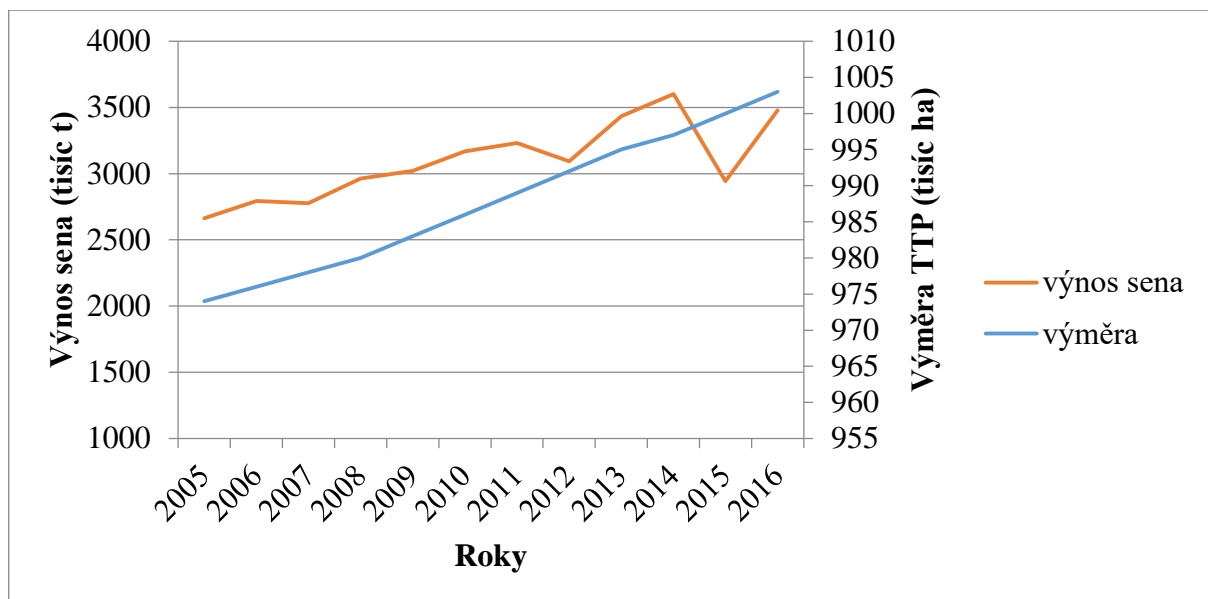
nedopasků, roztírání výkalů a správná volba intenzity pastvy vzhledem k podmínkám daného porostu.

Travní porost je složitým společenstvím různých druhů rostlin, mezi kterými jsou podstatné rozdíly v primární produkci. Před rokem 1990 se pro zvýšení produkce kladl důraz na dusíkaté hnojení. Ne vždy správně. Pastevní a luční agroekosystémy poskytují maximum krmiva s minimem investované energie a s poměrně širokým sklizňovým obdobím. Množství a kvalita úrody je závislá na ekologických podmínkách a využívání během vegetace. Nejjednodušším opatřením na uchování produktivity luk je včasná sklizeň. Seč vyvolává regeneraci porostu a provokuje tvorbu nadzemní fytomasy. Při sečném využití poskytuje trvalý travní porost (TTP) maximální produkci při první seči (Novák, 2008).

3.2 TTP ve světě a v ČR

Trvalé travní porosty se nacházejí na všech kontinentech, vyjma Antarktidy. Obecně se travní porosty ve světě dělí na tropické travní porosty (savany) a travní porosty mírného pásma (temperate grassland). Pro tyto obrovské pláně si tamní civilizace vymysleli svoje označení, takže v Asii to jsou stepi, v Severní Americe prairie, v Jižní Americe pampy, v Africe savany a v Austrálii pak downlands. U nás v Evropě pak máme jednu oblast v Maďarsku připomínající step, které se říká pusta.

Výměra zemědělské půdy v ČR v roce 2016 činila 4,2 mil. ha. Rozhodující část této plochy, asi 3 mil. ha (71 %) představuje orná půda. Trvalé travní porosty tvoří přibližně 1 003 tisíc ha, což je asi 23,8 % ze zemědělského půdního fondu (ČSÚ, 2017). Oproti roku 1996 je to nárůst o 56 tisíc ha (Graf 1). Největší výměry trvalých travních porostů se nacházejí v Jihočeském a Plzeňském kraji. Nejvyšších výnosů pak dosahují TTP v Praze.



Graf 1: Výnosy sena a výměry trvalých travních porostů v České republice z let 2005 – 2016 (ČSÚ, 2016 a ČSÚ, 2017).

3.3 Metody měření výnosů

Cayley et Bird (1996) uvádějí dělení metod, jak lze měřit biomasu travních porostů, na přímé (destruktivní) a nepřímé (nedestruktivní). Přímé metody jsou takové, kdy se měří biomasa lučního nebo pastevního porostu přímo, většinou při sklizni (luční porost). Nepřímé metody jsou založené na zjištění výnosu porostu na základě jiného parametru, jako je například výška, odrazivost, vodivost apod.

3.3.1 Výběr metodického postupu

Výběr metody mnohem častěji závisí na faktorech jako ekonomika, pohodlí a osobní preference, než na rozdílech v metodách podle přesnosti výsledků (Lile et al., 2001).

To kolik měření by se mělo provést, závisí na variačním koeficientu, což je vlastně procentuálně vyjádřená odchylka. Z toho vyplývá, že když je třeba detekovat co možná nejmenší odchylku, musí se provést více měření a musí být dostatek opakování variant. Při měření výnosu pastviny je též nutné zohlednit intenzitu využívání pastviny. Když je intenzita vyšší, porost je spásán rovnoměrněji, odchylka i koeficient variace je menší (Cayley et Bird, 1996).

3.3.2 Destruktivní (přímé) metody

Destruktivní metody jsou založeny na tom, že se poseká určitá část pozemku, biomasa se usuší a následně se určí výnos z jednotky plochy (Brockman et al., 1970). Další možností je určit sušinu porostu z malého vzorku a výnos vztáhnout právě na sušinu. Je lepší použít přepočít na samotnou sušinu, jelikož seno jako takové obsahuje neznámé množství fyzikálně vázané vody. Existuje i postup, kdy se váží přímo zelená hmota, zde je však obdobný problém s fyzikálně vázanou vodou. Při zjišťování výnosů u pastvin je potřeba zabránit zvířatům ve spásání a tudíž použít klece, které tak nadzemní biomasu ochrání (Obrázek 1). Sběr nadzemní biomasy se pak provádí buďto po seči porostu, nebo po skončení pastevní sezóny, nebo po přehnutí zvířat na jiný oplůtek. Vážení biomasy na lučních porostech probíhá vždy po seči, to znamená jednou až vícekrát do roka podle praxe lučního porostu.



Obrázek 1: Klec, která zamezuje spásání porostu (Cook, 2017).

Přímé metody jsou často ekonomicky nevýhodné a zároveň náročné na lidskou práci (Lile et al., 2001). Nicméně je třeba zohlednit, že se luční porosty musí přesto sklídit. Z tohoto úhlu pohledu je potom potřeba pouze pracovní síla, která usuší vzorky, zváží výnos a spočítá výnos hmoty na sušinu. V praxi se častěji vyjadřuje výnos sena, jelikož na stanovení sušiny jsou potřeba sušárny.

3.3.2.1 Přímá metoda měření travního porostu - Metoda Haydocka a Shawa (1975)

Tato metoda je poměrně rychlá, jednoduchá a poskytuje lepší dokumentaci odhadu výnosů než pouze vizuální metody, kdy se výnos biomasy predikuje na základě zkušeného odhadu (Despain et Smith, 1990).

Pastvina se vizuálně rozdělí do pěti částí podle toho, jak produktivní jsou (tzv. quadrat method). Nejprve se vybere nejproduktivnější (standard 1) a položí se na něj čtverce o známém povrchu. Poté se vybere nejméně produktivní a opět se na něj položí dané čtverce (standard 5). Následně se vybere oblast produktivně mezi těmito dvěma (standard 3) a opět se na něj položí čtverce. Standardy 4 a 2 se musí odhadnout jako varianty mezi standardy jedna a tři a mezi standardy tři a pět (Cayley et Bird, 1996).

Při výběru ignorujeme lokální extrémy ve výšce porostu. Velikosti čtverců mohou být velice flexibilní a záleží tedy pouze na pozorovateli (Despain et Smith, 1990).

Doporučuje se při výběru držet několika zásad:

1. Při posuzování standardů dva a čtyři, posuzujeme vždy každý zvlášť nezávisle mezi danými dvěma pozorováními.
2. Je vhodné, pokud to umožňují podmínky, mít všechny standardy pokud možno co nejbližší u sebe.
3. Jestliže je pastva momentálně spásána je nutné standardy ochránit klecemi proti spásání.
4. Pokud je více pracovníků, nebo je daný člověk nezkušený, je vhodné, aby se docílilo souladu, a tedy i menší odchylky, procvičením (Cayley et Bird, 1996).

V situacích s nízkým výnosem (méně než $0,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) bude obtížné rozlišit mezi jednotlivými standardy, jelikož rozdíly budou jen několik málo gramů. Z tohoto důvodu se používají pouze tři standardy, vhodnější je nicméně zvětšit čtverce (Despain et Smith, 1990). Jestliže je rozdíl mezi výnosy velký, nebo je třeba mít měření přesnější, lze zvolit meziměření například 1,5; 2,5; 6,5 a tím rozšířit škálu na devítimístnou.

Každý pracovník vyhodnotí počet čtverců v daných standardech pokládáním čtverců náhodně, například každých 10 kroků. Celkem je navrhováno 12 míst (Cayley et Bird, 1996). Jiní autoři doporučují navýšit počet čtverců na 100 až 200 (Despain et Smith, 1990). Následuje seč vybraných čtverců, a uchování biomasy pro transport.

Pomůcky, které jsou pro uplatnění této metody potřeba, jsou následující:

1. sada čtverců, nebo kruhů o známé ploše, nejčastěji $0,1 \text{ m}^2$
2. sada nůžek nebo jiných nástrojů na sklizeň pro odběr vzorků

3. štítky na popis, zapisovací blok a pomůcka na psaní nejlépe grafitová tužka (Cayley et Bird, 1996)

3.3.2.1.1 Práce v laboratoři

Práce v laboratoři vyžaduje samozřejmě kvalitní a spolehlivé vybavení, jako jsou sušárna, váha, nůžky, nůž, destilovaná voda, vysoušečky, keramické misky s tloučkem a popřípadě i jiné vybavení. Nedílnou a neméně důležitou součástí je také samotný laboratorní personál. Kvality, které by měl tento personál splňovat, jsou mimo jiné preciznost, spolehlivost, přesnost a odborná způsobilost.

Posečený porost je umístěn ihned po seči do igelitového pytle (kvůli zachování vlhkosti) spolu s papírovou visačkou pro identifikaci. Pro popis je lepší zvolit obyčejnou tužku než kuličkové pero, z toho důvodu, že mokrá tráva by mohla udělat popisek nečitelný. Štítek s popiskem je v pytli umístěn tak, aby byl čitelný. Pytel je lepší pouze zarolovat než zavázat (Cayley et Bird, 1996).

Pro některé účely je zapotřebí mít odhady floristického složení na suchém hmotnostním základu. Složení podle hmotnosti je pravděpodobně nejlepším měřítkem relativní zastoupenosti rostliny ve společenstvu. (Despain et Smith, 1990)

Jestliže se zjišťuje sušina, tak by měly být vzorky dopraveny co nejrychleji do laboratoře. Pokud je žádané zjednodušení práce, je lepší vážit samotný pytel s visačkou a podle toho poté kalibrovat váhu (v případě stejných hmotností všech pytlů a visaček). Zkondenzovaná voda na pytli se samozřejmě započítává také. Pokud je vzorek kontaminován zeminou, a je zamýšleno měření sušiny, je vhodné vzorky ještě pročistit čistou vodou. Následně je potřeba umístit vzorky na nějakou chvíli do síta, aby voda odkapala. Po zvážení se umístí biomasa i se štítkem do misky a suší se v sušárně do konstantní hmotnosti při 100°C. Jsou-li zamýšleny i další analýzy na chemický rozbor, je nutné sušit při teplotě 60°C. Suchá hmota je poté vážena ještě za horka, kvůli tomu, že při ochlazení by do sebe mohla nasát vzdušnou vlhkost. Při sušení je také možno používat papírové pytle. Rozhodně se nesmí přetěžovat možnosti sušárny, protože by při tomto nedodržení mohlo dojít k lokálnímu přehřátí hmoty. Následné výpočty je lepší provádět na počítači, aby se předešlo aritmetickým chybám.

Po dosušení se suchý materiál rozprostře, pokud se nebude analyzovat botanické složení, příliš vysoké rostliny se zkrátí. Následně je hromada rozdělena na čtvrtiny. Poté se dvě čtvrtiny vyřadí a na druhých dvou čtvrtinách se provede nové rozčtvrcení. Pokud je už čtvrcení obtížné kvůli velkým kusům, je vhodné tyto kusy ještě nastříhat. Pokud jsou vzorky

příliš malé, je vhodné ještě pořídit duplicitní vzorky z vyřazených hromad (Cayley et Bird, 1996).

3.3.2.2 Měření výnosů TTP v praxi

Pro měření výnosů v praxi se používají metody přímé (luční porosty), a k tomuto účelu se používají velké nákladní váhy. Jelikož by převažování každého přivezeného návěsu s pící zdržovalo, každý řidič si zvažuje pouze ten první přivezený. Řidiči si potom počítají, kolik návěsů píce navezli do silážního žlabu. Je více než jisté, že dochází k určitým odchylkám, nicméně ve velkovýrobě takováto množství nehrají roli. Měření výnosů má ve smíšeném zemědělském podniku hned několik důvodů. Z pohledu zootechnika je nejdůležitější zjistit, zda bude dostatek konzervované píce pro krmení na celý rok. V případě, že je dopředu jasné, že konzervované píce nebude dostatek, je vhodné nakoupit tuto píci od konkurence včas, dokud jsou nízké ceny. Další důvod, proč se zjišťuje množství odvezené píce z TTP je zjištění produkční schopnosti těchto porostů. K výnosovému faktoru je třeba zahrnout také stav porostu (botanické složení), protože nízká produkce porostu nemusí hned znamenat radikální obnovu. V některých případech má vliv na nízký výnos nerovnoměrné hnojení, nebo vliv počasí.

3.3.3 Nedestruktivní metody

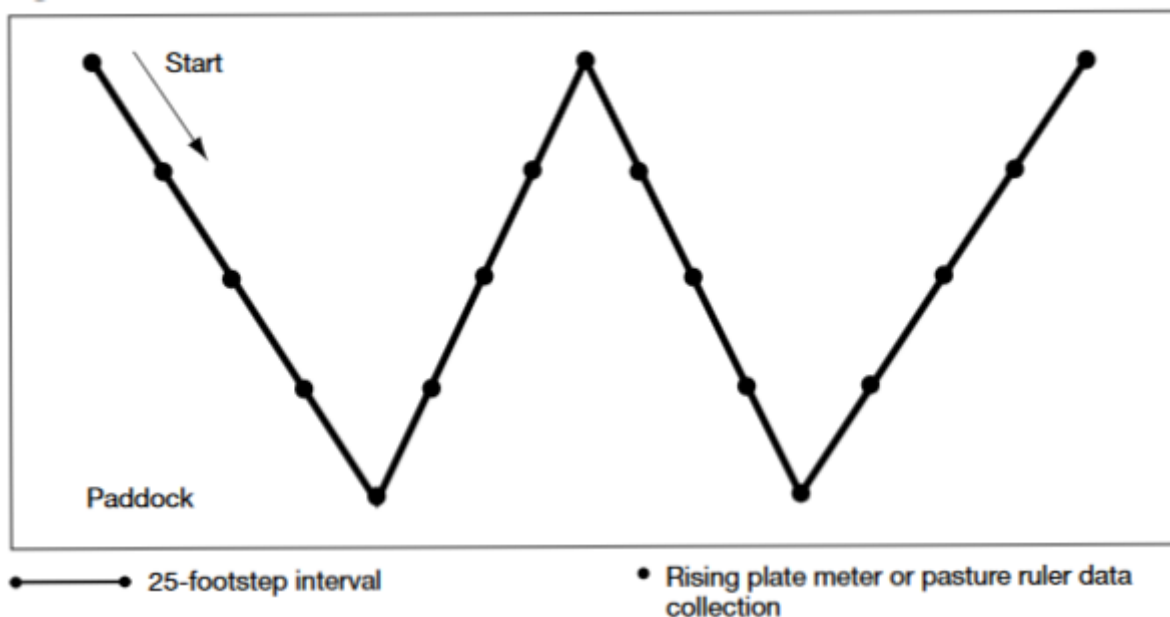
Nedestruktivní metody jsou používány z důvodu rychlejší proveditelnosti (Cayley et Bird, 1996). Mezi další výhody patří opakovatelnost na stejném místě (Flombaum et Sala 2007).

3.3.3.1 Čistý nárůst pastviny (Net pasture growth)

Čistý nárůst pastviny je průměrný přírůstek biomasy porostu za den a je spočítán tak, že se daný nárůst porostu v centimetrech (měřený jednou z nepřímých metod) vydělí počtem dní, které uplynou mezi oběma měřeními. Tento přírůstek může být i negativní (například přes zimu). Po uplynutí doby pastvy nebo po přehnutí dobytka na jiný oplůtek, nebo po skončení pastevní sezóny obecně, se změří výška porostu a provedou se výpočty. Tato část je náročná a závisí jak na schopnostech personálu, tak na počátečním výběru umístění klece (Cayley et Bird, 1996).

Pro to, aby se mohl výnos pastviny spočítat, je nutné zamezit zvířatům ve spásání určitých částí pastviny. K tomuto účelu jsou používány nejrůznější klece, které zamezují spásání v daném místě. Jsou používány dva typy klecí, a to kruhová klec o průměru 2,5 metru

(Riverina mesh), nebo obdélníková klec. Popřípadě je možnost samovýroby klece o vlastních rozměrech (Obrázek 1). Klece mají ve spodní části většinou hroty pro lepší připevnění. Pokud je půda příliš těžká je nutno tuto klec ještě ukotvit pomocí čepů. Klece by měly být umístěny raději podle tzv. quadrat method, než náhodnou metodou (Obrázek 2 – tzv. „W“ neboli „zig-zag“). Výsledky mohou být nepřesné kvůli nedopaskům (Cayley et Bird, 1996).



Obrázek 2: Náhodná metoda umístování klecí na pastvině, nebo jednotlivá měření s diskovým měřidlem rising plate meter – tzv. „W“ (Hall, 2006).

Obecně platí, že čím kratší je čas mezi položením klece a měřením, tím menší je dynamika růstu na chráněných a pasených místech. Také v závislosti na ekologických podmínkách produkují spásané rostliny jinou hmotnost biomasy ve srovnání se sečenými rostlinami pod klecemi (Scrivner et al., 1986).

3.3.3.1.1 Hamiltonova metoda (Hamilton method)

Tato nedestruktivní metoda je založena na vztahu mezi výnosem a výškou porostu. Správný postup je takový, že je provedeno nejméně pět měření z každé klece. Tato místa jsou označena drátěným kolíkem, abychom věděli, kde měřit příště. Po spasení daného porostu se měření provádí znovu. V této metodě je doporučováno měřit diskovými měřidly (především diskovým měřidlem weighted disc), kvůli tomu, že u jiných způsobů měření (především

pastevní pravítka) nejsme schopni měřit ty samé rostliny a mohly by vznikat odchylky (Hamilton et al., 1976). Zmíněné metody budou popsány v dalších kapitolách.

3.3.3.2 Pastevní pravítko (Sward height stick)

Metoda měření podle tohoto pravítka byla rozšířena mezi farmáři ve Velké Británii a je oblíbená především kvůli její jednoduchosti. Postup je takový, že se použije deska (většinou podložka na psaní o rozměru A4) na mírné stlačení porostu a na hraně pravítka, které se přiloží kolmo k této desce, se přečte výška porostu (Cayley et Bird, 1996). V Británii organizace jménem Agricultural Development and Advisory Service (ADAS) posílá farmářům listy s tabulkami, aby měli přehled, jakých výnosů je kde dosahováno. Instrukce organizace ADAS jsou následující: měřit výšku v pravidelných intervalech chozením po pozemku ve tvaru písmene W (Obrázek 2), do té doby než vznikne konstantní výsledek (Hall, 2006).

3.3.3.3 Disková měřidla

Tyto měřidla mají několik společných rysů. Jedná se o nástroje vyrobené z různých materiálů, jako jsou plast, kov, dřevo a dokonce karton (Ganguli et al., 2000). Samotné měřidlo se skládá ze dvou částí: měřicí tyče a disku (Obrázek 3).

Měřicí tyč je kalibrovaná podle pravítka nejčastěji jsou na ní vyobrazeny dílky v centimetrech. Některá disková měřidla využívají jednoduchý skládací metr na místo kalibrované tyče (Sharrow, 1984). Disk je nejčastěji kruhového tvaru o definovaném povrchu. Uprostřed disku se vždy nachází otvor, kterým se provléká měřicí tyč. Samotné měření probíhá tak, že se do otvoru vloží měřicí tyč, konec tyče se přiloží na povrch půdy a talíř se pomalu spouští na vegetační pokryv. Disk se nechá malou chvíli sednout na vegetaci a potom se odečte hodnota takzvané stlačené výšky (compressed sward height).

Whitney (1974) měřil také tím způsobem, že spouštěl disk do té polohy, než se dotknul na třech místech vegetace, a potom odečetl hodnotu.

Tyto metody měření jsou mnohem přesnější než měření pomocí pastevních pravítek (sward height stick), protože nezohledňují pouze výšku daného porostu ale i jeho hustotu. Dohromady tyto dva údaje tvoří tzv. „bulk density,“ což by se dalo přeložit jako hustota biomasy (Hall, 2006).

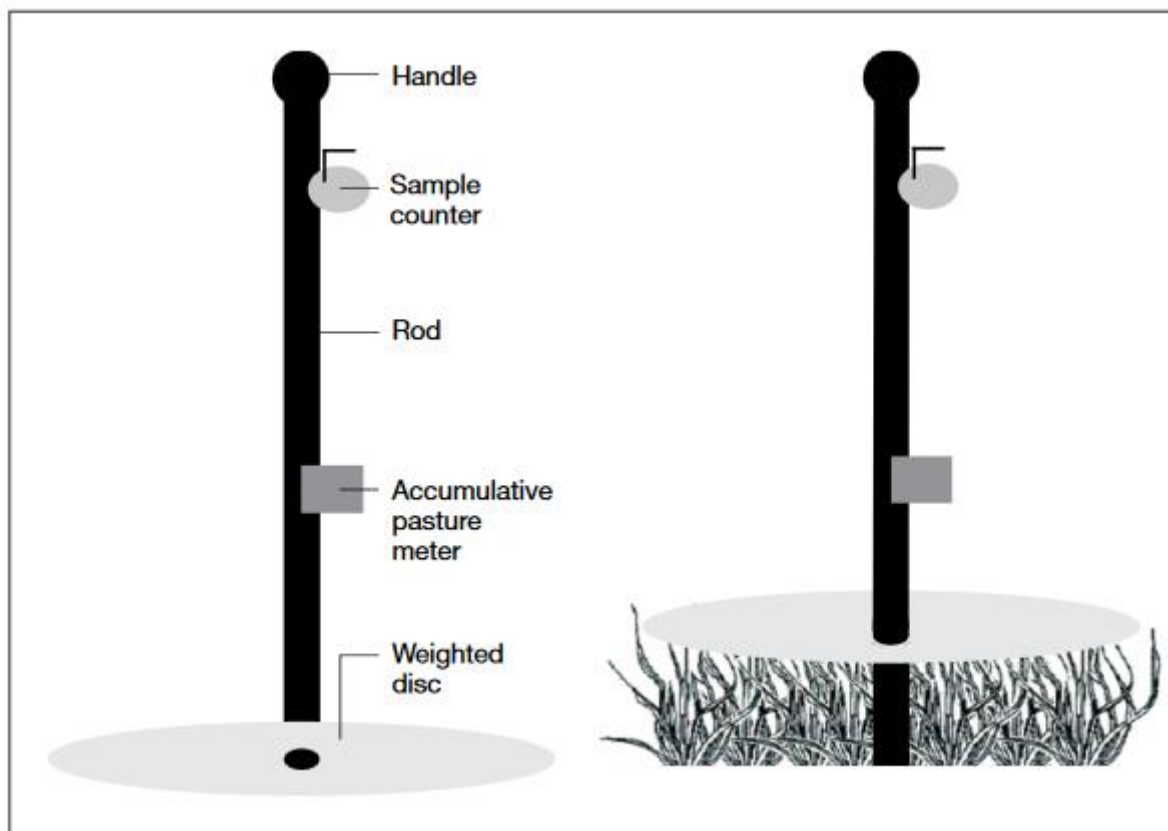
3.3.3.3.1 Rising plate meter podle Rayburna (1998)

Toto diskové měřidlo výšky porostu je vyrobeno z 5 - 6 mm silného akrylu, avšak jeho tvar je čtvercový a má stranu 46 cm dlouhou. Uprostřed je otvor na skládací metr o průměru 3,8 cm. Tento disk byl testován na šestioplůtkové pastvině. Koeficient determinace mezi předpokládaným a skutečným výnosem byl stanoven na $r^2 = 0,52$. Relativně slabá závislost byla zřejmě způsobena uniformní výškou šestioplůtkové pastviny (v porovnání s kontinuálním systémem). Autoři uvádějí, že toto měřidlo dosahuje přesnějších měření než používané kovová disková měřidla (Rayburn et Rayburn, 1998). Dnešní cena tohoto měřidla by byla něco okolo 300 – 400 Kč.

3.3.3.3.2 Rising plate meter

Ve Spojených státech amerických, konkrétně na západě Oregonu se od roku 1978 začal používat rising plate meter (RPM), který je na výrobu velmi jednoduchý a na sledování výšky porostu velice přesný. Tento nástroj lze jednoduše vyrobit za 2 hodiny a na materiál se spotřebuje 15 dolarů tedy asi 400 korun českých (Santilan et al., 1979). Nástroj se sestává z měřicí tyče a z disku (Obrázek 3). Jako nejvhodnější materiál se ukázala průhledná umělá hmota. Tento materiál byl zvolen kvůli svojí lehkosti, optické průhlednosti, odolnosti, cenové dostupnosti a v neposlední řadě taky kvůli jednoduchosti opracování a použití (Ganguli et al., 2000). Jelikož je držadlo, které je součástí disku vyrobeno z průhledného materiálu, je možné odečítat hodnotu zespoda disku. Protože je však lepší odečítat hodnotu nad držadlem, tak se musí pravítko posunout právě o délku držadla (Sharrow, 1984).

Koeficient determinace, který byl vypočten pro vztah mezi výškou porostu a jeho výnosem, byl stanoven na $r^2 = 0,92$. Disk má v průměru 50 cm a je tlustý 5 mm, váží 1,1 kg a zaujímá plochu 0,2 m čtverečního, což jsou podobné parametry, jako použil Santilan et al. (1979.).



Obrázek 3: Schéma diskového měřidla (Hall, 2006).

Michalk et Herbert (1977) porovnávali metodu výpočtu výnosu na základě výšky porostu měřené pomocí RPM s přímou metodou a zjistili koeficient determinace mezi výškou porostu a hmotností biomasy $r^2 = 0,81$. Tato metoda je považována za jednu z nejpřesnějších mezi metodami nepřímými. Tento typ měření není vhodný pro polehlé a zničené porosty (López Díaz et González-Rodríguez, 2003).

Měření diskovým měřidlem rising plate meter je vzhledem k přímé metodě relativně levnější. Ale kvůli nepřesnosti spojené s převodem výšky porostu na výnos biomasy a následnou kalibrací, se tato metoda mezi farmáři neuchytila.

Scrivner et al. (1986) ve své práci také dávají do souvislosti výšku porostu měřenou pomocí diskového měřidla rising plate meter v šesti různých obdobích spolu s výnosem biomasy a sestavují rovnice na půdorysu $y = a + bx$. Ze zjištěných dat sestavují také graf, kde je 6 křivek, které mají jiný sklon a směr. Z uvedeného vyplývá, že sestavení takovýchto rovnic bude závislé nejenom na stanovištních a klimatických podmínkách, ale také na průběhu počasí během roku. Vzhledem k těmto výsledkům a výsledkům dalších prací, lze dospět k závěrům, že nelze vědecky vypočítat takovou universální rovnici, která by tento vztah upravovala, a která by platila po celém světě. (Lile et al., 2001)

3.3.3.3 Těžký disk (weighted disc)

Tento disk je velice podobný již zmíněným diskovým měřidlům, ačkoli několik rozdílů zde je. První z nich je, že tento disk má povrch $0,1 \text{ m}^2$, což odpovídá průměru 35,7 cm. Další rozdíl je, že disk váží 3 kilogramy. Měření probíhá tak, že se měřicí tyč umístí na povrch země, vloží se na ní disk a nechá se pomalu sedat na porost. Po 5 - 10 sekundách sedání se odečte hodnota. Poté se průměrují jednotlivé varianty, případně probíhají další výpočty a analýzy. Někdy je tento tzv. „padající disk“ (Bransby et al., 1977) upřednostňován před diskovým měřidlem rising plate meter (Earle et McGowan, 1979) z toho důvodu, že jsou zde menší odchylky mezi tím, když měří porost různí pracovníci (Cayley et Bird, 1996). Nicméně při porovnání s přímou metodou měření těžkým diskem zaostává v některých obdobích. V novozélandském Hamiltonu vyšlo jako nejlepší období pro objektivní měření zima, zatímco jako nejhorší pozdní léto a podzim. Významné rozdíly v rozdílnosti mezi sezónními obdobími se zdály být způsobeny změnami jak v procentu výnosu suché hmoty, tak v poměrech jednotlivých druhů rostlin. (Powell, 1974)

3.3.3.4 Kapacitní elektrometr (Electronic capacitance meter)

Tyto přístroje bývají lehké a snadno přenosné. Zdokonalené měřiče reagují na plochu rostlin, která se snímá na určité části pozemku, kvůli tomu jsou méně citlivé na změnu vlhkosti v rostlinách (Vickery, 1980).

Crosbie et al. (1987) zkoušeli velké množství těchto přístrojů, a například zjistili, mimo jiné, velkou časovou úsporu oproti jiným metodám. Nicméně tyto elektrometry musí být kalibrovány pro jednotlivé klimatické a jiné podmínky.

Měřicí systém měří rozdíly v dielektrických konstantách mezi vzduchem a rostlinami a tím měří kapacitu směsi vzduch-travní porost, reagující hlavně na ploše samotného povrchu (López Díaz et González-Rodríguez, 2003).

V naprosté většině podmínek tato metoda nedosahovala takové přesnosti jako těžký disk, z čehož vyplývá, že se v praxi moc neujala. Nevýhody potom převažují nad výhodami a jsou následující: tento způsob měření je dražší a závisí hodně na vlhkostních a půdních podmínkách. A právě kalibrace na tyto podmínky je velice obtížná. Avšak je zde i několik nesporných výhod. Tento přístroj je snadněji přenosný než již zmíněný disk, měření tolik nepoškozuje vegetaci a je možnost ukládat výsledky přímo do přístroje. Jeho použití je vhodnější především ve strmých svazích a kamenitých pastvinách (Cayley et Bird, 1996).

3.3.3.5 Spektroradiometr

Jedná se o přístroje, jejichž součástí bývá emitor světla, který vysílá předem definované záření, detektor, který měří odražené záření, a jeho množství, a trojnožka, na které je přístroj upevněn (Vescovo et al., 2012).

Komerční název jednoho takového přístroje je Greenseeker RT500, který se nejčastěji používá v precizním zemědělství pro aplikaci pesticidů a hnojiv. Jednou z jeho výhod je jeho použití za jakýchkoliv podmínek, dokonce i v noci. Tento přístroj našel jiné uplatnění také v píceinářství, pro odhad výnosů biomasy u travních porostů (Flynn et al., 2008). Pracuje následovně: vysoce intenzivní světlo diody ozařuje porost s červeným (660 nm) a blízkým infračerveným zářením (Near infrared radiation – NIR - 780 nm) při vysokých frekvencích, zatímco fotodiodový detektor měří reflexní světlo (Anonym, 2017). Idea je taková, že detektor zachytí vracející se záření z porostu a vypočítá hodnotu normalizovaného rozdílu vegetačního indexu. Tento přístroj použili Flynn et al. (2008) a zjistili, že tento index byl v korelaci s výnosem suché hmoty ($P = 0,0001$; $r^2=0,68$) a s měřením pomocí diskového měřidla rising plate meter ($r^2= 0,54$). Experiment byl prováděn na dvou lokalitách ve státě Kentucky.

4 Materiál a metody

4.1 Charakteristika stanovišť

Česká Zemědělská Univerzita, konkrétně Katedra pícninářství a trávnickářství, má na dvou lokalitách v České republice založené pokusy s hnojením trvalých travních porostů. Jedná se o dvousečné až třísečné dlouhodobé experimenty na lučních porostech, kde se sleduje botanické složení, výnos suché hmoty a další charakteristiky.

Každý pokus je rozdělen do čtyř opakování po šesti variantách, přičemž každá samostatná parcela je ještě rozdělena na půlku. Varianty jsou následující: kontrola (nehnojená varianta), PK (fosfor, draslík), 50NPK, 100NPK, 150NPK, 200NPK. Každé číslo před N (dusíkem) znamená ekvivalent množství této živiny na hektar v čisté formě (tzn. 200NPK – 200 kg N na hektar). Všechny varianty jsou umístěny do znáhodněných bloků (Tabulka 1). Před rokem 1991 se používalo dvojnásobných dávek hnojiv. Hnojení je prováděno na jaře ledkem amonným s vápencem ($\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$) a na podzim superfosfátem ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4$) – 40 kg(P).ha⁻¹ a draselnou solí (KCl + NaCl) – 100 kg(K). ha⁻¹. Analyzovaná data pocházejí z těchto variant, které jsou pravidelně hnojené. Na již zmiňované druhé půlce je zkoumáno reziduální působení hnojiv. Druhá půlka parcely se nehnojí od roku 1992.

4.1.1 Černíkovice

První pokus se nachází u obce Černíkovice v okrese Benešov. Nadmořská výška je 363 m n. m., průměrná roční teplota 8,1 °C, průměrný roční úhrn srážek 600 mm (meteorologická stanice Ondřejov, 485 m. n. m.). Jedná se o půdní druh hlinitý a typ fluvisol glejový, průměrná hloubka podzemní vody se nachází 0,5 m pod povrchem. Dříve se na stanovišti nacházel rybník. Louka je mezofytního až mezohygrofytního charakteru. Pokus byl založen v roce 1966 na ploše o velikosti 24 x 30 m. Každá parcela má tedy velikost 3 x 5 m. Porost patří do svazu *Deschampsion caespitosae* s vysokou dominancí psárky luční.

4.1.2 Senožaty

Druhý pokus byl založen u obce Senožaty v okrese Pelhřimov. Nachází se v nadmořské výšce 476 m n. m. Průměrná roční teplota vzduchu je 6,7 °C a průměrný roční úhrn srážek je 675 mm (meteorologická stanice Košetice, 520 m. n. m.). Jedná se o půdní druh hlinitopísčítý a typ stagnosol. Hladina podzemní vody se nachází v 0,3 – 1 m pod

povrchem. Pokus byl založen v roce 1976. Parcely mají velikost 3 x 4 m. Celý pokus má plochu 24 x 24 m. Porost patří do svazu *Arrhenatherion elatioris*.

Tabulka 1: Design a uspořádání experimentů, nacházejících se na stanovištích v Černíkovcích a Senožatech.

kontrola	150NPK	200NPK	PK	50NPK	100NPK
200NPK	PK	50NPK	100NPK	kontrola	150NPK
100NPK	kontrola	150NPK	200NPK	PK	50NPK
PK	50NPK	100NPK	kontrola	150NPK	200NPK

4.2 Metody

Praktická část této práce se věnuje dvěma nepřímým metodám a metodě přímé. Jedná se o měření pomocí diskového měřidla rising plate meter (RPM) a vypočtení potenciální výšky porostu (PSH) vypočtené z průměrné uváděné výšky druhů pomocí botanického klíče (Kubát, 2002) a jejich pokrývnosti.

4.2.1 Metoda měření pomocí měřidla rising plate meter

Měření pomocí diskového měřidla rising plate meter (RPM) proběhlo 25. 5. 2017 na černíkovickém pokuse a 7. 6. 2017 na pokuse u Senožat. Na každé parcele bylo provedeno osm měření. Měření probíhalo tak, že se konec kalibrované tyče postavil na zem a po ní se pomalu spouštěl disk RPM přímo na porost. Poté se zapsala hodnota, která představuje stlačenou výšku porostu.

Pro měření byl použit hliníkový rising plate meter, jehož disk má průměr 301 mm a váží 237,8 g (Obrázek 4).



Obrázek 4: Měření pomocí diskového měřidla rising plate meter v praxi (foto: Zuzana Hrevušová).

4.2.2 Výpočet potenciální výšky porostu

Potenciální výška porostu (PSH) vypočtená z pokryvnosti druhů a průměrných výšek daných druhů zjištěných z botanického klíče (Kubát, 2002) se počítá následovně:

Pokryvnost jednotlivých druhů se určí metodou odhadu pomocí projektivní dominance. Tato metoda je založena na tom, že jsou zachyceny procentuální pokryvnosti jednotlivých druhů (minimální hodnotou je 0,5 %) z definované výměry - v tomto případě 2 x 1 m². Součet těchto pokryvností dávají přes 100 %. Pro následující výpočty je potřeba procenta pokryvnosti převést na koeficienty tím, že jsou vyděleny 100.

Ke každému jednotlivému druhu, který se na dané parcele vyskytuje, jsou připsány průměrné výšky zjištěné v botanickém klíči (Kubát, 2002). Díky vynásobení průměrných výšek a pokryvností jednotlivých druhů a následnému součtu jednotlivých mezivýsledků vzniká výsledek, který se nazývá potenciální výška porostu (PSH).

4.2.3 Přímá metoda

Přímá metoda je založena na zvažení biomasy z definované plochy a následném přepočtení na výnos sušiny z 1 ha. První seč porostů probíhala 26. 5. 2017 na pokuse u Černíkovice a 8. 6. 2017 na pokuse u Senožat. Na sklizeň byla použita sekačka s prstovou žací lištou MF – 70 se záběrem 140 centimetrů. Každá parcela se posekala na šířku, tedy na 4 m

(Senožaty) a 5 m (Černíkovice) a posečená biomasa se shrabala. Dále se biomasa vážila pomocí ruční závěsné váhy a loktuše (Obrázek 5). Z každé varianty se nakonec odebral vzorek o hmotnosti 200 – 300 g na změření sušiny. Vzorky se sušily při teplotě 60°C do konstantní hmotnosti.



Obrázek 5: Vážení biomasy lučního porostu (foto: autor).

4.3 Statistické zpracování

Získané podklady o výnosech, výšce porostu a druhovém složení lučního porostu jsou evidovány v počítačovém programu MS Excel. Výsledky z první seče byly statisticky zpracovány v programu STATISTICA 12, metodou ANOVA a Tukeyho post-hoc testem. Vztah mezi výnosem biomasy a výškou porostu byl vyhodnocen pomocí jednoduché lineární korelace.

5 Výsledky

5.1 Černíkovice

Nejvyšší naměřená průměrná výška měřená pomocí diskového měřidla rising plate meter (RPM), byla zaznamenána na variantě 50NPK, zatímco nejnižší průměrná výška měřená pomocí RPM na variantě s nejvyšší úrovní výživy, a sice 200NPK. Podobná průměrná výška jako u varianty 200NPK byla zaznamenána na variantě kontrola, nebo variantě 150NPK. Jednotlivá měření stlačené výšky porostu (CSH) oscilovaly u varianty kontrola mezi 15 cm až 27 cm, u varianty 200NPK mezi 14 cm až 33 cm, ale u varianty 150NPK dokonce mezi 5 cm – 40 cm. Nejvyšší měření bylo zaznamenáno na variantě 50NPK (46 cm), zatímco nejnižší na variantě 150NPK (5 cm). O průkazných rozdílech v průměrných výškách se dá hovořit pouze v případech mezi variantou 50NPK a variantami kontrola, PK a 200NPK, dále mezi variantou 100NPK a variantami PK a 200NPK ($p < 0,05$). Mezi variantami s nejnižší a nejvyšší úrovní hnojení se o průkazný rozdíl v CSH nejedná (Tabulka 2).

U výnosů je možno vidět trend, že čím vyšší úroveň hnojení tím vyšších výnosů varianta v průměru dosahuje. Je možno si také všimnout snižující se intenzity nárůstu výnosu s vyšší intenzitou hnojení. Zatímco rozdíl mezi variantou PK a 50NPK je $1,63 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, rozdíl mezi 150NPK a 200NPK je pouze $0,24 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($p < 0,05$). Za zmínku stojí také fakt, že mezi variantou kontrola a variantou PK nebyl nalezen průkazný rozdíl. Nejvyšší zaznamenaný výnos byl zaznamenán na variantě 150NPK, nejnižší výnos pak na variantě PK.

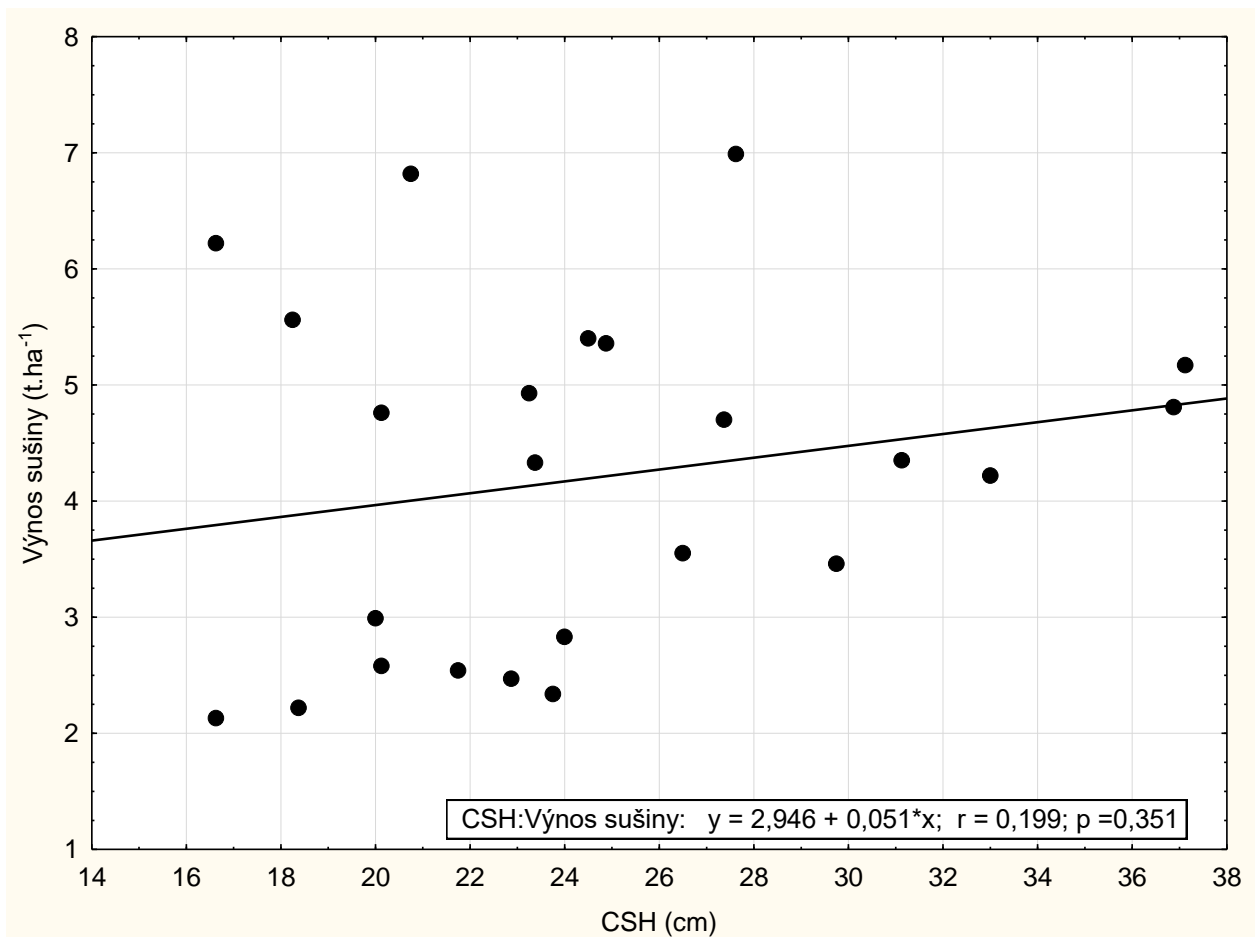
U potenciální výšky porostu si lze také všimnout trendu, že čím je vyšší úroveň výživy, tím je vyšší i potenciální výška. Varianty 50NPK, 100NPK, 150NPK a 200NPK se mezi sebou v potenciální výšce statisticky neliší (Tabulka 2).

Tabulka 2: Dlouhodobý luční pokus u obce Černíkovice (okres Benešov). Průměrné hodnoty stlačených výšek porostu (CSH), měřených pomocí diskového měřidla rising plate meter, výnosů sušiny a potenciálních výšek porostů (PSH) u jednotlivých variant a jejich směrodatné odchylky. Rozdílná písmena u jednotlivých hodnot ukazují statistické rozdíly mezi jednotlivými variantami na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (Tukey).

varianty	CSH [cm]	σ CSH	výnos [t.ha ⁻¹]	σ výnosů	PSH [cm]	σ PSH
kontrola	21,19ab	1,194	2,65ab	0,203	58,07ab	7,569
PK	20,69a	3,248	2,38a	0,270	57,27a	4,731
50NPK	31,53c	3,847	4,01bc	0,547	67,5bc	6,697
100NPK	29,72bc	5,103	4,79cd	0,302	74,26c	3,215
150NPK	23,53abc	3,409	5,56d	0,948	74,15c	3,616
200NPK	20,50a	2,794	5,80d	0,784	75,06c	2,778

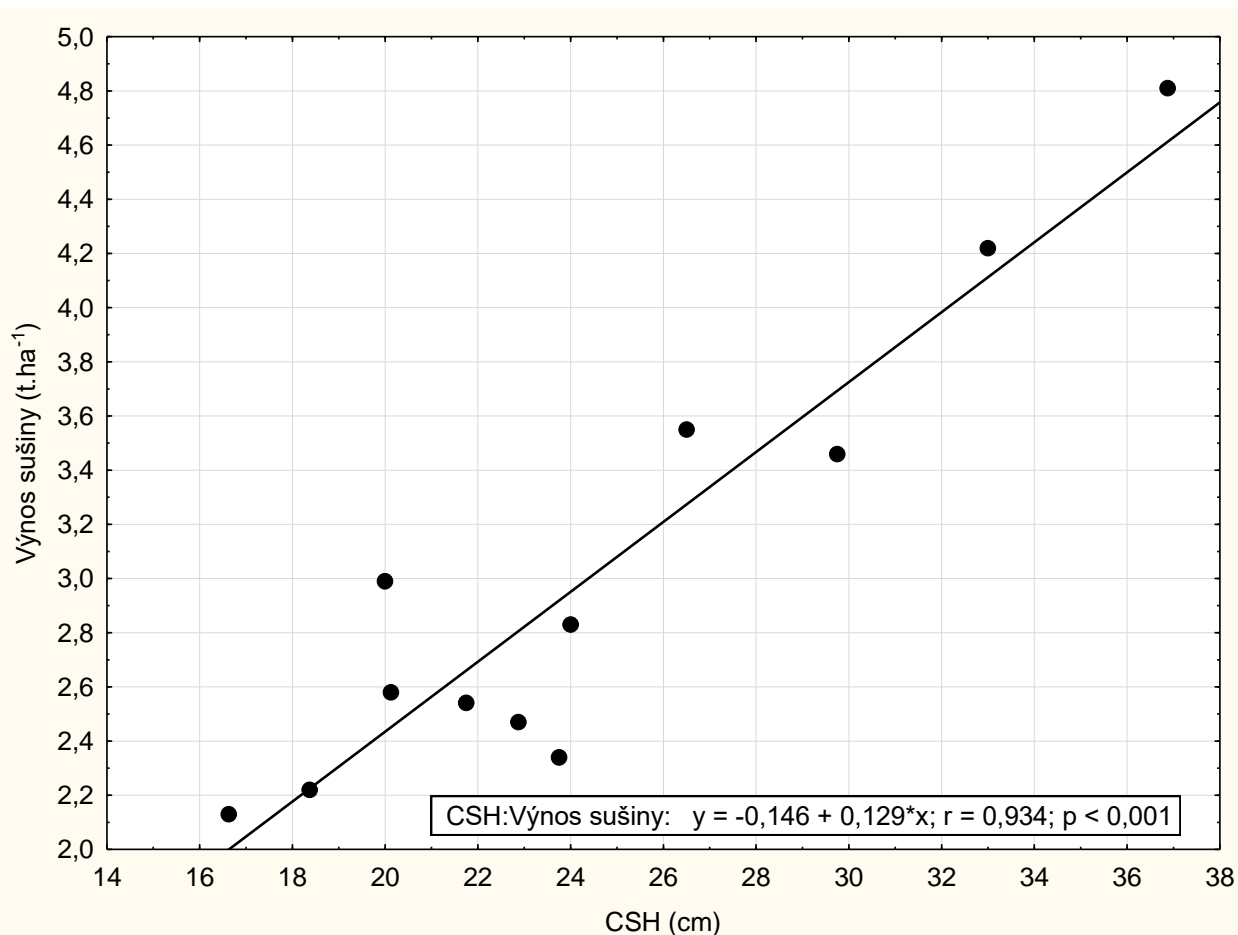
5.1.1 Vliv průměrné výšky měřené diskovým měřidlem rising plate mete na výnos sušiny

Při hodnocení korelace mezi výnosem biomasy a průměrnou výškou porostu (CSH) při zahrnutí všech dat ze všech variant byl vypočten korelační koeficient $r = 0,199$ (Graf 2) a nebyl nalezen průkazný vztah ($p = 0,351$). Z důvodu velké variability dat z intenzivně hnojených variant byly odděleně hodnoceny varianty s nízkou úrovní hnojení a právě varianty s vysokou intenzitou hnojení (Graf 3 a Graf 4)



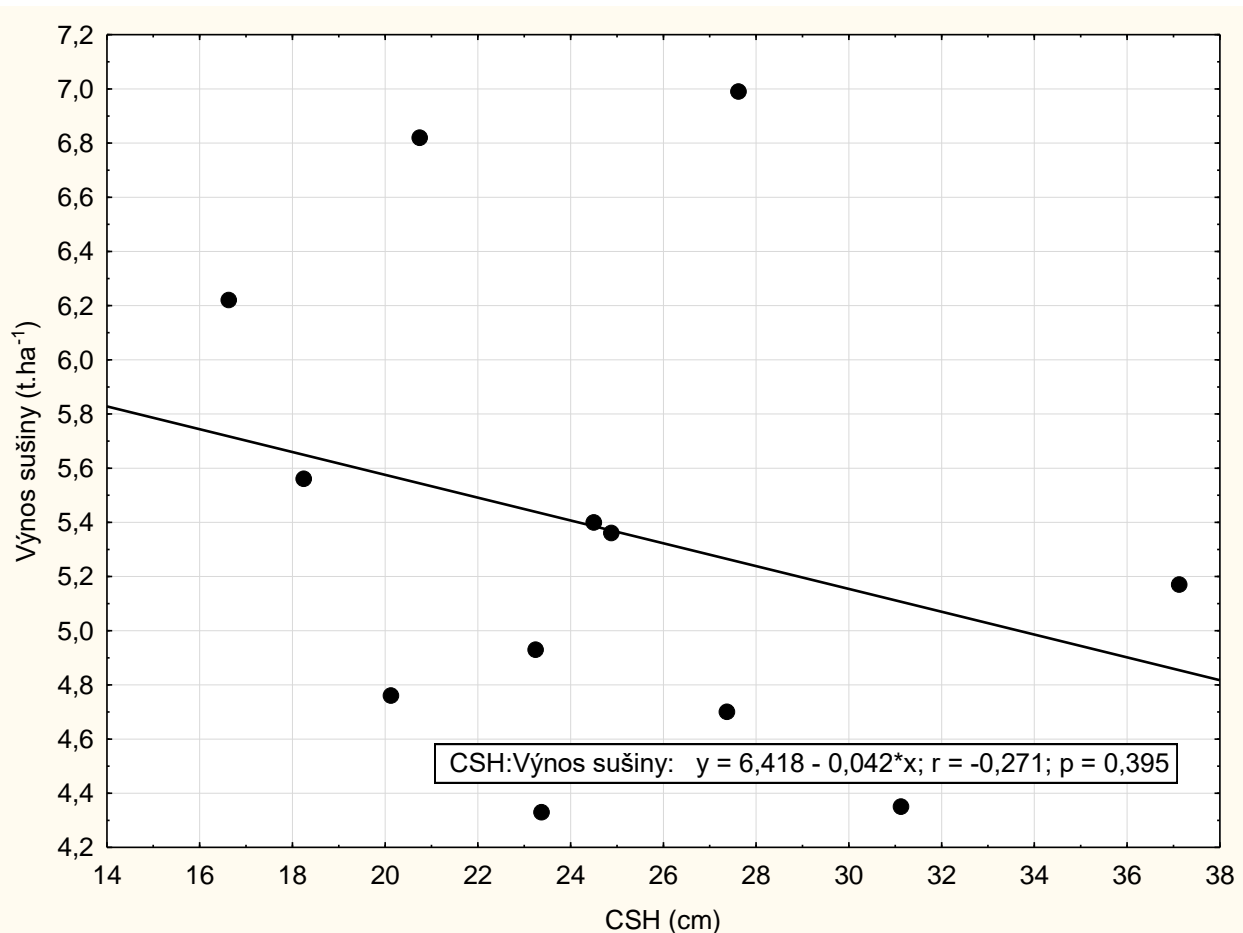
Graf 2: Jednoduchá lineární korelace mezi výnosem sušiny a průměrnou stlačenou výškou porostu (CSH) měřenou pomocí diskového měřidla rising plate meter na dlouhodobém lučním pokuse u obce Černíkovice (okres Benešov) u variant kontrola, PK, 50NPK, 100NPK, 150NPK a 200NPK.

V grafu 3 si lze všimnout průkazné korelace mezi průměrnou výškou porostu (CSH) a výnosem suché hmoty u variant kontrola, PK a 50NPK ($p < 0,001$). Korelační koeficient pro tyto varianty byl vypočten jako $r = 0,934$, jedná se tedy o silnou přímou závislost. Regresní rovnice, která popisuje závislost mezi výnosem sušiny a stlačenou výškou u těchto variant je následující: $y = - 0,146 + 0,129*x$.



Graf 3: Jednoduchá lineární průkazná korelace mezi výnosem sušiny a průměrnou stlačenou výškou porostu (CSH) měřenou pomocí diskového měřidla rising plate meter na dlouhodobém lučním pokuse u obce Černíkovice (okres Benešov) u variant kontrola, PK a 50NPK.

U variant hnojených vyššími dávkami dusíku (100NPK, 150NPK a 200NPK) nebyla zjištěna průkazná korelace mezi výnosem sušiny a průměrnou výškou porostu měřenou pomocí diskového měřidla rising plate meter ($p = 0,394$). Data o průměrných výškách porostů a výnosech biomasy byly u jednotlivých variant ve značné nerovnováze (Graf 4). Nejvyšší průměrná výška byla naměřena na variantě 100NPK, zatímco nejvyšší průměrný výnos byl naměřen na variantě 200NPK (tabulka 1). Korelační koeficient pro tyto tři varianty byl vypočten na $r = (-0,271)$, korelační přímka má dokonce klesající tendenci.

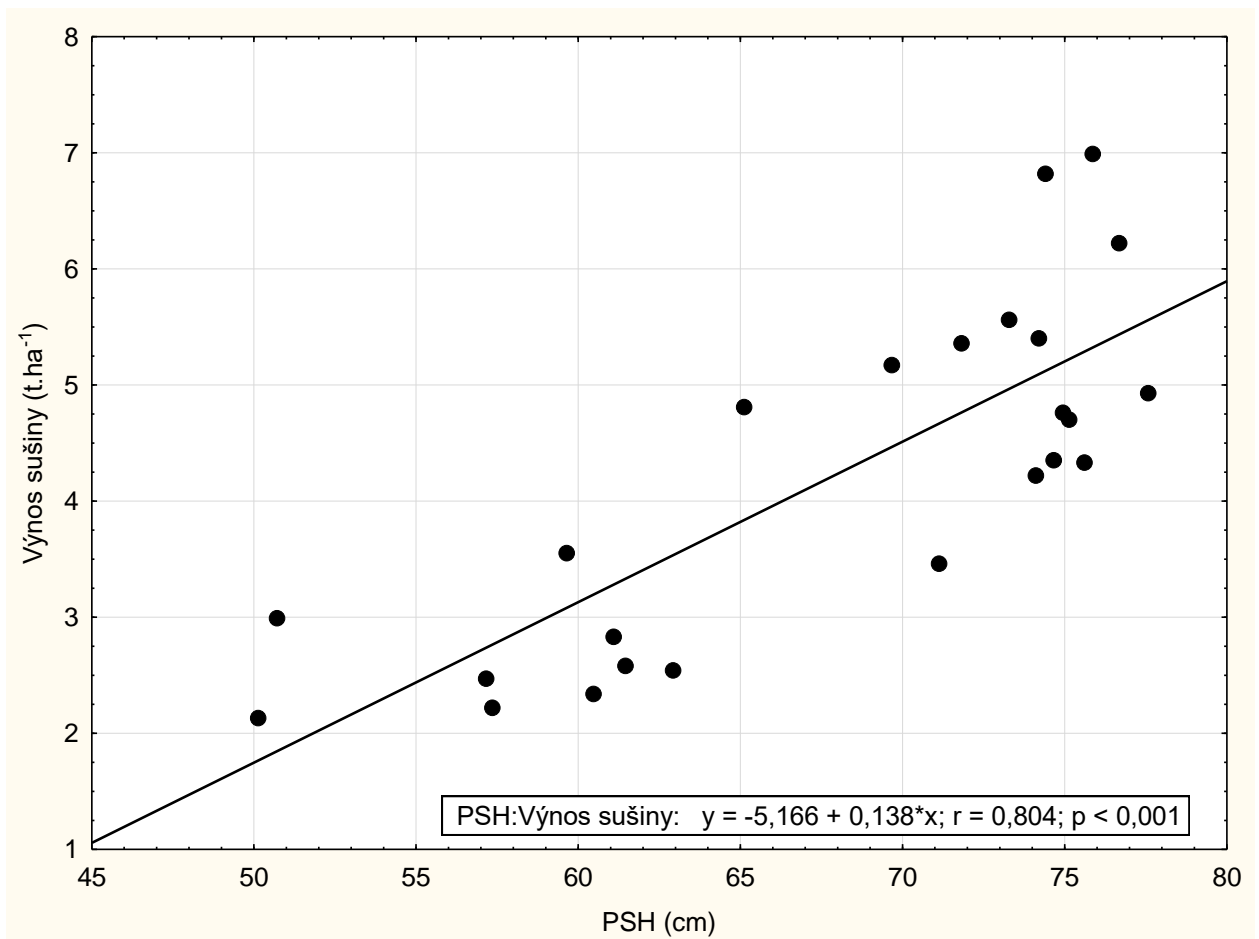


Graf 4: Jednoduchá lineární korelace mezi výnosem sušiny a průměrnou stlačenou výškou porostu (CSH) měřenou pomocí diskového měřidla rising plate meter na dlouhodobém lučním pokuse u obce Černíkovice (okres Benešov) u variant 100NPK, 150NPK a 200NPK.

5.1.2 Vliv potenciální výšky porostu na výnos sušiny

Při hodnocení korelace mezi PSH a výnosem sušiny byl nalezen průkazný vztah ($p < 0,001$). V případě tohoto vztahu nebyla shledána tak vysoká variabilita dat, jako tomu bylo v předešlém případě, a proto se všechny varianty hodnotily společně. Korelační koeficient byl vypočten jako $r = 0,805$.

Data jsou do jisté míry rozkolísaná, avšak korelační přímka má rostoucí tendenci (Graf 5).



Graf 5: Jednoduchá lineární korelace mezi výnosem sušiny a potenciální výškou porostu (PSH) na dlouhodobém lučním pokuse u obce Černíkovice (okres Benešov) u variant kontrola, PK, 50NPK, 100NPK, 150NPK a 200NPK.

5.2 Senožaty

Nejvyšší naměřená průměrná výška porostu (CSH) měřená diskovým měřidlem RPM byla zaznamenána na variantě 150NPK, zatímco nejnižší průměrná výška byla zaznamenána na variantě s nejnižší úrovní výživy, a sice na variantě kontrola (Tabulka 3). Nejvyšších naměřených hodnot stlačené výšky (CSH) u jednotlivých měření bylo zaznamenáno na variantě 150NPK, a sice 59 cm, zatímco nejnižší výška byla zaznamenána na variantě kontrola, a to 7 cm.

U výnosů je možno opět vidět trend, že čím vyšší je úroveň hnojení, tím vyšších výnosů varianta v průměru dosahuje. Je možno si opět také všimnout snižující se intenzity nárůstu průměrných výnosů s vyšší intenzitou hnojení. Zatímco rozdíl mezi variantou PK a 50NPK je 1,74 t. ha⁻¹, rozdíl mezi 150NPK a 200NPK je už neprůkazný a dosahuje (- 0,43 t. ha⁻¹).

Nejvyšší zaznamenaný výnos byl zaznamenán na variantě 150NPK (7,92 t.ha⁻¹), nejnižší výnos pak na variantě kontrola (0,96 t.ha⁻¹).

U potenciální výšky porostu si lze také všimnout trendu, že čím vyšší je úroveň výživy, tím vyšší je potenciální výška (PSH).

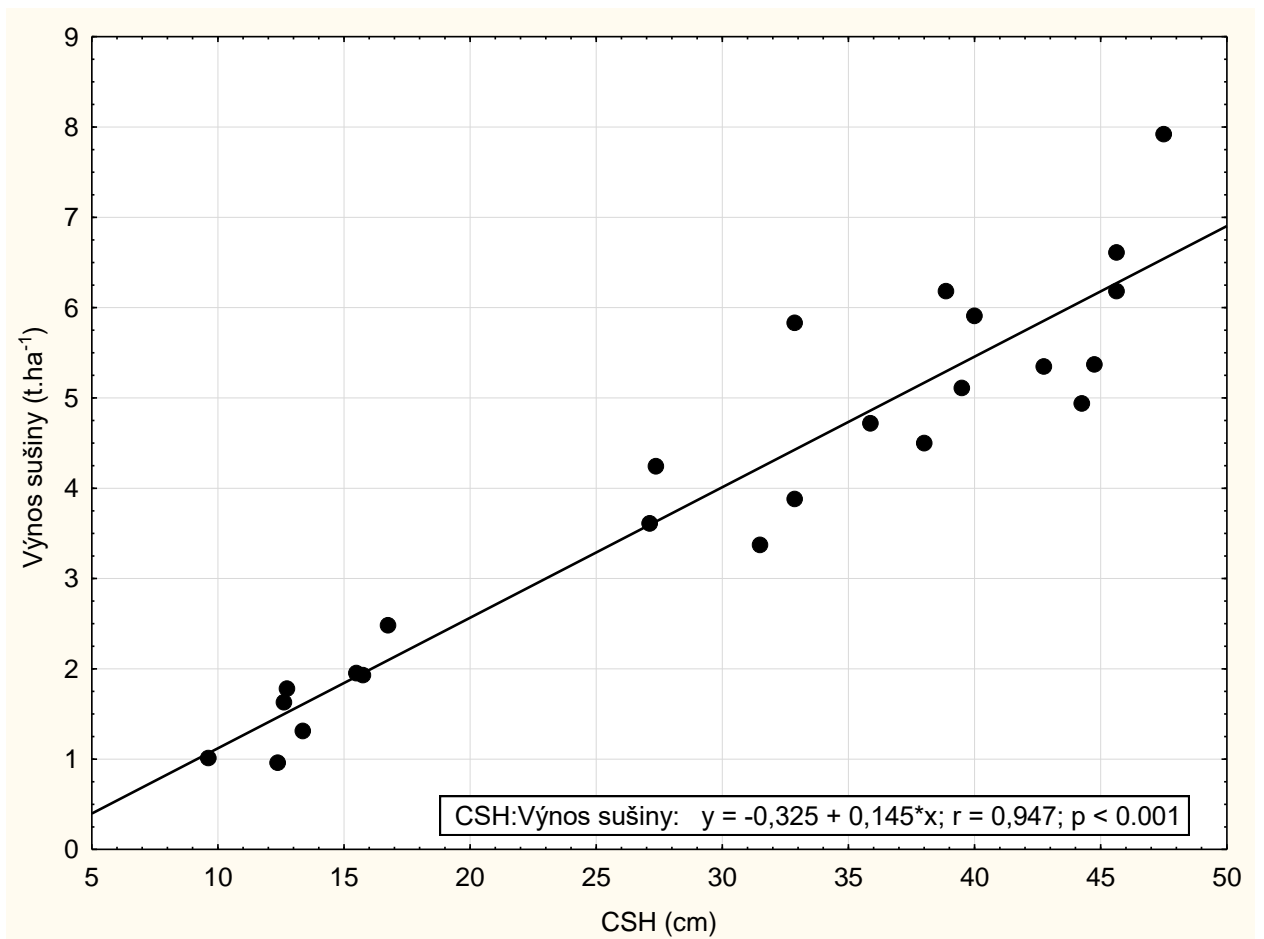
Tabulka 3: Dlouhodobý luční pokus u obce Senožaty (okres Pelhřimov). Průměrné hodnoty stlačených výšek (CSH) měřených pomocí diskového měřidla rising plate meter, výnosů sušiny a potenciálních výšek porostů (PSH) u jednotlivých variant a jejich směrodatné odchylky. Rozdílná písmena u jednotlivých hodnot ukazují statistické rozdíly mezi jednotlivými variantami na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (Tukey).

varianty	CSH [cm]	σ CSH	výnos [t.ha ⁻¹]	σ výnosů	PSH [cm]	σ PSH
kontrola	12,00a	1,420	1,23a	0,268	46,57a	8,033a
PK	15,19a	1,483	2,04a	0,265	56,63a	4,562b
50NPK	29,72b	2,518	3,78b	0,323	70,89ab	6,460c
100NPK	39,25c	3,086	5,09bc	0,651	74,38ab	2,434c
150NPK	43,84c	3,025	6,25c	1,121	84,10a	6,309d
200NPK	40,81c	5,058	5,82c	0,292	93,48a	10,887e

5.2.1 Vliv průměrné výšky měřené diskovým měřidlem rising plate meter na výnos sušiny

Píce na všech parcelách byla narostlá rovnoměrně a nebylo zde zjištěno polehnutí porostu. Z tohoto důvodu se hodnotily všechny parcely dohromady oproti předchozímu stanovišti.

V grafu 6 si lze všimnout průkazné korelace mezi průměrnou výškou porostu a výnosem ($p < 0,001$). Korelační koeficient pro tyto varianty byl vypočten jako $r = 0,947$, korelační přímka téměř prolíná naměřené hodnoty. Vzorec pro výpočet výnosu na tomto typu porostu je následující: $y = -0,325 + 0,145 \cdot x$.

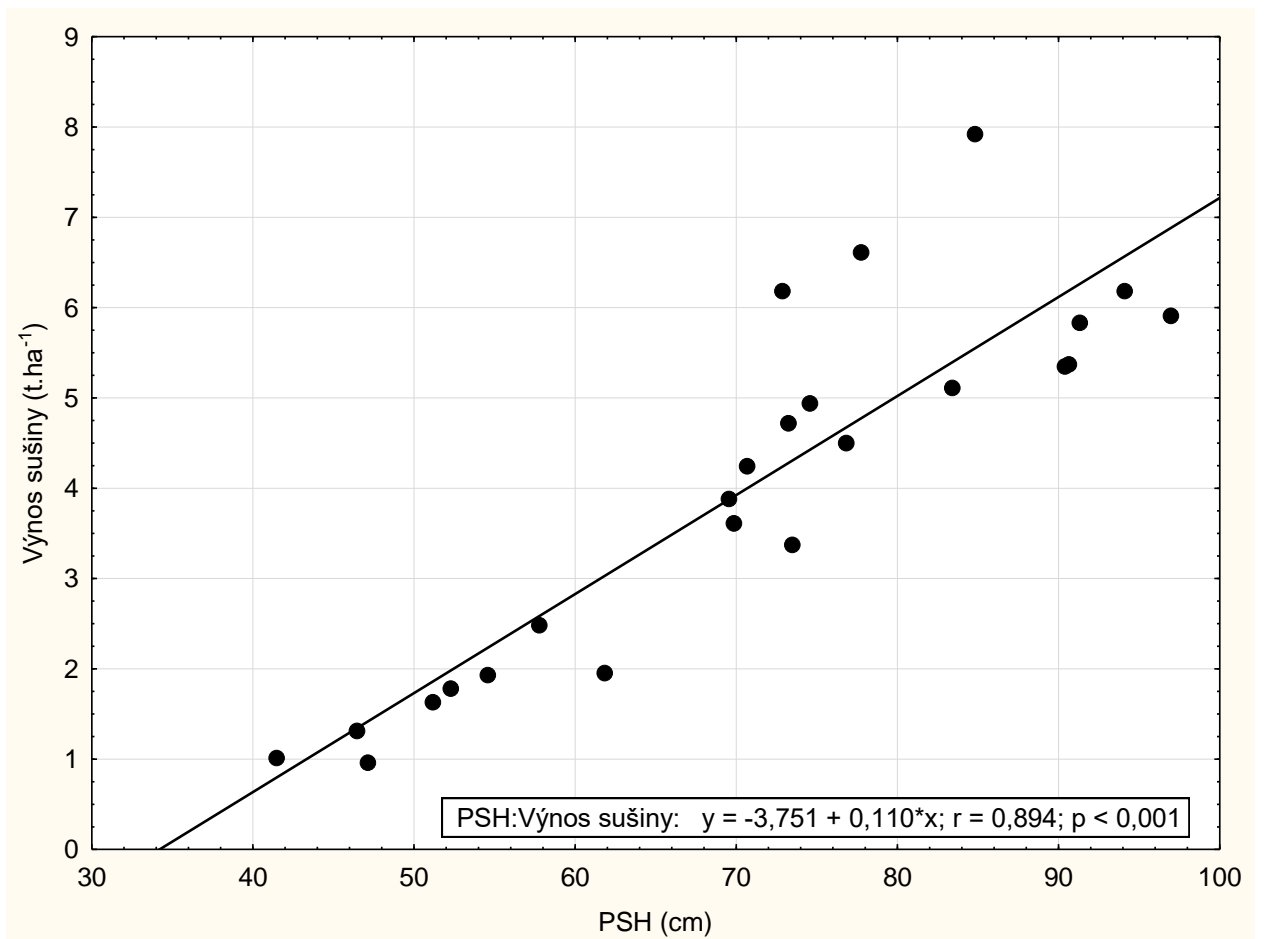


Graf 6: Jednoduchá lineární korelace mezi výnosem sušiny a průměrnou stlačenou výškou porostu (CSH) měřenou diskovým měřidlem rising plate meter na dlouhodobém lučním pokuse u obce Senožaty (okres Pelhřimov) u variant kontrola, PK, 50NPK, 100NPK, 150NPK a 200NPK.

5.2.2 Vliv potenciální výšky porostu na výnos sušiny

Při hodnocení korelace mezi potenciální výškou porostu a výnosem sušiny byl nalezen průkazný vztah ($p < 0,001$). Všechny varianty se hodnotily společně. Korelační koeficient byl vypočten jako $r = 0,894$.

Data jsou do jisté míry rozkolísaná, avšak korelační přímka má rostoucí tendenci a takřka prolíná jednotlivé body (Graf 7).



Graf 7: Jednoduchá lineární korelace mezi výnosem sušiny a potenciální výškou porostu (PSH) na dlouhodobém lučném pokuse u Senožat (okres Pelhřimov) u variant kontrola, PK, 50NPK, 100NPK, 150NPK a 200NPK.

6 Diskuse

6.1 Vliv hnojení na výnosy, stlačenou výšku porostu a potenciální výšku porostu

Na většině variant byl prokázán vliv hnojení na výšku porostů (CSH i PSH) i na výnos. Potvrzuje to, že hnojení trvalých luk je pro jejich vysoký výnos nezbytnou součástí. Toto potvrzují nejenom zkušenosti zemědělců, ale také mnoho pokusů, které historicky probíhaly (Vozár et al., 2003), a které probíhají i dnes. Například v roce 2007 byla na černíkovickém experimentu zjištěna nejnižší produkce nadzemní biomasy na variantě kontrola, která se průkazně lišila od ostatních variant (Honsová et al., 2007).

Ze zjištěných dat lze tvrdit, že hnojení pouze komplexem PK nemá vliv na výšku porostu (CSH i PSH) ani na výnos. Nicméně varianty 50NPK mají průměrnou výšku a výnos průkazně vyšší než varianty PK. Tato skutečnost potvrzuje známý Sprengel-Liebigův zákon minima, a tedy že zvýšení výnosů nedocílíme zvyšováním koncentrace prvků, které jsou již v optimu, nýbrž zvyšováním koncentrací prvků kterých je nedostatek, v tomto případě již zmíněného dusíku (van der Ploeg et al., 1999). Hejzman (2007) pozoruje podobný jev na experimentálních pokusech v německém Rengenu, kde vyšší výšku porostu i potenciální výšku porostu (PSH) poskytují varianty s širším spektrem živin (Ca, NPK), oproti variantám s úzkým spektrem (Ca, NP).

Na variantě kontrola a PK se v častější míře vyskytují dvouděložné druhy a leguminózy, zatímco na variantách 100NPK, 150NPK a 200NPK převažovaly již trávovité druhy, které jsou vyššího vzrůstu (Honsová et al., 2007). K podobným závěrům, že jednoděložným druhům vyhovují pozemky s vyšší úrovní hnojení, došli například Mrkvička et Veselá (2002) a Skládanka et Hrabě (2008).

Varianta 50NPK je v podmínkách, které jsou v Černíkovících takovou střední cestou, kdy je zastoupení obou skupin přiměřené. Lze se domnívat, že je to způsobeno vysokými zásobami živin, díky tomu, že se porost nachází na půdním typu fluvisol. Na pokusu u Senožat lze za nejvhodnější považovat hnojení 100NPK. Je to z toho důvodu, že na rozdíl od černíkovického experimentu se toto stanoviště nachází ve vyšší nadmořské výšce, s čímž souvisí mimo jiné i nižší průměrná teplota a vyšší úhrn srážek. Zároveň je pro toto stanoviště typický úplně jiný půdní typ stagnosol, který má jiné vlastnosti než fluvisol.

Dalším jevem, kterého si lze všimnout je Mitcherlichův zákon ubývajících přírůstků. Tento zákon říká, že čím je živina v půdě koncentrovanější tím klesá její vliv na výnos

(Mitscherlich, 1909). Tento zákon se dodržuje i v praxi, když je určována tzv. rentabilita hnojení. K podobným závěrům se váže i práce Brum et al. (2009).

6.2 Korelace výnosů biomasy s výškou porostu měřené pomocí diskového měřidla rising plate meter

Při hodnocení vztahu mezi výškou porostu (CSH) měřenou diskovým měřidlem rising plate meter (RPM) a výnosem sušiny byla zjištěna na některých variantách v Černíkovcích vysoká variabilita dat. Jedná se o půdy, kde se předpokládá vysoká zásoba živin. Právě u těchto variant s vysokou úrovní hnojení dusíkem nekoreluje výška porostu s výnosem. Dokonce si lze všimnout klesající korelační přímky, která by se dala interpretovat tak, že čím je výška porostu menší, tím je vyšší výnos. Vysvětlení je však jednoduché: Parcely v Černíkovcích, kde se hnojilo 100NPK byly mírně polehlé a parcely hnojené 150NPK a 200NPK byly polehlé už z větší části. Lze s určitostí říci, že se na těchto konkrétních variantách jedná o nadbytek dusíku, který jednotlivé rostliny již nedokáží plnohodnotně zabudovat a pletiva jsou kvůli tomu řídká a více křehká. Potom už stačí jakákoliv nepřízeň počasí, jako jsou kroupy či letní bouřka a dojde k polehnutí porostu. Jak je známo, RPM se nehodí na měření polehlých porostů (López Díaz et González-Rodríguez, 2003), což je důvod, proč na těchto variantách nebyla prokázána korelace mezi výnosem sušiny a výškou porostu. Dále se hodnotily zvláště pokusy s nižší úrovní výživy, tedy varianty kontrola, PK a 50NPK. Při hodnocení těchto variant již vztah byl prokázán. Při hodnocení tohoto vztahu na experimentu v Senožatech byla prokázána korelace při zahrnutí všech variant.

K podobným závěrům dospěli také Sanderson et al. (2001), kteří vypočítali odchylku mezi výnosem a výškou porostu na 26 % u RPM. Scrivner et al. (1986) zjistili korelační koeficient mezi výškou porostu měřenou pomocí měřidla RPM a výnosem biomasy u jílku vytrvalého až $r = 0,94$. Takovéto hodnoty potvrzují i měření na lučních porostech v Senožatech a Černíkovcích.

6.3 Korelace výnosů biomasy s potenciální výškou porostu

Průkazný vztah byl zjištěn také při hodnocení korelace mezi potenciální výškou porostu (PSH) a výnosem sušiny.

Při tomto vyhodnocení byla u obou pokusů stanovena korelační přímka s mírným sklonem. Byla zaznamenána jistá rozkolísanost dat. Tato rozkolísanost spočívá v tom, že například na pokusu v Černíkovcích na dvou parcelách varianty 150NPK byla shodně vypočtena PSH na

hodnotu kolem 84 cm, nicméně výnosy byly velice rozdílné. Zatímco na jedné parcele této varianty bylo po zvážení vypočteno 5,11 t.ha⁻¹ na druhé 7,92 t.ha⁻¹, což je více jak 35% rozdíl ve výnosu při stejné PSH. Na pokuse v Senožatech byl obdobný problém u variant s vyšší úrovní hnojení.

Na rozdíl od Honsové et al (2007) nebyl na obou pokusech na žádné variantě zaznamenán rozdíl mezi PSH a CSH ve prospěch stlačené výšky porostu.

7 Závěr

1. Byl zjištěn vliv hnojení na stlačenou výšku porostu měřenou pomocí diskového měřidla rising plate meter (Senožaty), na potenciální výšku porostu a také na výnos. Na Černíkovickém experimentu nebyl vliv hnojení na výšku porostu měřenou pomocí měřidla rising plate meter prokázán z důvodu polehnutí porostu. Na černíkovickém experimentu byl například průměrný výnos $2,38 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ na variantě PK v průkazném rozdílu s variantou 50NPK, a sice $4,01 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. V Senožatech byl nejnižší průměrný výnos zjištěn na variantě kontrola ($1,23 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), a tento byl v průkazném rozdílu s variantou 50NPK ($3,78 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$).

2. Výnos biomasy v sušině byl v průkazném vztahu se stlačenou výškou porostu měřenou pomocí diskového měřidla rising plate meter. O průkazném vztahu nelze mluvit u variant 100NPK, 150NPK a 200NPK na Černíkovickém experimentu ($r = (-0,271)$). Důvodem je polehnutí porostu, zřejmě kvůli vysokým dávkám dusíku. Korelační koeficient u variant s nižší úrovní hnojení na černíkovickém experimentu byl $r = 0,934$ a v Senožatech ze všech variant pak $r = 0,947$.

3. Průkazný vztah byl také zjištěn při posuzování korelace mezi potenciální výškou porostu, měřenou pomocí pokryvnosti jednotlivých druhů a jejich průměrných výšek zjištěných v botanickém klíči. Korelační koeficient pro tyto analýzy byl v Černíkovicích $r = 0,805$ a v Senožatech $r = 0,894$.

4. Diskové měřidlo rising plate meter bylo vyhodnoceno jako užitečný nástroj, s jehož pomocí lze měřit relativně přesně stlačenou výšku porostu na těch porostech, které nejsou polehlé. Doporučení se týká pastvin, trávníků a extenzivních luk. Jeho použití na loukách s vysokou intenzitou hnojení je problematické. Metody výpočtu výnosů na základě měření pomocí diskového měřidla rising plate meter a potenciální výšky porostu by mohly usnadnit management v oblasti silážování objemné píce, a to přesně v organizaci práce při jednotlivých sečích. Také by se daly tyto metody použít ke zjištění objemu píce před plněním silážních žlabů, když je těchto žlabů přesně definovaný počet o přesně definovaném objemu. Dále by se daly tyto metody využít v pastevectví, a sice v organizaci pastevní sezóny a pastevních výběhů.

8 Seznam literatury

- Bransby, D. I., Matches, A. G., Krause, G. F. 1977. Disk Meter for Rapid Estimation of Herbage Yield in Grazing Trials. *Agronomy Journal*. 69 (3). 393-396.
- Brockman, J. S., Shaw, P. G., Wolton, K. M. 1970. The effect of phosphate and potash fertilizers on cut and grazed grassland. *The Journal of Agricultural Science*. 74 (02). 397-407.
- Brum, O. B., López, S., García, R., Andrés, S., Calleja, A. 2009. Influence of harvest season, cutting frequency and nitrogen fertilization of mountain meadows on yield, floristic composition and protein content of herbage. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38 (4). 596-604.
- Cayley, J. W. D., Bird, P. R. 1996. Techniques for measuring pastures. Pastoral and Veterinary Institute. Hamilton. 53. ISBN: 0730664295.
- Cook, R. How to Use Exclusion Cages to Better Manage Cattle Stocking Rates. Noble research institute. 1. Ledna 2017. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z <<https://www.noble.org/news/publications/ag-news-and-views/2017/january/use-exclusion-cages-to-manage-stocking-rates/>>.
- Crosbie, S. F., Smallfield, B. M., Hawker, H., Floate, M. J. S., Keogh, J. M., Enright, P. D., Abernethy, R. J. 1987. Exploiting the pasture capacitance probe in agricultural research: a comparison with other methods of measuring herbage mass. *The Journal of Agricultural Science*. 108 (01). 155-163.
- Český statistický úřad. Sklizeň zemědělských plodin. 2016. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/index.jsf?page=vystup-objekt&f=TABULKA&z=T&skupId=386&katalog=30840&pvo=ZEM04&pvo=ZEM04&c=v3~8__RP2016&u=v44__VUZEMI__97__19>.
- Český statistický úřad. Bilance půdy. 2017. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z <<https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/index.jsf?page=vystup-objekt&f=TABULKA&z=T&katalog=30842&pvo=ZPR15&str=v32>>.

- Despain, D., W., Smith, E. L. 1990. Some Methods For Monitoring Rangelands And Other Natural Area. Vegetation. College of Agriculture, University of Arizona (Tucson, AZ). The University of Arizona. 90.
- Earle, D. F., McGowan, A. A. 1979. Evaluation and calibration of an automated rising plate meter for estimating dry matter yield of pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture. 19 (98). 337-343.
- Fiala, J., Kohoutek, A., Klír, J. 2007. Výživa a hnojení travních a jetelovinotravních porostů. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 36. ISBN: 978-80-87011-25-6.
- Flombaum, P., Sala, O. E. 2007. A non-destructive and rapid method to estimate biomass and aboveground net primary production in arid environments. Journal of Arid Environments. 69 (2). 352-358.
- Flynn, E. S., Dougherty, C. T., Wendroth, O. 2008. Assessment of Pasture Biomass with the Normalized Difference Vegetation Index from Active Ground-Based Sensors. Agronomy Journal. 100 (1). 114-121.
- Ganguli, A. C., Vermeire, L. T., Mitchell, R. B., Wallace, M. C. 2000. Comparison of Four Nondestructive Techniques for Estimating Standing Crop in Shortgrass Plains. Agronomy Journal. 92. 1211-1215.
- Anonym. GreenSeeker Crop Sensing System. TRIMBLE AG FIELD SOLUTIONS. 2017. [cit. 2018-03-04]. Dostupné z <<https://agriculture.trimble.com/precision-ag/products/greenseeker/>>.
- Hall, M. Determining Pasture Yield. Penn State Extension. 2006 [cit. 2018-03-03]. Dostupné z <<https://extension.psu.edu/determining-pasture-yield>>.
- Hamilton, D., Ada, I. D., Maden J. J. L. 1976. Liveweight changes of steers, ewes and lambs in relation to height of green annual pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 16. 800-807.
- Hejcman, M., Klaudivová, M., Schellberg, J., Honsová, D. 2007. The Rengen Grassland Experiment: Plant species composition after 64 years of fertilizer application. Agriculture, Ecosystems & Environment. 122 (2). 259-266.

- Honsová, D., Hejzman, M., Klaudivsova, M., Pavlu, V., Kocourkova, D., Hakl, J. 2007. Species composition of an alluvial meadow after 40 years of applying nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer. *PRESLIA*, 79(3), 245-258.
- Kubát, K. 2002. Klíč ke květeně České republiky. Academia. Praha. 928. ISBN: 80-200-0836-5
- Lile, J. A., Blackwell, M. B., Thomson, N. A., Penno, J. W., Macdonald, K. A., Nicholas, P. K., Lancaster, J. A. S., Coulter, M. 2001. Practical use of the rising plate meter (RPM) on New Zealand dairy farms. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. 63. 159 – 164.
- López Díaz, J. E., González-Rodríguez, A. 2003. Measuring grass yield by non-destructive methods, *Grassland Science in Europe*. Volume 8. 569-572.
- Michalk, D. L., Herbert, P. K. 1977. Evaluation of the forage disk method in mixed rangeland in Kansas. *Journal of Range Management*, 40. 467-471.
- Mitscherlich, E. A. 1909. Das Gesetz des Minimums und das Gesetz des abnehmenden Bodenertrages. *Landwirtschaftliche Jahrbuecher* 38. 537-552.
- Mrkvicka, J., Veselá, M. 2002. Influence of fertilization rates on species composition, quality and yields of the meadow fodder. *Rostlinná výroba*, 48(11), 494-498.
- Novák, J. 2008. Pasienky, lúky a trávniky. *Patria*. Prievidza. 708. ISBN: 978-80-85674-23-1.
- van der Ploeg, R. R., Böhm, W., Kirkham, M. B. 1999. On the Origin of the Theory of Mineral Nutrition of Plants and the Law of the Minimum. *Soil Science Society of America Journal*. 63 (5). 1055-1062
- Powell, T. L. 1974. Evaluation of weighted disc meter for pasture yield estimation on intensively stocked dairy pasture. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*. 2 (3). 237-241.
- Rayburn, E. B., Rayburn, S. B. 1998. A Standardized Plate Meter for Estimating Pasture Mass in On-Farm Research Trials. *Agronomy Journal*. 90 (2). 237-241.

- Sanderson, M. A., Rotz, C. A., Fultz, S. W., Rayburn, E. B. 2001. Estimating Forage Mass with a Commercial Capacitance Meter, Rising Plate Meter, and Pasture Ruler. *Agronomy Journal*. 93 (6). 1281-1286.
- Santillan, R. A., Ocumpaugh, W. R., Mott, G. O. 1979. Estimating Forage Yield with a Disk Meter. *Agronomy Journal*. 71 (1). 71-74.
- Scrivner, J. H., Center, D. M., Jones, M. B. 1986. A Rising Plate Meter for Estimating Production and Utilization. *Journal of Range Management*. 1986. 475-477.
- Sharrow, S. H. 1984. A Simple Disc Meter for Measurement of Pasture Height and Forage Bulk. *Journal of Range Management*. 37(1). 94-95.
- Skládanka, J., Hrabě, F. 2008. Vliv hnojení a intenzity využití na druhovou skladbu, diverzitu a kvalitu travního porostu. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*. 54. 1-8.
- Štrobach, J. MOŽNOSTI ÚPRAV BIOTOPU POLNÍ KRAJINY. *Agris*. 1. Května 2005. [cit. 2018-3-1]. Dostupné z <http://www.agris.cz/venkov/moznosti-uprav-biotopu-polni-krajiny?id_a=138904>.
- Vescovo, L., Wohlfahrt, G., Balzarolo, M., Pilloni, S., Sottocornola, M., Rodeghiero, M., Gianelle, D. 2012. New spectral vegetation indices based on the near-infrared shoulder wavelengths for remote detection of grassland phytomass. *International Journal of Remote Sensing*. 33 (7). 2178-2195.
- Vickery, J. A., Tallowin, J. R., Feber, R. E., Asteraki, E. J., Atkinson, P. W., Fuller, R. J., Brown, V. K. 2001. The management of lowland neutral grasslands in Britain: effects of agricultural practices on birds and their food resources. *Journal of Applied Ecology*. 38 (3). 647-664.
- Vickery, P. J., Bennett, I. L., Nicol, G. R. 1980. An improved electronic capacitance meter for estimating herbage mass. *Grass and Forage Science*. 35 (3). 247-252.
- Vozár, L., Jančovič, J., Jančovičová, L., Petříková, S., Bándry, L. 2003. Produkčná schopnosť trávnych porastov po obnovení hnojenia. *Acta fytotechnica et zootechnica*. 4. 101-104.
- Whitney, A.S. 1974. Measurement of foliage height and its ships to yields of two tropical forage grasses. *Agronomy Journal*. 66. 334-336.