



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra agroekosystémů

Diplomová práce

Sledování růstu a výnosu fytomasy energetických trav

Autor práce: Bc. Daniel Tibitzl

Vedoucí práce: Ing. Marek Kopecký, Ph.D.

České Budějovice
2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....

Podpis

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá sledováním růstu a výnosů fytomasy u vybraných druhů energetických trav (*Elymus elongatus* subs. *ponticus*, cv. Szarvasi-1, *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* Schreb., *Phleum pratense* L.) a také sledováním pokrývnosti porostů trav pomocí přístroje Sunscan v pravidelných intervalech. První část diplomové práce tvoří literární rešerše, která je zaměřena na energetické trávy a jejich pěstování, a dále se zabývá problematikou vlivu hnojení na výnosy energetických trav. K vypracování literární rešerše bylo využito odborné literatury spolu se zahraničními články. Druhá část diplomové práce se zabývá praktickým pokusem, který spočíval v odběru vzorků fytomasy a měření indexu listové plochy u jednotlivých druhů a variant trav. Nejvyššího průměrného výnosu fytomasy ($7,71 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) dosáhla *Elymus elongatus* subsp. *ponticus*, cv. Szarvasi-1. Nejnižší průměrný výnos fytomasy byl zaznamenán u porostu *Phleum pratense* L. $6,05 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Z praktického výzkumu měření indexu listové plochy byly nejvyšší hodnoty ($\text{LAI} = 4$) naměřeny u porostu *Dactylis glomeraty*.

klíčová slova: energetické trávy, fytomasa, výnos

Abstract

The diploma thesis aims to monitor the growth and yields of phytomass in selected energy grasses (*Elymus elongatus* subs. Ponticus, cv. Szarvasi-1, *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* Schreb., *Phleum pratense* L.). The grass cover is also monitored using the Sunscan device at regular intervals. The first part of the diploma thesis consists of a literature review focused on energy grasses and their cultivation. Also, it deals with the issue of the effect of fertilization on energy grass yields. Professional literature together with foreign articles were used to write a literary review. The second part of the diploma thesis deals with a practical experiment, which consisted of phytomass sampling and measurement of the leaf area index for individual species and varieties of grasses. The highest average phytomass yield ($7.71 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) was achieved by *Elymus elongatus* subsp. ponticus, cv. Szarvasi-1. The lowest average phytomass yield was recorded in *Phleum pratense* L. $6.05 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. It was found that the highest values of leaf area index (LAI = 4) was measured in the *Dactylis glomerata* stand.

Keywords: energy grasses, phytomass, yield

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Markovi Kopecnému Ph.D., za jeho odborné vedení, cenné připomínky, ochotu a pomoc kterou mi věnoval.

Obsah

Úvod.....	9
1 Energetika	10
1.1 Fosilní paliva.....	11
1.2 Obnovitelné zdroje energie	11
1.2.1 Biomasa.....	12
2 Biomasa jako obnovitelný zdroj energie.....	13
2.1 Energetické trávy	14
2.1.1 Rozdělení energetických rostlin.....	14
2.1.2 Pěstování energetických rostlin.....	15
3 Charakteristika vybraných druhů energetických rostlin	18
3.1 <i>Elymus elongatus</i> subs. <i>ponticus</i> , cv. Szarvasi-1	18
3.1.1 Taxonomie.....	19
3.1.2 Původ rostliny	19
3.1.3 Nároky na stanoviště	19
3.2 Srha laločnatá, říznačka (<i>Dactylis glomerata</i>).....	20
3.2.1 Botanické zařazení a popis rostliny.....	20
3.2.2 Nároky na stanoviště	20
3.3 Kostřava rákosovitá (<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.).....	21
3.3.1 Nároky na stanoviště	21
3.4 Bojínek luční (<i>Phleum pratense</i> L.).....	21
3.4.1 Nároky na stanoviště	22
4 Vliv hnojení na výnosy energetických trav.....	23
4.1 Hnojení minerálními hnojivy	23
4.1.1 Dusík	23
4.1.2 Fosfor	24

4.1.3	Draslík.....	25
4.2	Hnojení organickými hnojivy	25
4.2.1	Statková hnojiva.....	26
4.2.2	Hnojení digestátem.....	26
4.2.3	Vápnění	27
4.3	Vliv aplikace organických hnojiv na výnosy energetických trav	27
4.4	Vliv aplikace digestátu.....	28
5	Souvislost mezi listovou plochou a výnosem biomasy.....	30
5.1	Index listové plochy	30
5.2	LAI ve vztahu k tvorbě výnosů.....	31
5.3	Produktivita asimilačního aparátu – rychlost fotosyntézy	31
6	Cíle a hypotézy.....	33
	Dílčí cíle	33
	Hypotézy	33
7	Materiál a metodika.....	34
7.1	Charakteristika lokality	34
7.2	Založení a údržba porostů	35
7.3	Odběr vzorků.....	36
7.4	Statistické zpracování dat.....	36
8	Výsledky a diskuse.....	37
8.1	Procentuální obsah sušiny v jednotlivých obdobích	37
8.2	Výnosnost travních druhů	38
8.3	Výnosnost <i>Phleum pratense</i> L.	41
8.4	Výnosnost <i>Festuca arundinacea</i> Schreb.....	43
8.5	Výnosnost <i>Dactylis glomerata</i>	45
8.6	Výnosnost <i>Elymus elongatus</i>	47
8.7	Index listové plochy	49

Závěr	53
Seznam použité literatury.....	54
Seznam obrázků	68
Seznam grafů.....	69
Seznam použitých zkratk.....	70

Úvod

Ve světě je čím dál tím více kladen důraz na využívání obnovitelných zdrojů energie namísto fosilních paliv. Jedním z důvodů je znečištění životního prostředí fosilními palivy a také se jedná o zdroje, které mohou být v blízké době vyčerpány. Naproti tomu obnovitelné zdroje energie jsou mnohem šetrnější k životnímu prostředí a teoreticky jsou nevyčerpatelné.

V České republice je z obnovitelných zdrojů energie nejvíce využívána biomasa. Při pěstování biomasy, tedy i veškerých kulturních rostlin, se využívají mimo jiné i nejúrodnější půdy. Velice často je na nich pěstována například kukuřice, která je následně využita pro výrobu bioplynu. Kukuřice je však po právu označována jako erozně nebezpečná plodina, navíc má extrémně vysoké nároky na výživu. Existují ovšem i jiné způsoby, jak efektivně získávat energii z obnovitelných zdrojů. Jedním z nich je pěstování jiných, environmentálně šetrnějších, energetických rostlin.

Energetické trávy mají silný kořenový systém, který značně přispívá k ochraně před erozí. Mimo jiné mají pozitivní vliv na kvalitu vody a podporu biodiverzity. V energetice se travní biomasa využívá pro přímé spalování, případně na výrobu bioplynu. Pro energetické využití jsou vhodnými travními druhy *Elymus elongatus* a *Dactylis glomerata*.

Diplomová práce se zabývá sledováním růstu a výnosů fytomasy energetických trav. Pro praktický výzkum energetických trav byl využit pozemek Zemědělské a technologické fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

1 Energetika

Energetika je průmyslové odvětví, které se zabývá získáváním a distribucí elektrické energie. Hlavní podstatou energetiky je výroba elektrické energie v elektrárnách a dále její rozvinutí. V tomto odvětví je velmi významná těžba uhlí, zemního plynu, ropy či využití jaderného paliva (Voženílek a Lstibůrek, 1989).

Vzhledem k velkému růstu celosvětové populace se navyšuje i spotřeba elektrické energie, která je v současné době ve světě značně nevyrovnaná (Schau a Fet, 2008; Ho a Show, 2015). Ochodek et al. (2006) uvádějí, že přibližně 80 % světové spotřeby energie využívá jen 30 % obyvatel z vyspělých zemí. Naproti tomu 80 % světového obyvatelstva žije v zemích, kde je energetická spotřeba nižší, než je celosvětový průměr (Otčenášek, 2006). Ochodek et al. (2006) tvrdí, že v budoucnu bude narůstat spotřeba elektrické energie i v rozvojových zemích.

Vyhlídkou do budoucna mohou být biopaliva, ty se dnes svými vlastnostmi vyrovnají fosilním palivům. Tyto alternativní paliva se dělí na kapalná (bioetanol), pevná (brikety) a plynná (bioplyn) (Požárová, 2007).

Pokud jde o výrobu elektrické energie, tak v České republice se nejčastěji setkáváme s použitím uhlovodíkových paliv, kterými jsou: dřevo, uhlí, ropa či zemní plyn. Své využití zde mají i obnovitelné zdroje energie, kterými jsou sluneční energie, voda, biomasa, vítr, bioplyn a jaderná energie (Kubín, 1999).

V posledních letech prošla energetika celou řadou změn. Technická a ekonomická kritéria se uplatňují především ve volbě technologie zdroje. V současné době převládají ekonomická kritéria nad těmi technickými. Důsledkem je zvýšení nároků na ochranu životního prostředí. Velkou hrozbou pro životní prostředí je vznik skleníkového efektu, na kterém se podílí oxid uhličitý (CO_2) a jiné plyny (oxidy dusíku, metan, ozón, freony). Vyšší koncentrace skleníkových plynů v atmosféře zamezuje vyzařování nashromážděného tepla zpět do vesmíru, to značně přispívá ke globálnímu oteplování či ke změnám klimatu. Tradiční zdroje primární energie jsou čím dál tím více omezenější a dražší, a proto je potřeba hledat další možné zdroje (Ochodek et al., 2006).

Vráblíková (2000) píše, že ekonomický růst je propojen s růstem výroby a spotřeby energie. Pro celkový růst výroby je potřeba dostatek energie a to zejména fosilní (ropa, uhlí, zemní plyn), která patří k největším znečišťovatelům životního prostředí.

1.1 Fosilní paliva

Fosilní paliva jsou pro energetiku velmi významným zdrojem (Sakuragi et al., 2011). Jermář (2010) tvrdí, že 80 % celosvětově vyrobené energie pochází z fosilních paliv. Zdrojem alternativních paliv, která se ukládají po miliony let, jsou především odumřelé zbytky rostlinných a živočišných těl, které lze charakterizovat jako uhlíkaté organické sloučeniny (Quashing, 2008). Mezi fosilní paliva patří ropa, zemní plyn a uhlí (Goldemberg, 2007). Libra a Poulek (2007) zmiňují uhlí jako nejvíce využívané fosilní palivo, které zajišťuje světovou výrobu elektřiny z 39 %. Tito autoři dále zmiňují ropu, jejíž spotřeba ve světě neustále roste, především díky rychlému rozvoji Číny. Otčenášek (2006) uvádí, že v průběhu 21. století může dojít k vyčerpání fosilních paliv. S tím nesouhlasí Libra a Poulek (2007), kteří tvrdí že ve 21. století má být fosilních paliv dostatek. O možném vyčerpání paliv či znečišťování ovzduší jejich spalováním píše Moudrý a Strašil (1998). Podle těchto autorů se do ovzduší uvolňuje příliš velké množství oxidů síry, dusíku a těžkých kovů. Velkým problémem je zvýšená koncentrace oxidu uhličitého, který se podílí na vzniku skleníkového efektu (Lehmann, 2007).

Havlíčková et al. (2007) píše, že fosilní paliva jsou velmi náročné na těžbu, jedním z takových paliv je např.: uhlí. Kvůli rostoucímu importu uhlí mezi jednotlivými státy dochází k značnému znečištění životního prostředí. Mimo jiné, se autorka zabývá riziky antropogenních činností, které přispívají ke změnám klimatu. Vzhledem k velkému úbytku fosilních paliv, Bernas et al. (2014) doporučují namísto nich využívat obnovitelné zdroje.

1.2 Obnovitelné zdroje energie

Vlivem rostoucí energetické potřeby dochází k poklesu zdrojů nerostných surovin, kvůli této skutečnosti se čím dál tím více využívají obnovitelné zdroje energie (OZE) (Malat'ák a Vaculík, 2008).

Motlík J. et al. (2007) charakterizují obnovitelné zdroje jako nevyčerpatelné formy energie Slunce a Země. Mezi OZE se řadí energie geotermální, vodní, větrná, solární a energie z biomasy (Váňa, 2003). Obecně lze tyto zdroje dělit na čisté a trvale udržitelné (Panwar et al., 201; Omer, 2012). Moudrý a Strašil (1998) dodávají, že obnovitelnými zdroji energie jsou také energie termálních vod či rekuperovaná energie, která je získávána tepelnými čerpadly.

OZE mají největší zastoupení ve vyspělých státech světa (Bernas et al., 2015). Podle Frydrycha et al. (2006) mají obnovitelné zdroje energie v České republice velké využití, zejména díky celkovému zabezpečení energetické potřeby obyvatelstva. U nás má největší význam biomasa, jejíž potenciál představuje více než 80 % všech dostupných obnovitelných zdrojů (Nirgin a Landa, 2016). Využíváním biomasy dochází ke snížení emisí skleníkových plynů a to vede k trvale udržitelnému rozvoji (Malat'ák a Vaculík., 2008).

1.2.1 Biomasa

Biomasu lze charakterizovat jako obnovitelný zdroj energeticky využitelné energie. Je často označována jako substance biologického původu, do které je zahrnuta rostlinná nebo živočišná biomasa (Ochodek et al., 2006), vedlejší organické produkty či organické odpady ze zemědělské činnosti (Fuksa, 2009).

Frydrych et al. (2005) uvádí biomasu jako nejstarší obnovitelný zdroj energie, jehož efektivita a ekologické využití mají minimální dopad na životní prostředí. Stupavský (2008) rozděluje biomasu na fytomasu (rostlinná biomasa) a dendromasu (dřevní biomasa).

Energetické využití biomasy se významně uplatňuje ve vyspělých zemích světa, kde probíhají různé výzkumy, které se zaměřují na zvýšení efektivnosti využití biomasy a také na jejich uplatnění (Noskievič et al., 1996). Energetické rostliny, které jsou cíleně pěstovány za účelem velkých výnosů biomasy, se mohou v budoucnu uplatňovat jako obnovitelný zdroj energie (Klass, 1998). Fuksa (2011) tvrdí, že trend zvyšování výroby elektřiny z biomasy, potrvá i v následujících letech.

2 Biomasa jako obnovitelný zdroj energie

V současné době je biomasa jedním z nejlépe využívaných zdrojů energie. Vývojem energetiky v ČR a v ostatních vyspělých zemích, dochází k vyšší spotřebě primární energie. Na celkovou spotřebu mají největší vliv fosilní paliva. Zdroje fosilních paliv, kterými jsou ropa, zemní plyn či uhlí, se ale velmi rychle spotřebovávají a jejich těžba je jak ekonomicky tak energeticky velmi náročná. To vede k větší závislosti na dovozu těchto komodit z ekonomicky a politicky méně stabilních oblastí (Havlíčková et al., 2007). Důsledkem toho je objevování dalších energetických zdrojů, se kterými je možné zabezpečit zvyšující se trend spotřeby energie (Noskovič et al., 1996).

Zárybnická (2012) píše, že biomasu lze dělit podle různých kritérií, nejčastěji se rozděluje na suchou (např. dřevo) a mokrou (např. tekuté i pevné výměty hospodářských zvířat) biomasu. Dále je možné rozdělení z hlediska energetických přeměn biomasy. V posledních letech se zvyšuje zájem o pěstování biomasy jako energetické suroviny. Moudrý a Stražil (1998) tvrdí, že biomasa je přírodní produkt, který vzniká procesem fotosyntézy, a je schopný zachytit 1–3 % dopadající sluneční energie. Podle Fuksy (2009) je veškerá fytohmota tvořena organickou hmotou rostlinného původu, která vzniká v přírodě za pomoci fotosyntézy.

Rozdělení biomasy podle Zárybnické (2012):

1) Lesní biomasa

- Palivové dřevo
- Pozůstatky z lesní výroby

2) Zemědělská biomasa

- Trvalé travní porosty
- Rychlerostoucí dřeviny
- Cíleně pěstovaná biomasa
- Rostlinné zbytky ze zemědělské činnosti

3) Zbytková biomasa

- Vedlejší produkty a zbytky z živočišného průmyslu
- Vedlejší produkty a zbytky z papírenského průmyslu

-
- Vedlejší produkty a zbytky z potravinářského průmyslu
 - Biologický odpad
 - Vedlejší produkty a zbytky z průmyslu na zpracování dřeva

Podle Noskiewiče et al. (1996) jsou výhody biomasy v její obnovitelnosti a celkové dostupnosti. Dle Petříkové (2000) je výhoda biomasy v sociálně ekonomickém odvětví, zejména na venkově, kde udržuje krajinu a zároveň vytváří nové pracovní příležitosti.

Petříková et al. (2006) zmiňuje i nevýhody biomasy, mezi které řadí nízkou ekonomickou konkurenční schopnost vzhledem k fosilním palivům a nepravidelné výnosy biomasy. Fuksa (2009) uvádí jako nevýhodu nízkou objemovou hmotnost dané fyto-masy. Noskiewič et al. (1996) poukazuje na nezodpovědné řízení spalovacích zařízení pro biomasu, neboť tímto může dojít k překročení emisních limitů některých zplodin.

2.1 Energetické trávy

Energetické trávy lze vnímat jako náhradu za zemědělskou půdu, která není žádným způsobem využívána. Tyto trávy jsou nejčastěji bylinného nebo dřevitého charakteru, vyznačují se především rychlým růstem a větší odolností vůči nižším teplotám, jež přispívají k jednoduššímu přezimování u vytrvalých rostlin. Mezi další přednosti energetických rostlin patří rezistence vůči případným chorobám a škůdcům, odolnost proti suchu či vysoká konkurenční schopnost (Havlíčková et al., 2008).

V současné době se velmi často využívá energie z biomasy rostlin (Frydrych et al., 2006). Energetické rostliny se nejčastěji využívají v energetice. Celková sklizeň těchto rostlin se označuje pojmem biomasa, ta je nadále využívána k anaerobní digesci nebo k výrobě biopaliv. Při zpracování biomasy je získána energie z obnovitelného zdroje, která nahrazuje fosilní paliva, jejichž celosvětová zásoba neustále klesá (Petříková, 2009).

Energetické rostliny mohou být použity například i pro výrobu tepla přímým spalováním. Jedná se o velmi jednoduchou a rozšířenou technologii přeměny biomasy na tepelnou energii, která může být dále využívána (Bernas et al., 2019).

2.1.1 Rozdělení energetických rostlin

Havlíčková (2007) rozlišuje dvě hlavní skupiny energetických trav:

1) Rychle rostoucí dřeviny

Rychle rostoucí dřeviny jsou významné svou vysokou hodnotou výnosu nadzemní části biomasy, v časovém obmýtlí intervalu 3–6 let a životností těchto dřevin, která se pohybuje okolo 20–35 let. Mezi dvě nejvýznamnější rychle rostoucí dřeviny patří vrba a topol (Havlíčková, 2007). Pro energetické účely se tyto dřeviny pěstují na speciálních plantážích.

Kohout (2010) uvádí, že nejčastěji pěstované druhy topolů pro energetické využití jsou: **Topol černý** (*Populus nigra L.*) – jde o euroasijskou dřevinu, které se daří na větších plochách. V České republice se tomuto druhu nejvíce daří na štěrcích či chudších půdách. **Topol korejský** (*Populus korenana Rehd.*) – jde o druh z Asie, který byl do Evropy poprvé přivezen ve 30. letech minulého století. Daří se mu na těžkých půdách, kde se nevyskytuje hladina podzemní vody. **Topol Maximovičův** (*Populus maximoviczii Henry*) – asijský druh, který se v Evropě objevil poprvé v 19. století.

2) Byliny

Jsou to rostliny, které jsou pěstovány za účelem získávání energie. Tyto rostliny se rozdělují na jednoleté, víceleté nebo vytrvalé. Podle botanického zařazení se dále energetické byliny člení na obilniny, trávy a dvouděložné rostliny, které jsou charakteristické vysokým výnosem (El Bassam, 2010).

2.1.2 Pěstování energetických rostlin

Poptávka po energii celosvětově stále roste. Například Evropská unie, je stále více závislá na dovážených zdrojích energie. Jejich spotřeba byla urychlena zejména rostoucí industrializací (Indragandhi et al., 2017). V současné době hrají v energetickém průmyslu zásadní roli fosilní paliva, která významně přispívají k produkci emisí skleníkových plynů (Quek, et al., 2019). Vzhledem k výše zmíněným negativům spojeným s využíváním fosilních paliv a kvůli jejich omezeným zásobám roste význam obnovitelných zdrojů energie, které mohou pomoci zmírnit změny klimatu (Lee, 2018). Obzvláště důležitá je biomasa. Jedním z trendů spojených s diverzifikací zemědělství je pěstování energetických plodin. Pro efektivní pěstování těchto plodin, je potřeba zvolit takový druh rostlin, který se pro energetické využití hodí nejlépe. Velmi důležitou roli při pěstování energetických rostlin hrají klimatické a stanovištní podmínky (Havlíčková, 2007).

Pěstování energetických plodin je součástí moderního zemědělství. Zejména kukuřice (*Zea mays L.*) je široce pěstována ve střední Evropě. Vzhledem k vysokému výnosovému potenciálu a dobré silážovatelnosti je kukuřice jednou z nejrozšířenějších energetických plodin (Haag et al., 2015; Schmidt et al., 2018). Její slabinou je vysoká poptávka po hnojivech a pesticidech. Růst této plodiny je rovněž spojen s vysokým rizikem eroze vody, což vede ke snížení kvality půdy a poklesu produktivity přírodních a zemědělských ekosystémů, rovněž tak i ke ztrátě organického uhlíku v půdě. Pokud jde o riziko eroze a vysoké nároky na hnojení či ochranu před chorobami a škůdci, je pěstování této plodiny méně šetrné k životnímu prostředí (Hoekman et al., 2018; Kukuk et al., 2011).

V energetickém průmyslu se kukuřice obvykle používá jako substrát pro bioplynové stanice, ve kterých se bioplyn vyrábí anaerobním kvašením. Druhotným produktem bioplynové stanice je směs částečně degradované organické hmoty, mikroorganismů a anorganických látek – digestát (Logan a Visvanathan, 2019). S tímto zbytkovým produktem je nutné nadále zacházet. Názory na jeho zemědělské využití se však liší. Řada autorů, např. Panuccio et al. (2018) a Czekala et al. (2020) odkazuje na jeho pozitiva v oblasti výživy plodin. Tambone et al. (2010) považuje současné znalosti o vlastnostech digestátu a jeho použití v zemědělství za nedostatečné. Jiní autoři také odkazují na negativa spojená s použitím tohoto materiálu jako hnojiva. Poukazují zejména na absenci labilních frakcí organické hmoty v půdě a na cestu pro akumulaci dalších prvků, včetně těžkých kovů do rostlinných produktů (Przygocka a Grzebisz, 2018). Někteří autoři však tuto kritiku kritizují. Ve srovnání s ročními plodinami jsou vytrvalé energetické plodiny, které se řadí mezi biopaliva druhé generace z hlediska životního prostředí oceňovány lépe (Emmerling et al., 2017). Obvykle poskytují řadu ekosystémových služeb, jako je podpora biologické rozmanitosti nebo zadržování vody v krajině (Haughton et al., 2015). Vynikají také ochranou půdy před erozí, což je velmi důležité v souvislosti s rostoucím rizikem silných bouří a souvisejícím výskytem eroze (Kinnell, 2019).

Rostliny z travních porostů chrání povrch půdy před kinetickou energií dešťových kapek a přispívají tak k ochraně půdy (Menšík et al., 2020). Bylo rovněž zjištěno, že trvalé travní porosty mají pozitivní vliv na tvorbu půdních agregátů, které hrají významnou úlohu při úrodnosti půdy (Ruf et al., 2018; Kopecký et al., 2021). Vhodnými energetickými travinami jsou např.: chřastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea L.*) či Szarvasi-1 (*Elymus elongatus.*) (Uš'ak et al., 2019; Csete et al., 2011).

Výnosové charakteristiky *Elymus elongatus*. jsou podrobně zkoumány v publikacích Nazli et al. (2020) a Dickeduisberg et al. (2017).

López-Bellido et al. (2014) upozorňují, že pěstování a využívání biomasy automaticky neznamená její udržitelnost. Proto je nutné správně posuzovat vliv energetického využití biomasy z různých hledisek (výroba potravin vs. výroba paliv, sociální aspekty, poskytování ekosystémových služeb atd.) Nově zavedené plodiny nebyly zdaleka tak důkladně prozkoumány jako kukuřice, která se pěstuje tisíce let. Současný výzkum by se tedy měl zaměřit na jejich vlastnosti a růst (Vogel et al., 2016).

3 Charakteristika vybraných druhů energetických rostlin

Csete et al. (2011) píše, že mezi nejvíce používané energetické plodiny patří chrastice rákosovitá, ozdobnice čínská, kukuřice a čirok.

V další části se budeme věnovat energetickým rostlinám, a to zejména *Elymus elongatus*, která se podle Lewandowski et al. (2003) pěstuje téměř přes 100 let po celém světě a to pro různé potřeby. Mezi ně se řadí půdní sanace, protierozní opatření či krmivo pro hospodářská zvířata. Z hlediska výroby energie nebyla zatím tato rostlina využita.

Stražil et al. (2011) uvádí další druhy trav, které se v ČR nejvíce využívají pro energetické účely. Jsou to *Dactylis glomerata*, *Phalaris arundinacea* L. a *Festuca arundinacea* Schreb.

3.1 *Elymus elongatus* subs. *ponticus*, cv. Szarvasi-1

Pěstování odrůdy Szarvasi-1 (*Elymus elongatus*) za účelem tvorby biomasy započalo v Maďarsku. Sklizená biomasa se používá především k výrobě energie, zmiňuje Csete et al. (2011).

Elymus elongatus je ponticko-středomořský druh, jehož rozšíření sahá od Pyrenejského poloostrova až k Černému moři. Na tomto území rozlišujeme dva poddruhy, které se navzájem značně odlišují. *Elymus elongatus* subs. *ponticus* je první poddruh, který se nachází ve východní části Středomoří a Maďarsku, je podstatně vyšší a robustnější. *Elymus elongatus* subst. *elongatus* je druhým poddruhem, který je výrazně kratší a stavbou menší druh, nacházející se v západnější oblasti Středozevního moře (Csete et al., 2011). Schrabauer (2010) uvádí zmínku z roku 1909 o rostlině *Elymus elongatus*, jakožto o krmivu pro hospodářská zvířata.

Rostlina je označována jako vytrvalá tráva, produkující nitkovité kořeny, které vnikají do půdy do hloubky až 2,5 m (Bikazugi mezőgazdasági nonprofit KFT, 2004). Stonek u *Elymus elongatus* je šedozevné barvy, robustný a řídko olistněný (Csete et al., 2011). Květenství vytváří 20 až 30 cm dlouhý lichoklas, který je složen z kláskových shluků. Plod tvoří obilka o velikosti 0,8 až 1,2 cm (Bikazugi mezőgazdasági nonprofit KFT, 2004). Při vhodných růstových podmínkách může stéblo dosahovat výšky 180–220 cm (Csete et al., 2011).

3.1.1 Taxonomie

Elymus elongatus je druhem, u kterého je rozdílná nomenklatura. Tento druh má velmi mnoho synonym, upozorňuje Kažmierski (2008). K synonymům *Elymus elongatus* se řadí: *Agropyron elongatum*, *Triticum alongatum*, *Elytrigia elongata* (The Plant List, 2010).

3.1.2 Původ rostliny

Szarvasi-1 je suchu odolný a robustní hybrid rodu *Elymus elongatus* subsp. *ponticus* pocházející z Maďarska, přesněji z města Szarvas. Centrální hospodářský úřad v Maďarsku oficiálně jmenoval odrůdu Szarvasi-1 poprvé v roce 2004 (Csete et al., 2011). Výsledná odrůda je důsledkem několikaleté šlechtitelské práce. Nejvíce se na vyšlechťení této odrůdy podíleli dr. János Janowszky spolu se synem Zsoltem Janowszkym (Janowszky et al., 2012).

3.1.3 Nároky na stanoviště

Scheinost et al. (2008) řadí *Elymus elongatus* mezi rostliny typu C3. V porovnání se středními či těžkými půdami, se rostlině nejlépe daří na lehčích půdách. Přírodní výskyt této plodiny zasahuje do centrální části Maďarska, kde převažují oblasti s písčitou půdou, výjimečně se vyskytují i na půdách jílovitých. Odrůda Szarvasi-1 upřednostňuje především alkalické půdy, jejíž hodnoty jsou v rozmezí 6,5–10 pH (Csete et al., 2011).

Životnost této plodiny se odhaduje okolo 10 až 15 let, nicméně v této oblasti nejsou doposud známy přesnější výsledky. Rostlina je tolerantní vůči vyšším letním teplotám pohybujících se okolo 30–35 °C. Výsledky ze zahraničního výzkumu potvrzují, že odrůda Szarvasi-1 je odolná proti 200–2100 mm srážek za rok (Csete et al., 2011).

Schrabauer (2010), uvádí nejvyšší nárůst rostlinné hmoty u Szarvasi-1 v období jara a podzimu. Plného výnosu dosahuje rostlina ve druhém roce po jarním výsevu, kdy hodnota výnosu sušiny byla na rozmezí 10 až 15 t·ha⁻¹ (Bikazugi mezőgazdasági nonprofit KFT, 2004).

Csete et al. (2011) tvrdí, že při dobré dostupnosti živin a srážek může Szarvasi-1 poskytovat výnosy 10 až 25 t·ha⁻¹ sušiny za rok.

3.2 Srha laločnatá, říznačka (*Dactylis glomerata*)

Dactylis glomerata je víceletá vytrvalá tráva, relativně náročná na vláhu a živiny. Méně náročná je na agrotechniku a vyniká stabilní produkcí ve spektru ekologických podmínek (Petříková et al., 2006). Regal (1953) označuje srhu jako nejkvalitnější pícní travu. Havlíčková et al. (2008) popisuje srhu jako původní druh, který se nachází v oblasti Eurasie a Jižní Ameriky. Hrabě a Buchgraber (2009) považují srhu za silný konkurenční druh.

3.2.1 Botanické zařazení a popis rostliny

Dactylis glomerata je z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*). Tato rostlina má velmi hluboký kořenový systém s větším množstvím kořenové hmoty zasahující do hloubky 5–25 cm. Mnohdy bývá označována jako ozimá tráva, tvořící ve druhém roce vegetace plodná stébla a listové výhonky (Havlíčková et al., 2008). Regal (1953) píše o srze jako o rané trávě, která v období jara obrůstá velmi rychle, a tak je její další růst velmi intenzivní. Vzhledem k rychlému vývoji srha velmi špatně reaguje na jarní mrazy (Koloničný a Hase, 2011).

Díky svému intenzivnímu vývoji je schopna dosahovat plného zrání již ve druhém roce vegetace. Plného výnosového potenciálu nabývá v 1.–4. užitkovém roce (Havlíčková et al., 2008). Petřík et al. (1987) uvádí, že ve třetím užitkovém roce bylo po aplikaci vysoké dávky kejdy u *Dactylis glomerata* dosaženo výnosu 10 t·ha⁻¹. To Šantrůček et al. (2007) ve svých pokusech uvádí, že při hnojení N 100 kg·ha⁻¹ byl celkový výnos 13,2 t·ha⁻¹.

3.2.2 Nároky na stanoviště

Typickým přirozeným prostředím jsou pro tuto rostlinu mezofytní a mezohygrofitní louky. Tento druh je poměrně náročný na živiny a nejčastěji se objevuje na půdách, které mají poměrně velkou zásobu živin (Havlíčková et al., 2008). Římovský et al. (1989) tvrdí, že tento druh se velmi ojediněle vyskytuje v horských oblastech, ale nsetkáme se s ním na okrajích lesa. Ve srovnání s ostatními druhy trav, je srha poměrně odolná vůči zastínění, jelikož se dokáže velmi dobře adaptovat (Regal, 1953).

3.3 Kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea* Schreb.)

Festuca arundinacea Schreb. se řadí mezi hustě trsnaté trávy ozimého charakteru, dorůstající do výšky až 2 metrů. Tato tráva má značně rozvinutý kořenový systém, díky kterému velmi dobře absorbuje živiny a vláhu. (Veselá et al., 2007). *Festuca arundinacea* Schreb. je druhem velmi odolným a přizpůsobivým vzhledem ke klimatickým a půdním podmínkám a díky této skutečnosti roste brzy na jaře a kvete dlouho do podzimu. Výsledkem je velmi vysoká odolnost vůči nepříznivým podmínkám, kterými jsou krátkodobé zamokření nebo sucho. (Stražil et al., 2011).

3.3.1 Nároky na stanoviště

Festuca arundinacea Schreb. se nejčastěji v přirozeném prostředí vyskytuje na vlhkých loukách a je jedním z mála druhů, který se objevuje na slaných půdách, které se vyznačují především vyšší hodnotou pH. Výjimkou pro tento druh nejsou ani lokality s vyšší hladinou podzemní vody (Stražil et al., 2011).

Frydrych et al. (2020) uvádějí, že v našich půdních a klimatických podmínkách se výnos sušiny fytomasy pohybuje od 5 do 13 t·ha⁻¹. Podle Fialy a Tichého (1994) dosahuje kostřava rákosovitá při třech sečích průměrného výnosu 8,42 t·ha⁻¹. Naproti tomu Frydrych et al. (2001) tvrdí, že průměrný výnos kostřavy rákosovité ve vhodných podmínkách ČR v prvním roce sklizně dosahuje hodnot 5,29 t·ha⁻¹ a v roce druhém dokonce 10,11 t·ha⁻¹. Kavka et al. (2006) doplňuje, že velký vliv na celkový výnos má intenzita jednotlivých vstupů. Uvádí, že průměrný výnos u kostřavy rákosovité dosáhl hodnot 5 až 9 t·ha⁻¹.

Co se týče výnosů tohoto druhu v zahraničí, tak konkrétně v Německu Wellie-Stephen (1998) dosáhl průměrných hodnot u *Festuca arundinacea* Schreb. od 11,4 do 13,1 t·ha⁻¹. Kryzeviciene (2005) zjistil, že v Litvě, kde převládají lokality s chudšími půdami, jsou výnosy sušiny fytomasy na hodnotách od 6,4 do 9,2 t·ha⁻¹. Niemelainen et al. (2001) tvrdí, že v půdních a klimatických podmínkách Finska, má tento druh v porovnání s kostřavou luční až o 12% vyšší výnos sušiny fytomasy.

3.4 Bojínek luční (*Phleum pratense* L.)

Tento druh se řadí mezi volně trsnaté trávy ozimého i jarního charakteru, který za příznivých podmínek vyrůstá do výšky až 1 m (Regal, 1972). *Phleum pratense* L. vyniká rychlým růstem, nicméně plného vývoje dosahuje až ve druhém užitkovém roce.

Na stejném stanovišti je tento druh schopný vydržet 6–10 let. Jeho bohatě rozvinutý kořenový systém je umístěn těsně pod zemí a sahá do hloubky zhruba 10 cm (Velich, 1994).

Příznivé půdní a klimatické podmínky v ČR dovolují *Phleum pratense* L. dosahovat vysokých výnosů, které činí až 15 t·ha⁻¹. Tento testovaný druh se díky takto vysokým výnosům řadí mezi nejvýkonnější druhy trav v ČR (Petřík et al., 1987).

3.4.1 Nároky na stanoviště

Phleum pratense L. patří mezi trávy, které nejsou nijak náročné na stanovištní podmínky. Mezi jeho přednosti se řadí vysoká odolnost vůči mrazu či vyskytujícímu se sněhu (Velich, 1994). Příliš se mu nedaří na lehkých a suchých půdách v kukuřičných výrobních oblastech, které významným způsobem negativně ovlivňují růst a výnos fytomasy.

Velich (1994) uvádí jako nejvhodnější střední a těžší půdy se značnou vlhkostí a častějšími srážkami. Klesnil (1978) pokládá za velmi vhodné také oblasti nacházející se ve vyšších nadmořských výškách či místa, kde se hodnota pH pohybuje mezi 3,6 a 7,2. Dále doplňuje, že roční příjem dusíku pro ideální růst by měl být 100 kg·ha⁻¹ (Klesnil, 1978).

4 Vliv hnojení na výnosy energetických trav

Hnojení se označuje jako intenzifikační faktor, pomocí kterého lze u vybraných druhů trav dosáhnout vyšších výnosů a kvality porostu (Fiala et al., 2007). Kvalita porostu může být ovlivněna dvěma způsoby. Přímou se může projevit podporou růstu u všech druhů a nepřímou ovlivňuje růst u náročnějších a kvalitnějších druhů. Pro zachování druhového složení, kvality a dobré výnosnosti trav je potřeba za pomoci hnojení dodat kvalitní živiny, které byly odčerpány sklizní. Dodané množství živin by mělo být vyšší, než je jejich odvod (Velich, 1996).

Rostlinné živiny, které byly odčerpány sklizní porostu, jsou často nahrazovány z půdních zdrojů, dusíkem a v konečné fázi hnojením. Ze všech zdrojů tvořících výživný režim stanoviště, má největší využití hnojení. Nejčastěji ovlivňuje výnosy u trav, má vliv na druhové složení porostu a kvalitu píce (Siri-Prieto et al., 2020). Velich (1994) tvrdí, že při konečné fázi hnojení není podstatný pouze výnos a kvalita, ale ve svých studiích se zaměřuje na správné využívání porostu a zhodnocení sklizené píce v živočišné výrobě.

Hnojení může ovlivnit chemické složení porostu dvěma způsoby: přímo úpravou výživy zastoupených druhů a nepřímou modifikací ve druhovém složení porostu (Veselá a Mrkvička, 2005).

4.1 Hnojení minerálními hnojivy

Dusíkatá hnojiva je důležité aplikovat podle jednotlivých sečí. Trávy jsou nejvíce náročné na dusík a nejvíce ho spotřebovávají v období první seče. Mezi vhodná hnojiva, která se dají využít, řadíme: ledek amonný, ledek amonný s vápencem, ledek vápenatý a DAM-390 (Poulík, 1996).

4.1.1 Dusík

Různé podíly trav, dvouděložných druhů a leguminóz, jsou výsledkem vlivu hnojení na skladbu daného porostu. Hnojení dusíkem má velký vliv na tvorbu výnosů a významně ovlivňuje druhové složení porostu. Nejvhodnější doba na hnojení je na začátku vegetace, případně v době po první sklizni. U většiny dávek je potřeba dohlížet na jejich způsob využití. Doporučené dávky N u travních porostů se pohybují v rozmezí 120–150 kg·ha⁻¹ (Královec et al., 1989).

Nesprávné hnojení N může vést k poklesu účinnosti hnojení či k zhoršení druhové diverzity (Velich et al., 1991). Vysoké dávky dusíku při nevhodném rozložení N:P:K mohou zapříčinit vznik tzv. močůvkových plevelů (Kerblík lesní, bolševník, šťovík tupolistý) které do jisté míry poškozují porost (Velich, 1978). Dusík mimo jiné významně ovlivňuje účinnost fyziologických a biochemických procesů v rostlinách, čímž značně přispívá k vyšším výnosům. Zároveň se díky vyššímu obsahu dusíkatých látek a minerálních živin zvyšuje i kvalita porostu (Královec, 2004).

Kvalitní druhy trav, které dosahují poměrně vysokých výnosů, jsou velmi náročné na živiny a hnojení u těchto druhů zajišťuje jejich vyšší konkurenční schopnost. Příkladem může být *Dactylis glomerata*, u níž se optimální dávky dusíku pohybují v rozmezí 100–140 kg N ha⁻¹·rok⁻¹. Tato tráva je schopna poskytovat stabilní výnosy i v případě, že nedojde k jejímu hnojení. Tímto se výrazně odlišuje od ostatních druhů trav (Havličková et al., 2008). Petřík et al. (1987) se shoduje se Šantrůčkem et al. (2007) a tvrdí, že při hnojení 100 kg N·ha⁻¹ dosahovala *Dactylis glomerata* výnosů 13,2 t·ha⁻¹.

U pěstování energetických trav zařazujeme využití organických a minerálních hnojiv. Zásadní rozdíl mezi hnojivy je v rozdílných dávkách živin, které je rostlina schopna přijmout. Minerální hnojiva mají ve srovnání s chlévským hnojem poměrně velké množství živin a minerálních látek. Organická hnojiva přispívají ke zvýšení organického materiálu v půdě a tím velmi dobře zadržují vlhkost (Kirkham et al., 2008).

4.1.2 Fosfor

Fosfor zastává velmi významnou funkci v buněčných jádrech energetických rostlin a také přispívá k přenosu energie v biochemických pochodech. Je potřebným prvkem pro správnou funkci bílkovin během fotosyntézy a značně urychluje zrání rostlin. Porosty energetických trav na fosforečné hnojení nereagují náhlým zvýšením výnosu biomasy (Královec, 2004).

Obsah fosforu v sušině u energetických trav se pohybuje v rozmezí 0,25–0,30 %. Při výnosech 5–10 t·ha⁻¹ je odvedeno 15–30 kg P z 1 ha. Podmínkou kvalitního využití dodaného fosforu do půdy je vápnění, které zajišťuje optimální obsah vápníku v půdě k zabránění převracení P a dle půdního typu i nejvhodnější rozsah pH 5,5–6,5, během kterého je dostupnost fosforu pro travní porosty nejvhodnější. Naopak při vysokých hodnotách pH se dostupnost zhoršuje (Kunzová, 2009).

Hnojení fosforem přispívá ke zvýšení podílu jetelovin a ovlivňuje chemické složení u jednotlivých druhů energetických trav (Skládanka et al., 2008). Půdy s větší zásobou P jsou hnojeny dávkou alespoň 3–5 kg P na výnos 1 t suché píce. U půd, které mají nižší obsah P, se doporučuje ze začátku navýšit dávky o 50–100 %. Fosfor je prvkem, který je v půdě minimálně zastoupen, a proto je jeho vyplavování do podzemních vod zanedbatelné. Vápněné půdy je možné hnojit do rezervy na 2–3 roky (Mrkvička a Veselá, 2010).

4.1.3 Draslík

Draslík se při tvorbě cukrů zapojuje v rostlinách do procesu fotosyntézy, dále uvnitř buněk koriguje látky a zvyšuje odolnost rostlin proti případnému vymrzání. Z velké části ovlivňuje transport živin v rostlinných pletivech a je nezbytným prvkem pro celou řadu travních porostů během jejich vegetační doby. Draslík je prvkem, který je rostlinami velmi dobře přijímán, zejména během intenzivního dusíkatého a draselného hnojení (Královec, 2004).

Výnosy u energetických trav nejsou omezeny nedostatkem draslíku, jeli obsah v sušině ve zralosti 2–2,4 % (Královec et al., 1989). Výnosy biomasy 5–10 t·ha⁻¹ odebírají 100–230 kg draslíku. Draselné hnojení velmi zřídka působí na druhovou skladbu porostu. Při velkých dávkách draslíku může dojít ke vzniku ruderálních plevelů (Skládanka et al., 2008).

Nejvhodnější dávky draslíku se pro energetické trávy určují velmi těžko, protože velká část půdního draslíku se důsledkem zvětrávání zpřístupňuje a dle druhu půdy a celkové výnosnosti trav kryje 10–50% potřeby. To znamená, že neúměrné dávky draslíku jsou neefektivní a mohou přispět ke zhoršení kvality u daných druhů trav. Na chudých půdách či půdách s horším přísunem dusíku se dávky hnojení pohybují v rozmezí 100–200 kg K na 1 ha. U půd těžších jsou tyto dávky menší a to okolo 50–100 kg na 1 ha (Konvalina et al., 2007).

4.2 Hnojení organickými hnojivy

Cílem organického hnojení je aplikovat do půdy co největší množství organické hmoty. Organická hnojiva se vyznačují intenzifikací rostlinné výroby. Jejich fáze využití je do jisté míry ovlivněna technologií čímž může být konečný efekt rozdílný (Jonáš a Petříková, 1998)

Travní porosty mají velmi rozvinutý kořenový systém, pomocí kterého dopravují do půdy velké množství humusu. Během povrchového hnojení louky dochází k odplavení větší části živin, než např. na orné půdě (Velich, 1996). Poulík (1996) uvádí, že velmi dobré využití mají tekutá statková hnojiva – kejda a močůvka.

4.2.1 Statková hnojiva

Při jejich použití je potřeba dbát na to, aby byly kvalitně zapraveny do půdy za pomoci speciálních diskových aplikátorů. Nesprávné použití může zapříčinit vysoké ztráty amoniakálního dusíku. Dávky u kejdy se pohybují na hodnotách 20–60 t·ha⁻¹, u močůvky je to 20–70 t·ha⁻¹. Mrkvička a Veselá (2010) upozorňují, že během aplikace kejdy často dochází ke ztrátě dusíku v podobě čpavku, protože kejda obsahuje 60% dusíku ve čpavkové formě.

Močůvka je charakterizována jako rychle působící a účinné hnojivo, jejíž dávky jsou aplikovány v rozmezí 20–40 m³·ha⁻¹. Hnojit močůvkou se doporučuje ve slabších dávkách a nejlépe za studeného počasí. Močůvku není vhodné používat na zmrzlou půdu, protože s velkou pravděpodobností nedojde k jejímu vstřebání a to může způsobit velké ztráty dusíku (Velich, 1996). Je možné ji používat po celý rok, s výjimkou zimního období, kdy je přemrzlá půda. Časté její využití může vést k rozvoji ruderalních plevelů (Mrkvička a Veselá, 2010)

Velich (1996) uvádí, že hnůj se na louky aplikuje nejčastěji na podzim a to v dávce 20 t·ha⁻¹. Aarons et al. (2004) tvrdí, že chlévský hnůj zlepšuje dostupnost půdních živin, především dusíku a fosforu.

Hrabě a Buchgraber (2009) doporučují statková hnojiva aplikovat v menších dávkách a ideálně na celou plochu porostu.

4.2.2 Hnojení digestátem

Ve srovnání s ostatními organickými hnojivy obsahuje digestát největší množství dusíku, kdy hodnoty se pohybují od 0,2–1 % hm., pH digestátu je v rozmezí 7–8. Pospíšil et al. (2011) uvádí hodnoty 7,6–8,5, kdy obsah sušiny ve hmotě činí 2–13 %. Pokud jde o složení a skupenství digestátu, mohou zde hrozit větší ztráty dusíku, a z toho důvodu se doporučuje aplikace pomocí hadicového aplikátoru. Velikost dávky digestátu, který je aplikován po celé ploše pozemku, musí odpovídat obsahu dusíku podle nitrátové směrnice (Krčálová, 2008). Použití digestátu má pozitivní vliv na životní

protřídí, především v zemědělství přispívá k uzavírání cyklů jednotlivých prvků a snižuje dávky minerálních hnojiv (Dieterich et al., 2012). Snižování minerálních dusíkatých látek může vést k poklesu míry evapotrace amoniaku a extrakci dusičnanů (Voča et al., 2005).

Kobes et al. (2017) doporučuje pro stabilizování produkčních a mimoprodukčních funkcí travních porostů trvale používat nízké nebo střední dávky digestátu, které činí $150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Při použití vyšších dávek, tedy nad $150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ je potřeba seč travního porostu opakovat až 4 krát do roka, tímto krokem se do jisté míry zamezí vzniku ruderalních plevelů.

4.2.3 Vápnění

Trávám se v růstu daří nejlépe na kyselých a zásaditých půdách, kde hodnota pH je v intervalu od 5,0–6,5. Vápnění půdy nejčastěji probíhá ve 4–6 letých obdobích. K procesu vápnění se využívá vápenná složka, která obsahuje velkou část dusíkatých hnojiv - ledek amonný ve spojení s vápencem (Poulík, 1996). Kirkham et al. (2008) uvádějí, že od první aplikace chlévského hnoje s vápnem na louky, dochází k poklesu druhové pestrosti. Spiegelberger et al. (2006) doplňují, že výsledný efekt vápnění na druhovou pestrost se projeví zhruba po sedmdesáti letech od poslední aplikace. Autoři dodávají, že tento efekt je způsoben zvýšením pH ve stálých podmínkách.

4.3 Vliv aplikace organických hnojiv na výnosy energetických trav

Účinnost organického hnojení je závislá na jednotlivých dávkách hnojiv, na lokalitě a botanickém složení porostu. Je prokázáno, že vyšší dávky chlévského hnoje snižují druhovou pestrost. Největší počet druhů na metru čtverečním byl zaznamenán při dávkách chlévského hnoje $5\text{--}10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, nejnižší při dávkách $20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Kirkham et al., 2008).

Velich et al. (1991) uvádějí, že velmi často se mění podmínky na stanovišti a tím dochází i ke změnám ve druhovém složení porostu. Trávy dokáží daleko lépe přijímat živiny než např. polní plodiny. Ke změnám druhového složení dochází nejčastěji u vzrůstem větších druhů trav, které jsou poměrně náročné na živiny. Vzrůstné druhy trav jsou schopny přijímat živiny daleko rychleji než druhy méně vzrůstné.

Na složení druhového společenstva má největší podíl hnojení N. Významně přispívá ke zvýšení podílu vzrůstných druhů trav a do jisté míry omezuje vývoj u viko-
vitých rostlin a bylin. Při hnojení dávkami 60–100 kg N·ha⁻¹ dochází k výraznému po-
klesu podílu jetelovin. U dávek které se pohybují v rozmezí od 100 do 150 kg N·ha⁻¹
převládají trávy, jako jsou kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea* Schreb.) nebo
srha laločnatá (*Dactylis glomerata*) (Velich et al., 1991).

Organická hnojiva ovlivňují výkonnost a druhovou pestrost porostu stejně jako
hnojiva minerální. Laissus a Leconte (1982) píší o odlišném účinku organických hno-
jiv. Kapalná hnojiva v porovnání s kompostovaným hnojem značně přispěla k navý-
šení podílu u dominantních druhů trav, kterými jsou jílek vytrvalý (*Lolium perenne*),
lipnice luční (*Poa pratensis*) a kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea* Schreb.) Opa-
kem je snížení podílu u srhy laločnaté (*Dactylis glomerata*). Dle Čunderlíka a Ki-
zekové (2012) organické hnojení přispívá ke zvýšení podílu trav ve společenstvu.

4.4 Vliv aplikace digestátu

Dle výsledků Pospíšila a Mano (2007) působí digestát pozitivně na kvalitu půdy a za-
mezuje vzniku plevele. Kobes et al. (2017) píší, že použití digestátu v dávkách od 50
do 150 kg·ha⁻¹ vede k dominanci vzrůstných druhů trav. Tímto způsobem dochází ke
kvalitnějšímu prokořenění půdy a daný porost zachází lépe s živinami. Nižší dávka
digestátu způsobuje při hnojení ústup kostřavy červené (*Festuca rubra*) z porostu a
nahrazuje ji kostřava luční (*Festuca pratensis*).

Kováčiková et al. (2013) uskutečnila průzkum, kde byl sledován vliv digestátu na
trvalé travní porosty v místě Radvaň u Banské Bystrice. Lokalita se nachází v nadmoř-
ské výšce 427 m. n. m., kde průměrné roční srážky jsou 819,5 mm a teplota se pohy-
buje okolo 8 °C. V jarním období byla dávka dusíku 40 kg·ha⁻¹, následně po první seči
20 kg·ha⁻¹. Botanické složení porostu bylo sestaveno dle projektivní metody domi-
nance. Ve výzkumu byly srovnávány plochy hnojené digestátem a plochy, kde byla
aplikována pouze kejda prasat a chlévský hnůj. Po prvním roce od použití digestátu
nebyla mezi dvěma plochami zaregistrována sebemenší změna. U jednotlivých druhů
trav byl zaznamenán nejvyšší podíl 62–73%. Hnojení digestátem se pozitivně proje-
vilo u lipnice luční (*Poa pratensis*).

Digestát působí pozitivně na růst nitrofilních druhů trav a zvyšuje jejich výnosový
potenciál. Hnojení vyššími dávkami digestátu významně ovlivňuje druhovou pestrost

u porostu, kdy vzrůstem menší a světlomilné druhy nejsou schopny čelit přesile
vzrůstnějších druhů trav (Kobes a Tonka, 2016).

5 Souvislost mezi listovou plochou a výnosem biomasy

Rozdíl v akumulaci sušiny u trav je přisuzovaný příjmu dusíku (Rajcan a Tollenaar, 1999). Rozdíly ve výnosu biomasy a příjmu dusíku se mění částečně kvůli snížené mineralizaci dusíku v půdě a také kvůli sušším povětrnostním podmínkám, které mohou být rozdílné v různých letech (Vojtech et al., 2007). Bylo zjištěno, že větší míra příjmu dusíku napomáhá ke zlepšení výnosu biomasy energetických trav (Greef et al., 1999).

Dusíkaté hnojivo je všeobecně chápáno jako klíčová složka nutná pro vysoký výnos a optimální ekonomickou návratnost při pěstování rostlin, protože hraje velmi důležitou roli v produktivitě plodin (Ahmad, 2000) a jeho nedostatek představuje jeden z hlavních faktorů omezujících výnos energetických trav (Shah et al., 2003). Nadměrné hnojení dusíkem je běžným problémem pro rotační systém jednotlivých druhů trav (Zhao et al., 2006), zatímco jeho nedostatek způsobuje 30% snížení výnosu (Subedi a Ma, 2005). Výnos biomasy se zvyšuje s rostoucí hustotou rostlin a množstvím dusíku (Gaurkar a Bharad, 1998). Hamid a Nasab (2001) uvádějí, že výnosy biomasy korelují s vegetativními a reprodukčními fázemi trav.

5.1 Index listové plochy

Watson (1947) charakterizuje index listové plochy (LAI) jako celkovou plochu horní části listu na jednotku plochy půdy. Turner et al. (1999) uvádějí hodnotu indexu listové plochy jako důležitý faktor, který slouží pro zjištění vlivu rostlinného pokryvu půdy na půdní úrodnost. Foody (2002) doplňuje, že rostlinný pokryv působí velmi pozitivně na kvalitu půd. Hodnota LAI se využívá pro určení fotosyntetických procesů rostlinných biocenóz, ale také jednotlivých rostlin. Mimo jiné se využívá i pro stanovení intenzity růstu rostlin (Barclay, 1998). Index listové plochy způsobuje změnu mikroklimatu porostu, stanovuje intercepční procesy a je důležitým aspektem pro určení biochemických cyklů ekosystémů (Bréda, 2003).

Listová plocha ovlivňuje zachycení a využití slunečního záření porostů trav a následně i výnos biomasy. Plocha a počet listů jsou důležitými faktory při odhadu fotosyntézy rostliny v modelech simulace růstu plodin, které vyhodnocují akumulaci sušiny z časového hlediska (Boote et al., 1996). Oscar a Tollenaar tvrdí, že listová plocha a výnos biomasy se zvyšuje při vyšší koncentraci N. Pandey et al. (2000) uvádějí, že

jednotlivé druhy trav se liší svou schopností udržovat hodnotu LAI, rychlost růstu plodin a nadzemní produkci sušiny při různých úrovních deficitu vody a přísunu dusíku. Toler et al. (1999) uvádějí o 15 % vyšší zachycení světla a výnos biomasy při vyšší hustotě rostlin. Hustota rostlin u energetických plodin ovlivňuje morfologii rostlin, mění vzorce růstu a vývoje a také významně působí na produkci a rozdělení sacharidů (Casal, 1985). U energetických trav se listová plocha zvyšuje s rostoucí hustotou rostlin (Hassan, 2000; Modarres et al., 1998). Turgut (2000) potvrzuje vliv kombinace hustoty rostlin (kukuřice) a dávek dusíkatých hnojiv na výnosy biomasy.

5.2 LAI ve vztahu k tvorbě výnosů

Listová pokrývnost porostu stanovuje hodnoty absorpce záření jako klíčové složky, která určuje velikost biologické produkce. Asimilační plocha porostu je nejvíce ovlivňována agrotechnickými činiteli, kterými jsou hustota porostu, výživa (dusík) či doba setí (Moudrý, 2003). Moudrý (1991) tvrdí, že hodnoty LAI nejsou podmíněny dobou setí, ale zejména hustotou porostu. Kostrej et al. (1998) doplňují, že hodnoty LAI u porostu jsou během vegetace ovlivněny výsevkem, ale i pozdním hnojením dusíku. Ve tvorbě výnosu u daných porostů hraje významnou roli postavení listů.

Celková velikost, rychlost vyvíjení a délka působení asimilačního aparátu je vyjádřena pomocí LAD (leaf area duration) (Kostrej et al., 1998). Hodnota LAD je významná zejména ve vztahu k celkové biologické produkci (Petr et al., 1980). Optimální hodnoty LAI se u energetických trav pohybují v rozmezí 3–4 m²·m⁻² (Petr et al., 1980). Kostrej et al. (1998) uvádí, že v období metání u porostu trav je ideální hodnota LAI 4–6 m²·m⁻².

Petr et al. (1980) uvádějí, že klimatické podmínky během vegetace mohou značným způsobem ovlivnit hodnoty LAI u vybraných druhů trav. Největší vliv na produkci asimilačního aparátu má vývoj teplot a srážek, zásoba vody nebo živiny vyskytující se v půdě (Moudrý, 2003; Petr, 1977). Teploty nad 25 ° C a nedostatečné množství vláhy, způsobují stárnutí a žloutnutí asimilačního aparátu.

5.3 Produktivita asimilačního aparátu – rychlost fotosyntézy

Rychlost fotosyntézy lze vyjádřit jako množství vyprodukované sušiny na jednotku plochy listu za jednotku času (Petr, 1997). Rychlost fotosyntézy je srovnatelná s rychlostí toku CO₂, která vede do chloroplastů (Nátr, 1998).

Spojitost mezi hodnotami LAI, LAD a výnosem jsou ovlivněny indikátory, kterými jsou čistý výkon fotosyntézy (net assimilation rate - NAR), rychlost přírůstku sušiny na plochu (crop growth rate - CGR) či hodnota sklizňového indexu (harvest index - HI) (Kostrej et al., 1998). Petr et al. (1980) uvádějí, že rychlost fotosyntézy zásadně přispívá k větší produkci sušiny, stejně tak jako asimilace během růstu.

Dle Kostreje et al. (1998) je vysoký biologický výnos podmíněn vysokými hodnotami NAR a CGR u porostu během jarního období vegetace při nízkých hodnotách LAI. Nátr (1998) uvádí za hlavní aspekty ovlivňující rychlost fotosyntézy vnější (teplota, světlo, CO₂) a vnitřní prostředí (obsah chlorofylu, anatomická stavba).

6 Cíle a hypotézy

Cílem práce je sledování a zhodnocení dynamiky růstu porostů energetických trav.

Dílčí cíle

- 1) Údržba porostů energetických trav dle stanovené metodiky.
- 2) Odběr vzorků porostů energetických trav a sledování pokryvnosti porostů trav pomocí přístroje Sunscan v pravidelných intervalech.
- 3) Sledování výnosu u jednotlivých druhů energetických trav.
- 4) Zpracování a vyhodnocení získaných výsledků, porovnání dat s literárními údaji.

Hypotézy

- 1) Studium literárních podkladů bylo zjištěno, že nejvýnosnějšími druhy jsou *Phleum pratense* L. a *Elymus elongatus* subsp. *ponticus*, cv. Szarvasi-1. Existuje proto předpoklad, že se tyto hypotézy potvrdí v praktickém polním pokusu.
- 2) Minerální hnojení se pozitivně projeví na tvorbě nadzemní biomasy a celkovém výnosu sušiny sledovaných trav.

7 Materiál a metodika

7.1 Charakteristika lokality

Pro výzkum energetických trav byl zvolen pozemek Zemědělské a technologické fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (viz. Obr. č. 7.1). Pozemek se nachází v mírně teplém až vlhkém klimatickém regionu, jeho nadmořská výška činí 381 m n. m. Průměrný roční srážkový úhrn v této lokalitě je 550–650 mm, průměrná roční teplota dosahuje 7–8 °C (ČHMÚ, 2022).

Dle studií Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd (VÚMOP) zde převládají pseudogleje modální. Podle dostupných informací z VÚMOP se v této lokalitě nacházejí středně hluboké půdy jílovitého charakteru, které nejsou příliš produktivní. Hodnota celkové výnosnosti půd v dané lokalitě se nachází na stupnici od 6 do 100 na bodu 42 (velmi málo produkční).



Obrázek 7.1: Mapa pokusné lokality (LPIS)

7.2 Založení a údržba porostů

Jednotlivé druhy energetických trav byly vysety na pozemku Jihočeské univerzity 16. 4. 2019. Mezi testované druhy trav patří: kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea* Schreb.), *Elymus elongatus* subs. *ponticus*, cv. Szarvasi-1, bojínek luční (*Phleum pratense* L.) a srha laločnatá (*Dactylis glomerata*). Celkem bylo na pokusné lokalitě vytvořeno 32 parcelek o rozměru 5 m² (3,33 m · 1,5 m). Testované druhy trav se na jednotlivých parcelkách vyskytují ve dvou variantách. Kontrolní varianta (C) je bez použití minerálních hnojiv, ve variantě Minerální (M) jsou na porosty aplikována minerální hnojiva (viz. Obr. č. 7.2).

1	2	3	4	5	6	7	8
Boj C	Kost C	Srha C	Sz-1 C	Boj M	Kost M	Srha M	Sz-1 M
Kost C	Srha C	Sz-1 C	Boj M	Kost M	Srha M	Sz-1 M	Boj C
Srha C	Sz-1 C	Boj M	Kost M	Srha M	Sz-1 M	Boj C	Kost C
Sz-1 C	Boj M	Kost M	Srha M	Sz-1 M	Boj C	Kost C	Srha C

Obrázek 7.2: Plán jednotlivých parcelek

Jednotlivé travní porosty byly ošetřeny dle stanovené metodiky. Dne 17. 6. 2019 byla na experimentální lokalitě provedena první seč od založení pozemku. Poté dne 2. 7. 2019 byl použit na jednotlivá políčka herbicid Starane 250 EC (60 ml + 10 l vody) proti dvouděložným plevelům. Poté byl na porosty ve variantě M aplikován ledek

amonný (LAV) v dávce $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (54 kg čistého $\text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$). Dávka na jednu parcelku činila $0,1 \text{ kg LAV}$.

Na jaře následujícího roku (březen 2020) byla provedena celková seč porostů. Poté byla opět na parcelky s označením M aplikována minerální hnojiva. Jednalo se o $400 \text{ kg LAV ha}^{-1}$ (108 kg čistého N ha^{-1} , pro jednotlivé parcelky $0,2 \text{ kg}$), dále 150 kg superfosfátu trojitého (3SF) na hektar (30 kg čistého P ha^{-1} , pro jednotlivé parcelky $0,075 \text{ kg}$) a 200 kg draselné soli (DS) na hektar (100 kg čistého K ha^{-1} , pro jednotlivé parcelky $0,2 \text{ kg}$). V červenci byla na porosty ve variantě M aplikována další dávka hnojiva LAV ($0,1 \text{ kg LAV}$ na parcelku). V roce 2021 byla použita stejná metodika jako pro rok 2020.

7.3 Odběr vzorků

Od roku 2020 byl prováděn pravidelný odběr v měsíčních intervalech. Pravidelné odbírání vzorků jednotlivých druhů trav záviselo zejména na průběhu počasí. Datum a čas odběru byl vždy volen s ohledem na vlhkostní stav porostu a také na aktuální intenzitu slunečního záření. Porost byl vždy odebírán z každé parcelky, a to z plochy 1 m^2 . K odběru jednotlivých vzorků bylo využito ručního srpu. Po sklizni byly všechny vzorky za čerstvého stavu zváženy a poté sušeny v laboratorním termostatu při $60 \text{ }^\circ\text{C}$ do konstantní hmotnosti. Po vysušení byly vzorky opět zváženy. Po všech těchto krocích byl vypočten pro každou variantu průměrný výnos sušiny a obsah sušiny ve fytomase v době odběru.

Dalším cílem této práce bylo měření indexu listové plochy (LAI) v porostech. Sledování pokryvnosti porostů probíhalo pomocí polního analyzátoru slunečního záření Sunscan, a to každý měsíc těsně před odběrem vzorků trav. Sunscan je tvořen kapesním počítačem – PDA, který je propojen s 1 m dlouhou ruční sondou. Součástí sondy je senzor, který je během měření umístěn v porostu a měří dopadající záření. Vyhodnocená data byla následně porovnána s údaji z odborné literatury.

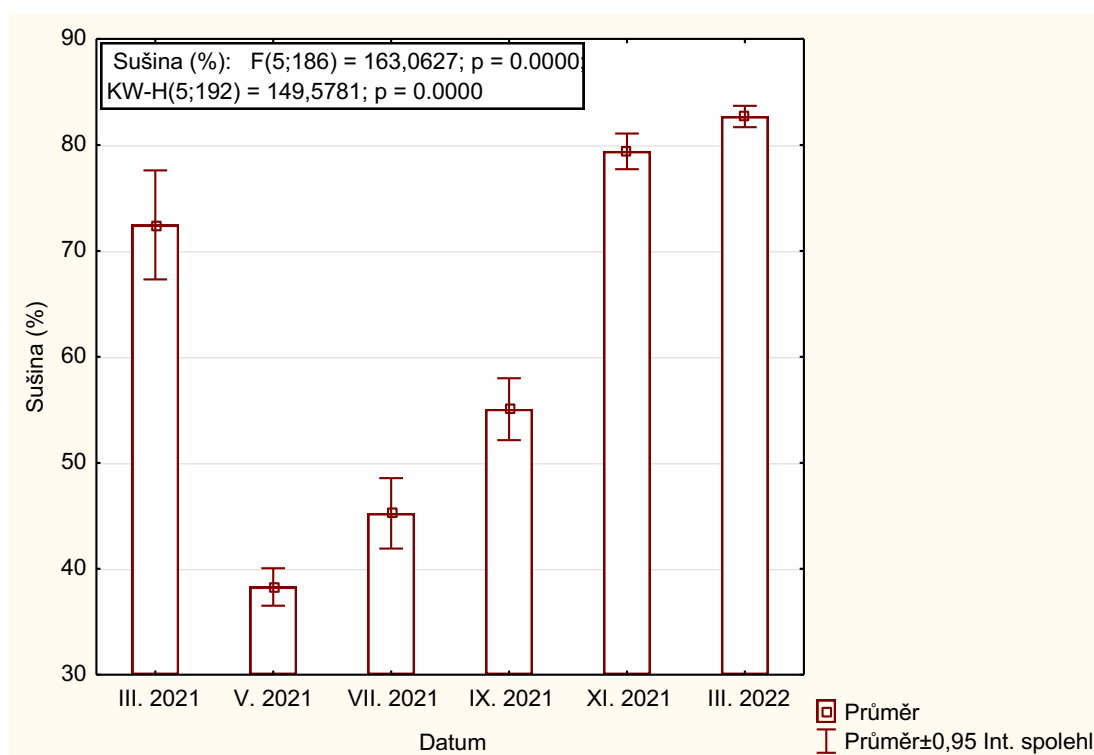
7.4 Statistické zpracování dat

Pro zpracování získaných dat byl využit program STATISTICA 12 (StatSoft Inc.). Výstupem analýzy jsou grafická znázornění získaných výsledků. Jedná se o grafické vyjádření analýzy variace (ANOVA) a výpočet Kruskal-Wallisova testu, který je sloučen s 2D grafy průměrů s odchylkami.

8 Výsledky a diskuse

8.1 Procentuální obsah sušiny v jednotlivých obdobích

Z grafického vyhodnocení dat vyplývá, že nejvyššího obsahu sušiny bylo dosaženo v období března 2022, naopak nejmenší hodnoty byly naměřeny v květnu 2021, jak je zřejmé z Grafu 8.1. Graf shrnuje průměrné hodnoty všech travních druhů a slouží pro ilustraci vývoje obsahu sušiny během vegetační sezóny.



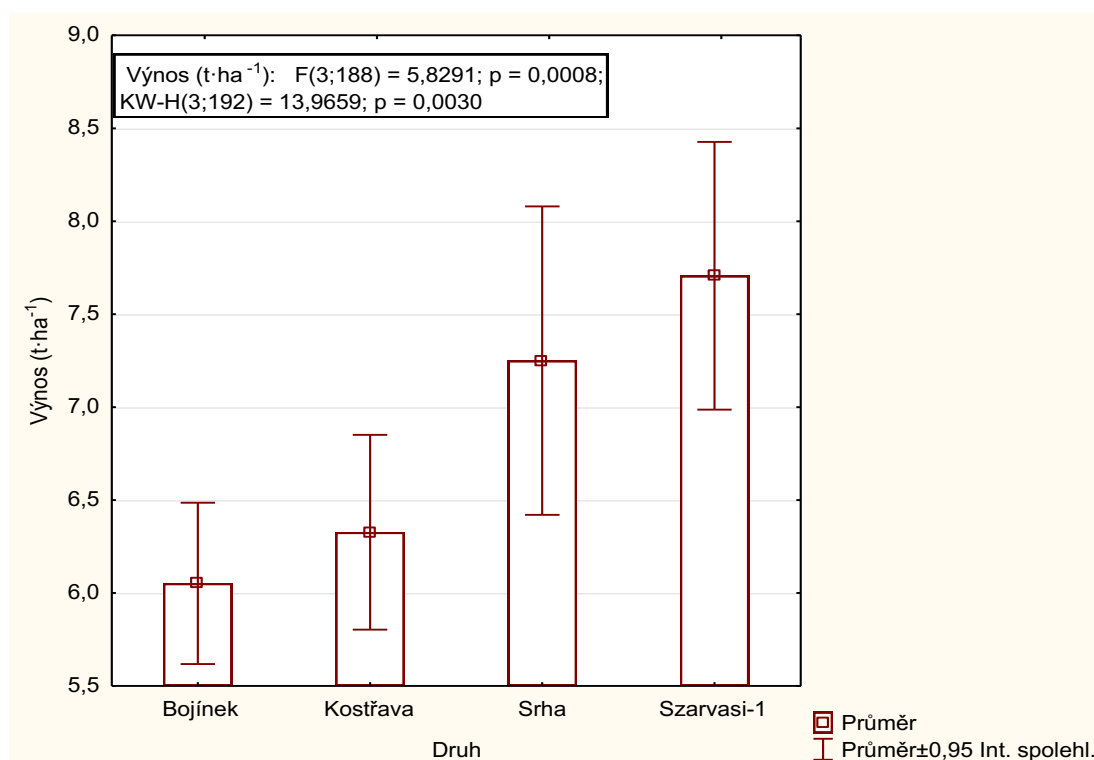
Graf 8.1: Procentuální obsah sušiny v jednotlivých obdobích

Sledování růstu a výnosů fytomasy u energetických trav se nezaměřujeme pouze na výnosnost biomasy jednotlivých druhů, ale také na procentuální obsah sušiny. Určením procentuálního obsahu sušiny lze stanovit vhodný termín sklizně jednotlivých druhů trav, které se dále energeticky využívají.

Z grafu 8.1 vyplynulo, že nejvyššího procentuálního obsahu sušiny (82,6 %) u vybraných druhů trav bylo dosaženo v jarním období roku 2022. Tato data se více méně shodují s tvrzením Havlíčkové et al. (2008), kteří uvádějí, že na jaře se podíl sušiny u jednotlivých druhů trav pohybuje v rozmezí 75–80 % sušiny. V květnu 2021, po seči starého porostu, je obsah sušiny u energetických trav nejnižší, fytomasa tedy obsahuje velké množství vody. V průběhu vegetační sezóny se procentuální množství

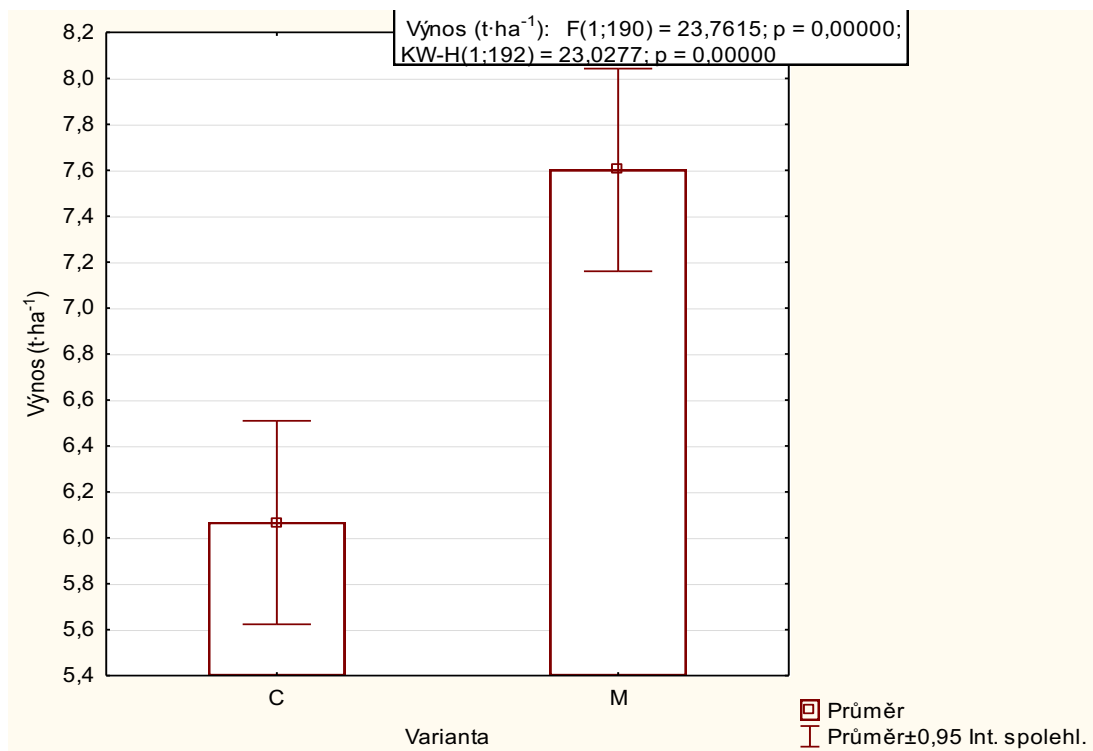
sušiny v rostlinách postupně navyšuje, což je způsobeno stářím porostu, které má významný vliv na obsah vody v rostlinách (Garnier et al., 1994). Dalším faktorem, který může ovlivnit obsah sušiny v rostlinách, je výskyt plevelných rostlin, které jsou v jiné vegetační fázi než pěstované kulturní trávy. Rajcan a Tollenaar (1999) uvádějí také vztah mezi množstvím přijatého dusíku a obsahem sušiny v rostlinách.

8.2 Výnosnost travních druhů



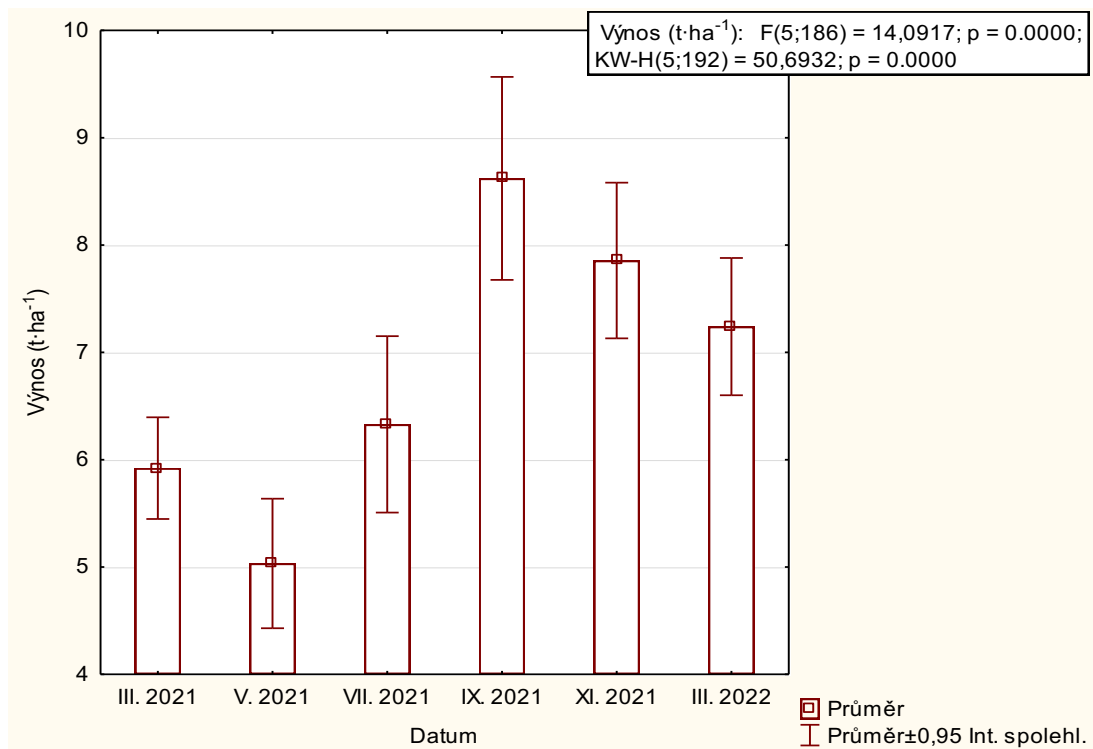
Graf 8.2: Vliv druhu na výnos fytomasy

Elymus elongatus, byl vyhodnocen jako nejvýnosnější druh, jehož průměrný výnos fytomasy činil 7,71 t·ha⁻¹. *Phleum pratense* L., se stal nejméně výnosným druhem s průměrným výnosem fytomasy 6,05 t·ha⁻¹. V souladu s první hypotézou se jako nejvýnosnější druh projevil *elymus elongatus*. Výnosy ovšem byly relativně nízké. Například Mast et al. (2014) uvádějí výnosy 8,9 – 13,4 t·ha⁻¹ (v závislosti na termínu sklizně). Heinz a Roth (2013) hodnotu 17 t·ha⁻¹ a Janowszky a Janowszky (2007) dokonce 20 t·ha⁻¹. Naopak *Phleum pratense* L., který byl podle hypotézy považován také za nejvýnosnější druh, dosáhl celkově nejnižších výnosů, přitom například Petřík et al. (1987) uvádí, že tento druh vytváří až 15 t·ha⁻¹ suché hmoty.



Graf 8.3: Vliv hnojení na výnosy fytomasy

Graf 8.3 znázorňuje celkové hodnoty výnosů fytomasy v návaznosti na hnojení. Z grafu vyplývá, že účinek hnojení se pozitivně promítl do celkové výnosnosti porostů. Ze dvou testovaných variant C a M se lépe zapojily porosty M, na které byla aplikována minerální hnojiva. Celkový rozdíl ve výnosnosti mezi dvěma variantami činí 1,53 t·ha⁻¹. Z grafického znázornění lze odhadovat, že daný rozdíl byl statisticky významný. Greef et al. (1999) našli u energetických trav pozitivní korelaci mezi množstvím dusíku a výnosem sušiny.



Graf 8.4: Výnosy fytomasy v jednotlivých obdobích

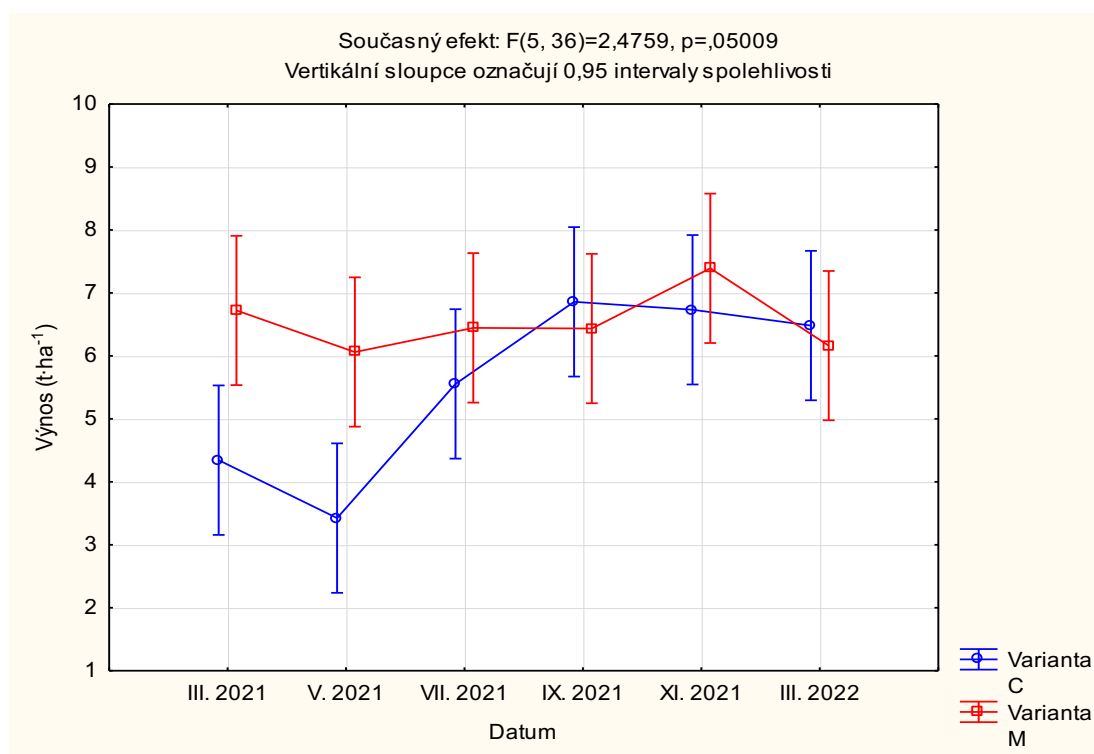
Z Grafu 8.4 lze vyčíst, že nejúspěšnějším obdobím z hlediska výnosů fytomasy se stalo září 2021, kdy byl naměřen průměrný výnos fytomasy 8,71 t·ha⁻¹. Pozitivně se v tomto směru projevila aplikace N (ve variantě M) v pozdějších vegetativních fázích, která prodlužuje vegetační dobu rostlin a ovlivňuje i celkový výnos biomasy (Scharf et al., 2002). Výnosově nejméně úspěšným byl měsíc květen 2021, kde byl odebrán porost o hmotnosti 5 t·ha⁻¹.

Všechny odebrané vzorky vybraných druhů trav v jednotlivých obdobích byly srovnávány s ohledem na množství sklizené fytomasy. Průměrné hodnoty výnosů fytomasy potvrzují, že jsou srovnatelné s údaji z odborné literatury. Důvodem relativně vysokých výnosů mohou být příznivé klimatické podmínky. Limitujícím faktorem z hlediska výnosů mohly být málo produkční půdy, na kterých byl pokus prováděn (viz. kapitola Metodika). Velký vliv na celkový výnos fytomasy mělo stáří porostu. Jedná se o druhy trav, jejichž rok založení proběhl v roce 2019. Vždy po zimním období byla provedena seč porostů. Protože se jedná o vytrvalé druhy trav, porosty začaly následně znovu obrůstat. Trend zvyšujících se výnosů v průběhu roku je patrný z grafu. Hamid a Nasab (2001) popisují významný vztah mezi rychlostí příjmu dusíku

a tvorbou biomasy v různých vegetačních fázích rostlin. V listopadu se již projevil konec vegetační sezóny, kdy celkový výnos oproti září mírně klesl (ukončení vegetace a ztráty fytomasy opadem listů apod.).

Velmi podstatnou úlohu v konečné ekonomické rentabilitě tvoří ztráty sušiny během zimního období. Hodnota ztrát je podmíněna například charakterem sněhové pokrývky a nadmořskou výškou. Během jarní sklizně se ztráty mohou pohybovat v rozmezí 25–40 % (Stražil, 2014). V tomto pokusu však nebyly tak dramatické ztráty zaznamenány. Z grafu je možné vyčíst, že ztráty mezi zářím 2021 a březnem 2022 činily necelých 20 %.

8.3 Výnosnost *Phleum pratense* L.

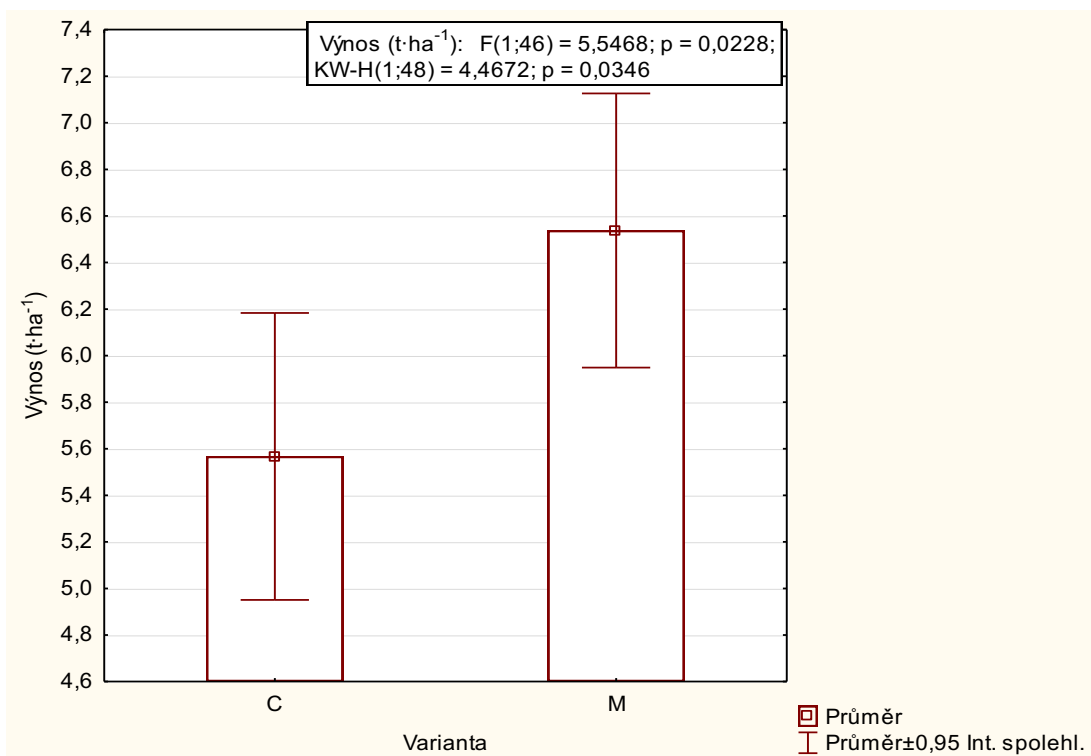


Graf 8.5: Výnos fytomasy bojínku lučního v jednotlivých obdobích ve dvou kontrolních variantách

Z grafu 8.5 vyplývá, že *Phleum pratense* L. dosáhl ve hnojené variantě (M) ve čtyřech jednotlivých obdobích vyšších výnosů fytomasy než ve variantě nehnojené (C). V listopadu 2021 a březnu 2022 byly zaznamenány nepatrně vyšší výnosy u varianty nehnojené (C).

U *Phleum pratense* L. bylo dosaženo nejvyššího výnosu v listopadu 2021, kdy průměrný výnos fytomasy dosáhl hodnot 7,4 t·ha⁻¹. Tento výnos je mírně nižší, než

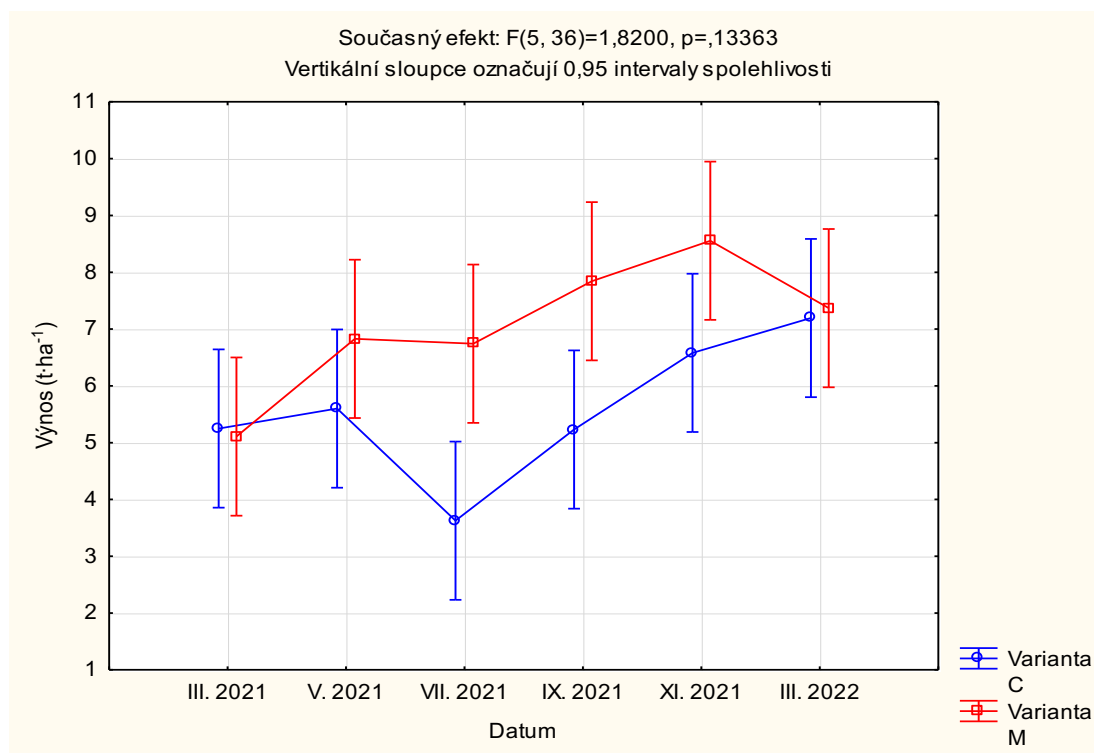
uvádí Regal (1972), který píše, že *Phleum pratense* L. je výnosově nejproduktivnější v prvních 3–4 letech od založení a průměrné výnosy fytomasy činí 8–9 t·ha⁻¹. Hrouda (2010) doplňuje, že u tohoto druhu se mu povedlo dosáhnout průměrného výnosu 11 t·ha⁻¹. Nejméně úspěšným obdobím z hlediska výnosnosti byl květen 2021, kdy byl u *Phleum pratense* L. naměřen průměrný výnos 3,5 t·ha⁻¹. Takto nízký výnos je zapříčiněn tím, že porost byl nedlouho po seči a za krátké období nedokázal vytvořit dostatečné množství fytomasy.



Graf 8.6: Průměrné výnosy fytomasy bojínku lučního ve variantě hnojené a nehnojené

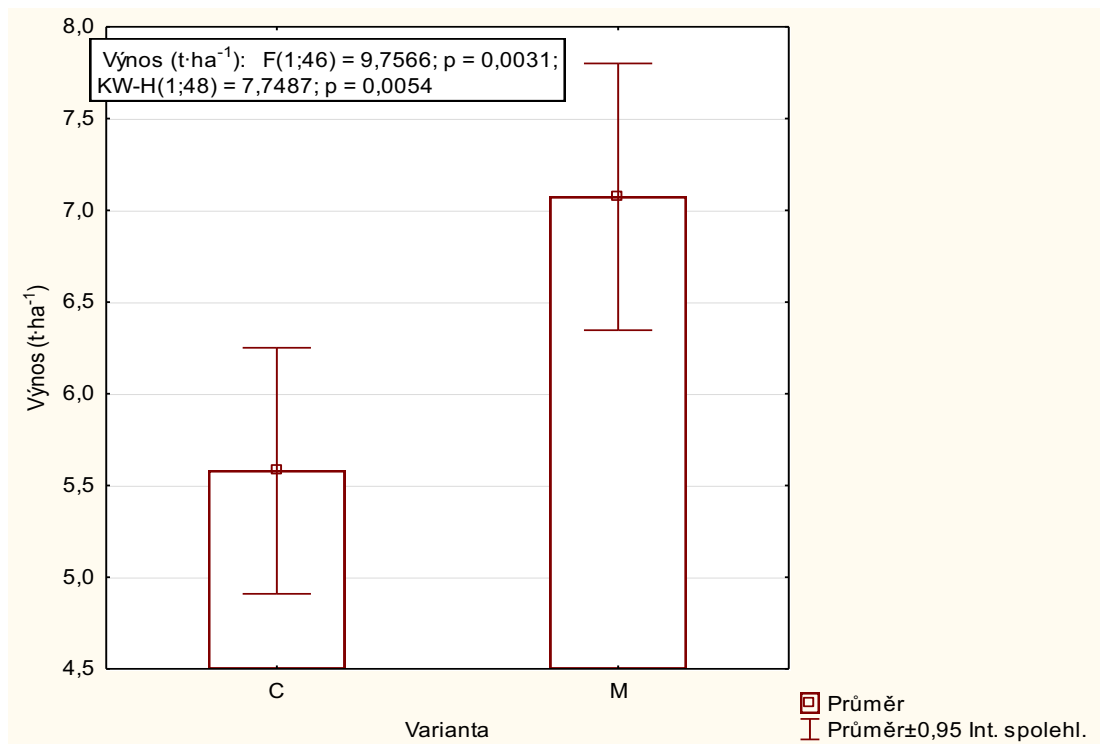
Graf 8.6 znázorňuje rozdíl ve výnosech *Phleum pratense* L. ve dvou zkoumaných variantách. Z grafu lze vyčíst, že *Phleum pratense* L. ve variantě hnojené dosáhl zhruba o 1 t·ha⁻¹ většího výnosu než ve variantě nehnojené. Frydrych et al. (2006) uvádějí, že u vybraných druhů energetických trav se hnojení dávkou 50 kg N·ha⁻¹ pozitivně projevuje zvětšením výnosů o 30–40%. V případě tohoto pokusu byl zaznamenán výrazně nižší nárůst výnosu ve variantě hnojené oproti kontrolní.

8.4 Výnosnost *Festuca arundinacea* Schreb.



Graf 8.7: Výnos fytomasy kostřavy rákosovité v jednotlivých obdobích ve dvou kontrolních variantách

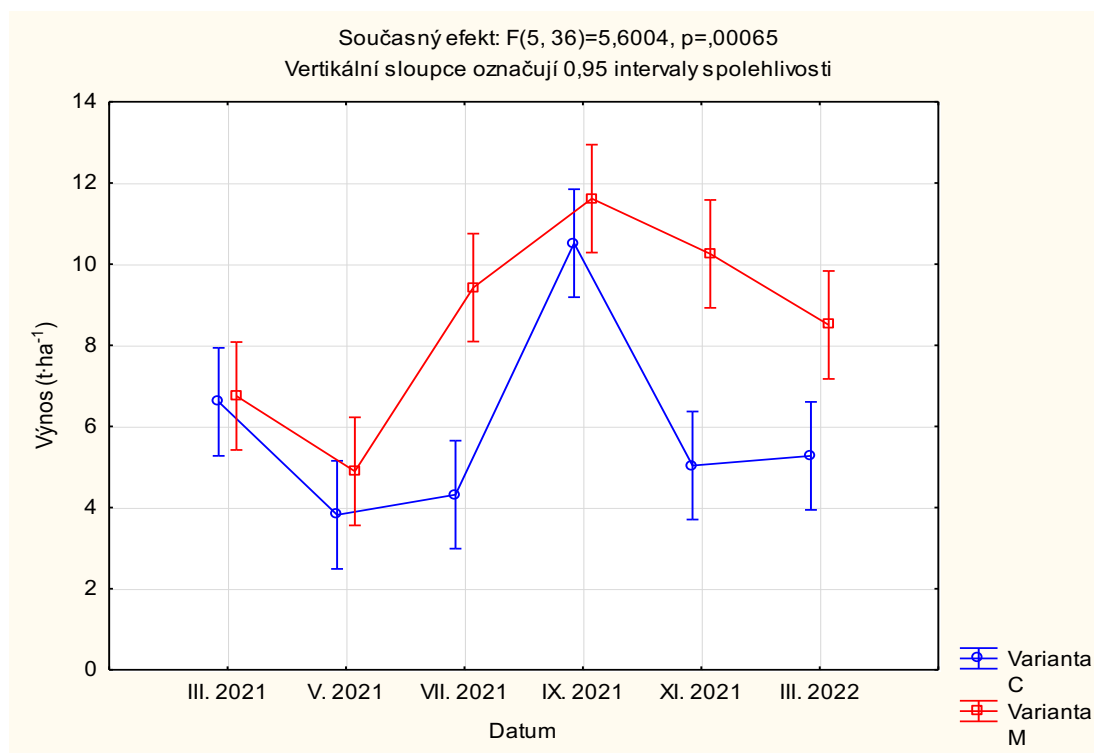
Výnos fytomasy u *Festuca arundinacea* Schreb. byl u hnojené varianty (M) nejvyšší od května do listopadu roku 2021. Z grafu 8.7 je patrné, že tento druh byl v pěti obdobích výnosově úspěšnější než ve variantě nehnojené (C). Nejvyšší výnos u hnojené varianty (8,7 t·ha⁻¹) byl naměřen v listopadu 2021, což je v rozporu s tvrzením Frydrycha et al. (2006), který tvrdí, že v podzimním období dosahují energetické trávy zpravidla nižších výnosů, díky možnému opadu listů či polehnutí porostů. Důvodem vyšších výnosů v podzimním období může být vysoká odolnost vůči nepříznivým podmínkám (Stražil et al., 2011). Porost tohoto druhu v listopadovém termínu odběru ještě nepolehl, ani neztratil olistění. Svou roli mohl hrát i způsob odběru vzorků, který byl prováděn ručně. Kavka et al. (2006) dodává, že z velké části ovlivňuje výnos intenzita jednotlivých vstupů. Dle autora je průměrný výnos u *Festuca arundinacea* Schreb. 5 až 9 t·ha⁻¹. Frydrych et al. (2020) uvádějí, že v našich půdních a klimatických podmínkách se výnos sušiny fytomasy pohybuje od 5 do 13 t·ha⁻¹.



Graf 8.8: Průměrné výnosy fytomasy kostravy rákosovité ve variantě hnojené a nehnojené

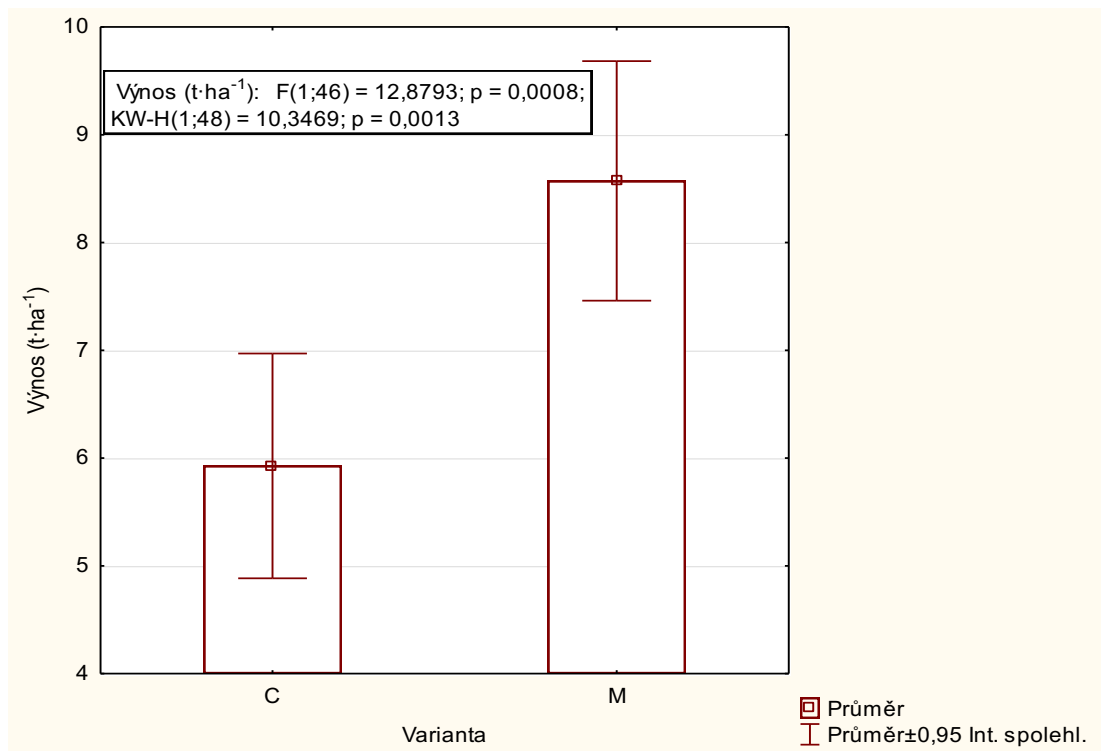
Jak je patrné z Grafu 8.8, plně se u této trávy projevil faktor hnojení. U hnojené varianty byl v průměru naměřen vyšší výnos fytomasy (7,1 t·ha⁻¹) než u varianty nehnojené (5,6 t·ha⁻¹). Lze tedy konstatovat, že vliv úrovně hnojení na výnos fytomasy byl mezi oběma variantami významný. Nerušil et al. (2008) potvrzují, že u *Festuca arundinacea* Schreb. se významně projevil vliv hnojení na celkový výnos fytomasy, kdy dosáhli ve svých pokusech průměrného výnosu 12 t·ha⁻¹ u varianty, která byla hnojená.

8.5 Výnosnost *Dactylis glomerata*



Graf 8.9: Výnos fytomasy srhy laločnaté v jednotlivých obdobích ve dvou kontrolních variantách

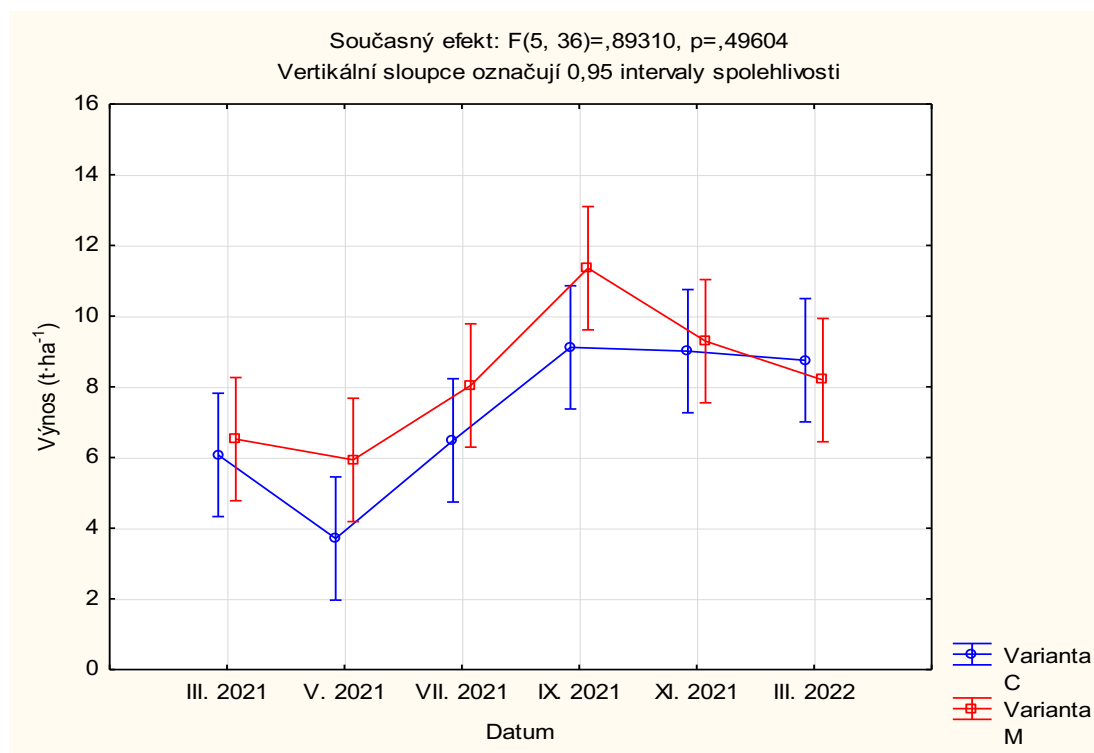
Graf 8.9 podrobně popisuje výnosy fytomasy *Dactylis glomerata* v jednotlivých obdobích, které se vyskytují ve dvou kontrolních variantách. Jak je z grafu zřejmé, ve všech jednotlivých měsících, dle předpokladů, dosahuje vyšších výnosů fytomasy hnojená varianta. Nejvyšší výnos fytomasy byl u varianty M naměřen v listopadu 2021, kdy průměrný výnos *Dactylis glomerata* činil $11,89 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. To není v souladu s hypotézou č.1, která uvádí, že z vybraných druhů energetických trav jsou nejvýnosnějšími druhy jsou *Phleum prantense* L. a *Elymus elongatus* subsp. *ponticus*, cv. Szarvasi-1. Podle Šantrůčka et al. (2007) dosahuje *Dactylis glomerata* ve víceletých pokusech výnosu $13,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Zpravidla nižších výnosů bylo dosaženo u variant nehnojených (C), kdy nejmenší průměrný výnos byl zaznamenán v květnu 2021 ($3,98 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$).



Graf 8.10: Průměrné výnosy fytomasy srhy laločnaté ve variantě hnojené a nehnojené

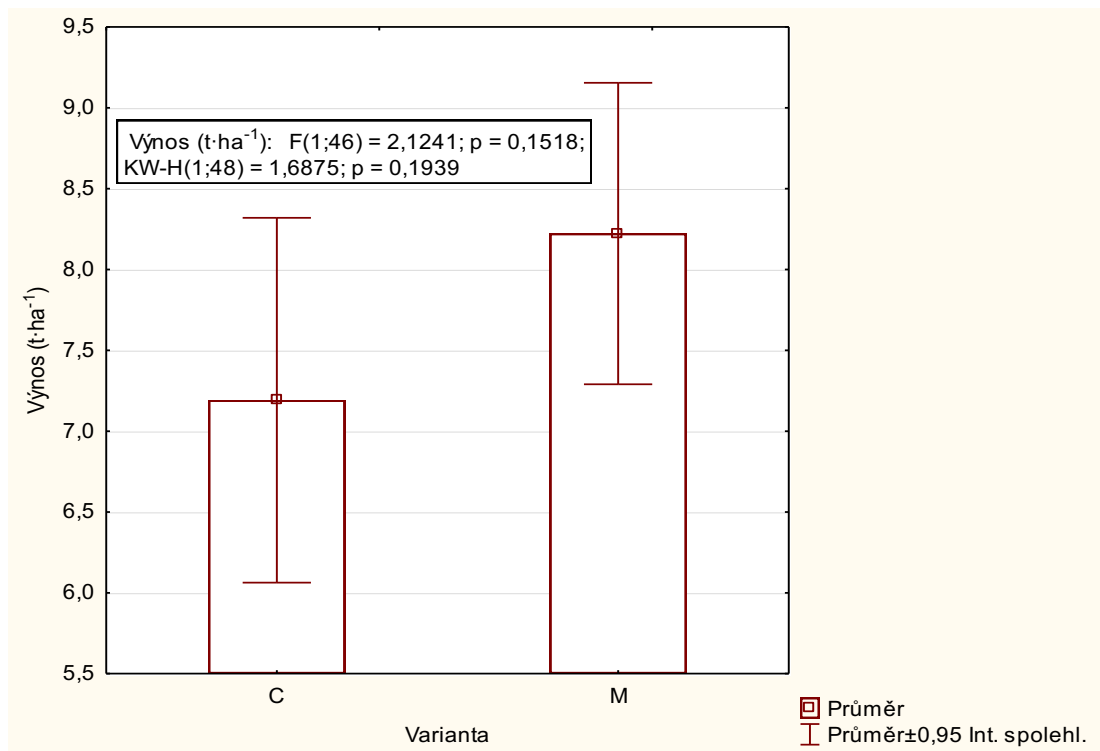
Graf 8.10 graficky znázorňuje celkový rozdíl ve výnosech fytomasy *Dactylis glomerata* v obou variantách. Z grafu vyplývá že *Dactylis glomerata* ve variantě hnojené dosáhla o 2,7 t·ha⁻¹ většího výnosu než ve variantě nehnojené. Celkový rozdíl ve výnosech těchto dvou variant potvrzuje hypotézu č.2., která popisuje, že minerální hnojení se pozitivně projeví na tvorbě nadzemní biomasy a celkovém výnosu sušiny sledovaných trav. Podle Havlíčkové et al. (2008) je větší rozdíl ve výnosech z části způsoben i hodnotou pH půdy. Tito autoři tvrdí, že ideální hodnota pH pro *Dactylis glomerata* je 5,5. Na pokusné lokalitě s vybranými druhy trav převládají půdy s hodnotu pH 6,4 (Tibitzl, 2020).

8.6 Výnosnost *Elymus elongatus*



Graf 8.11: Výnos fytomasy Szarvasi-1 v jednotlivých obdobích ve dvou kontrolních variantách

Graf 8.11 porovnává rozdíly ve výnosech fytomasy u *Elymus elongatus* v jednotlivých obdobích. Tento druh byl testován ve dvou kontrolních variantách, z nichž jako výnosnější se projevila varianta hnojená. Nejvyšší průměrný výnosy fytomasy ve variantě M byl zaznamenán v listopadu 2021 (11,78 t·ha⁻¹). Z vybraných druhů trav se *Elymus elongatus* s průměrným výnosem fytomasy 7,71 t·ha⁻¹ stala nejvýnosnějším druhem (viz. Graf 8.2). Tento aspekt potvrzuje hypotézu č.1, podle které bylo zjištěno, že mezi nejvýnosnější druhy energetických trav patří *Elymus elongatus* subsp. ponticus, cv. Szarvasi-1. Podle odborné literatury se tento druh řadí mezi rostliny, které se hodnotou svých výnosů vyrovnávají kukuřici (Dickeduisberg et al., 2017).

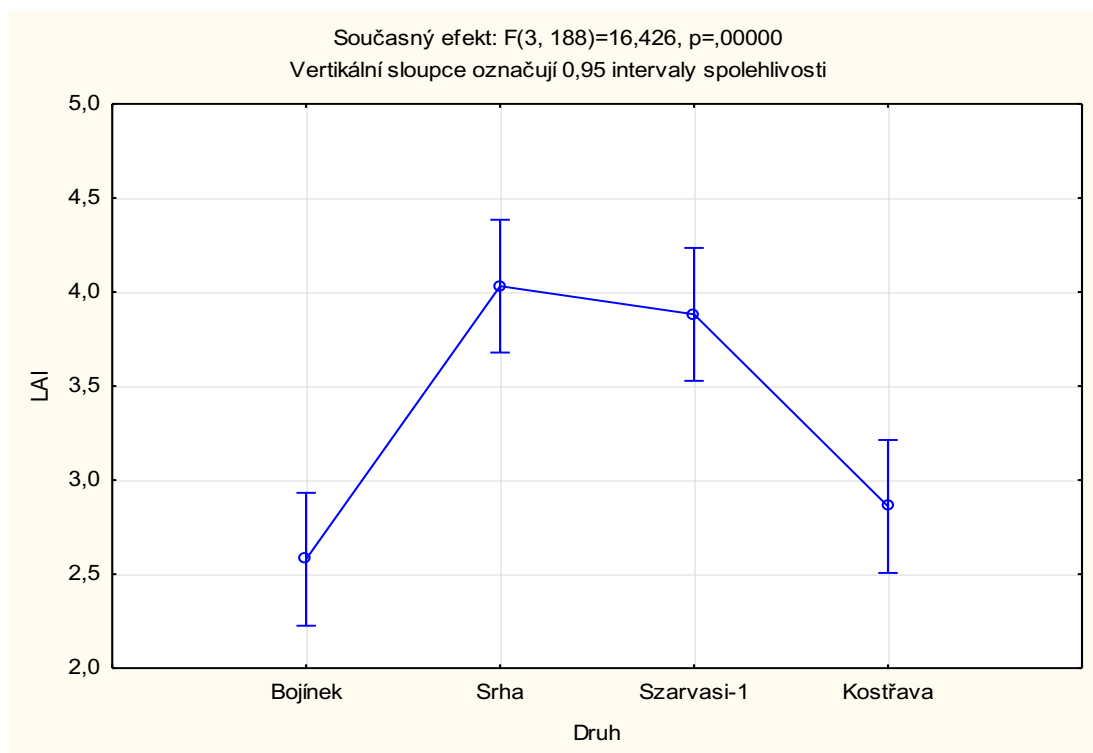


Graf 8.12: Průměrné výnosy fytomasy Szarvasi-1 ve variantě hnojené a nehnojené

Porost *Elymus elongatus* ve hnojené variantě dosáhl průměrného výnosu 8,26 t·ha⁻¹ (viz. Graf 8.12). I když z testovaných druhů trav se jedná o druh, který byl výnosově nejúspěšnější, v porovnání s údaji z odborné literatury nejsou jeho výnosy zdaleka tak velké. Danielewicz et al. (2015) publikují v závislosti na hnojení výnosy 6,6–10,4 t·ha⁻¹. Martyniak et al. (2017) prováděl výzkum s porosty *Elymus elongatus* v Polsku, kde průměrný výnos po čtyřech letech růstu při pravidelném hnojení dosahoval 10–12,6 t·ha⁻¹.

8.7 Index listové plochy

Graf 8.13 znázorňuje průměrné hodnoty LAI u testovaných druhů energetických trav. Z grafického vyhodnocení je zřejmé, že dosáhla nejvyšších hodnot LAI *Dactylis glomerata* (LAI = 4). Naopak nejnižší hodnota LAI byla naměřena u porostu *Phleum pratense* L. (LAI = 2,6). Kostrej et al. (1998) uvádějí, že v období metání u porostu je optimální hodnota LAI 4–6 m²·m⁻². Fuksa et al. (2017) se zabývali hodnotou LAI u porostů kukuřice. Zjistili, že nejvyšších výnosů fytomasy bylo dosaženo při rozmezí hodnoty LAI v intervalu 3–4. Při vyšším výsevku a hustějším porostu sice docházelo ke zvětšení listové plochy, a tedy intenzivnější absorpci záření a využití CO₂ porostem, ale zároveň se v takovýchto porostech zvyšuje konkurence o živiny, vodu a sluneční záření. Zvyšování LAI nad hodnotu 4 proto obvykle u kukuřice nepřináší zásadní navýšení výnosu biomasy. Harold et al. (2006) uvádějí, že nesprávná hustota rostlin a špatná výživa dusíkem, jsou hlavními faktory, které vedou ke snížení listové plochy, výšky rostlin i celkového výnosu.



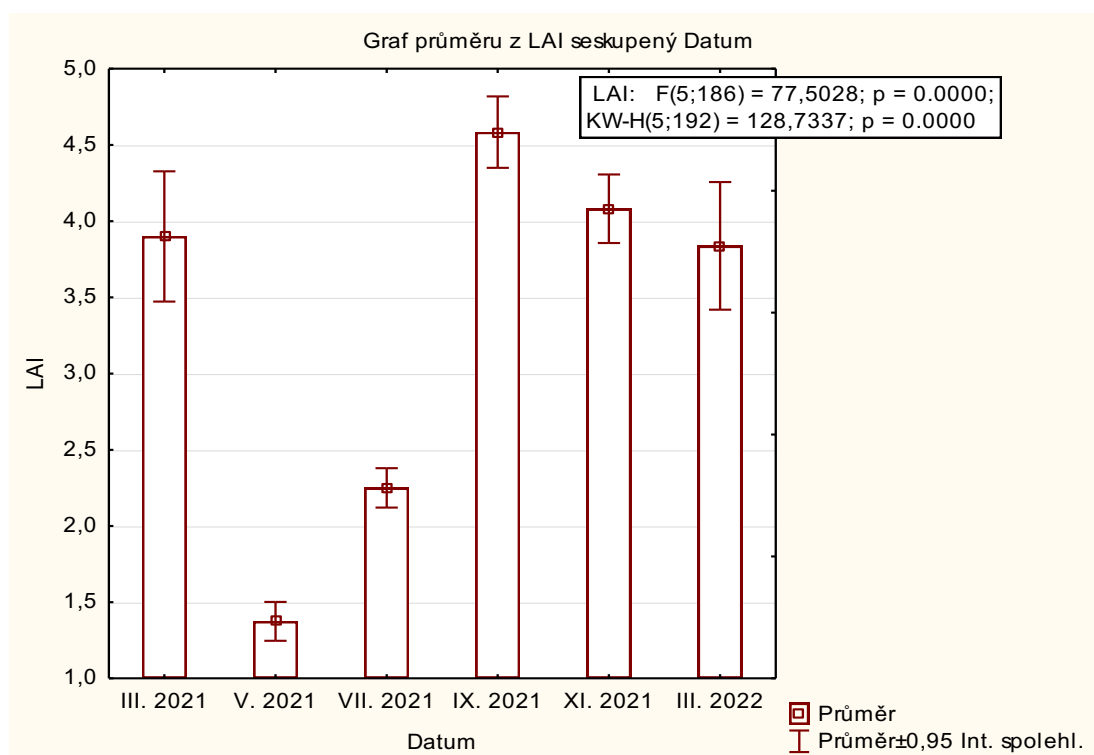
Graf 8.13: Hodnota indexu listové plochy u jednotlivých druhů trav

Nátr (2002) tvrdí, že při hodnotách LAI 4–5 m²·m⁻² porosty trav pohlcují až 80 % záření. Rozdíl v hodnotě LAI u *Dactylis glomerata* a *Phleum pratense* L. mohl být způsoben hustotou olistnění daných trav, postavením či tvarem listů. Například Harold

et al. (2006) se zabýval plochou listů u kukuřice. Zjistil významný vliv hnojení dusíkem na velikost plochy listu. Při vysoké dávce N ($180 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$) zjistil nejen největší plochu listů, ale také nejvyšší celkový výnos biomasy.

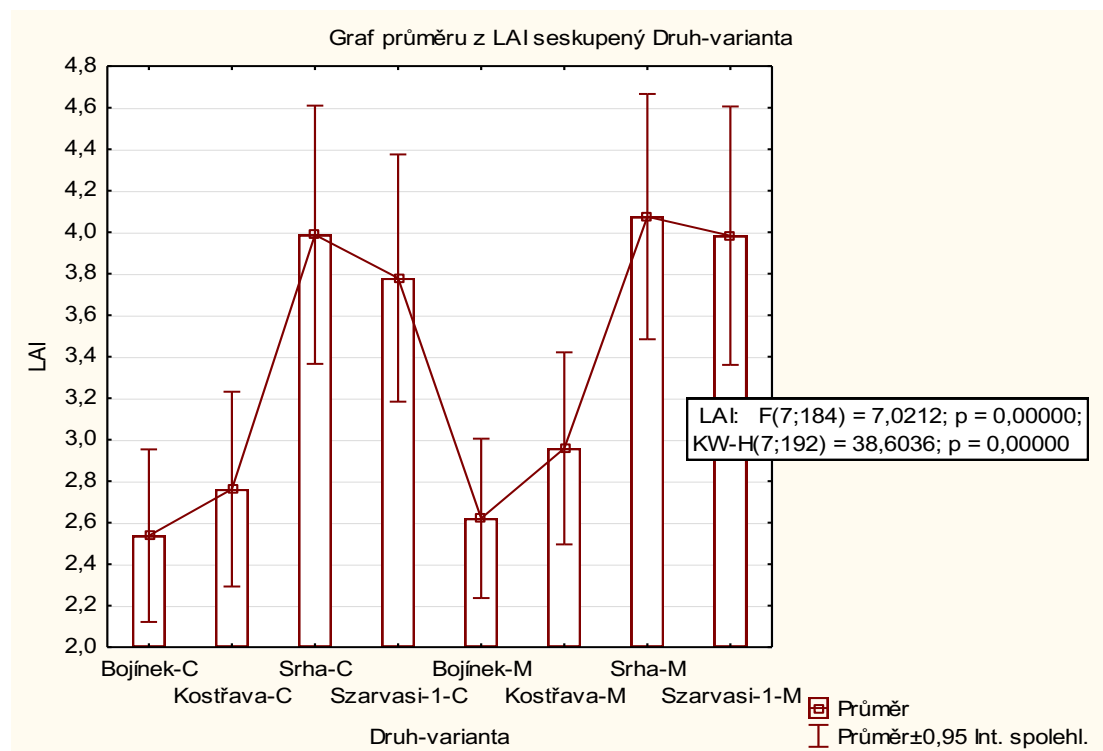
Průměrné hodnoty LAI (průměry všech druhů) v závislosti na datu měření jsou znázorněny v Grafu 8.14. Je možné pozorovat relativně nízké hodnoty LAI v květnu, kdy byl porost dva měsíce po provedené seči. Index se s postupující vegetační fází trav zvyšoval až do září, kdy byl průměrný LAI nejvyšší. Poté jeho hodnota klesala. Pravděpodobně kvůli snižujícímu se olistění nebo změně postavení listů. I po zimě (březen 2022) však hodnota LAI zůstala relativně vysoká (stejně jako v březnu 2021). U porostů s kvalitním fotosyntetickým aparátem lze očekávat vyšší hodnoty LAI i v pozdních fázích růstu. Naopak rostliny s nižšími hodnotami LAI během růstu nedosahují zdaleka tak vysokých hodnot listové pokrývnosti nebo výnosu.

Výnosy biomasy v různých růstových fázích rostlin vykazují pozitivní korelaci se zvýšením hustoty porostu. Při vysoké hustotě rostlin je produkován větší počet listů, což zvyšuje zachycení světla (Amanullah et al., 2009). Porost tedy produkuje více asimilátů a to zvyšuje výšku rostlin, což vede k vyšším výnosům biomasy (Amanullah et al., 2008).



Graf 8.14: Hodnota velikosti listového indexu v závislosti na termínu měření

Graf 8.15 porovnává hodnoty LAI indexu u jednotlivých druhů energetických trav v obou variantách. Z grafického znázornění byla nejvyšší hodnota LAI naměřena u *Dactylis glomerata*, a to v obou variantách. Oscar a Tollenaar (2006) uvádějí, že LAI se zvyšuje s aplikací vyššího množství N. To se v tomto experimentu příliš nepotvrdilo. Například ve hnojené variantě byl u *Dactylis glomerata* naměřen LAI zhruba 4,08 m²·m⁻², u nehnojené varianty byla hodnota LAI jen nepatrně nižší (LAI = 4). Z grafu je zřejmé že hnojení porostů nemá významný vliv na hodnotu indexu listové plochy. Hodnoty LAI u vybraných druhů trav mohou během vegetace značně ovlivnit spíše klimatické podmínky (Petr et al., 1980). To potvrzují také Scharf et al. (2002), kteří vysvětlují i souvislost mezi srážkami a příjmem dusíku rostlinami.

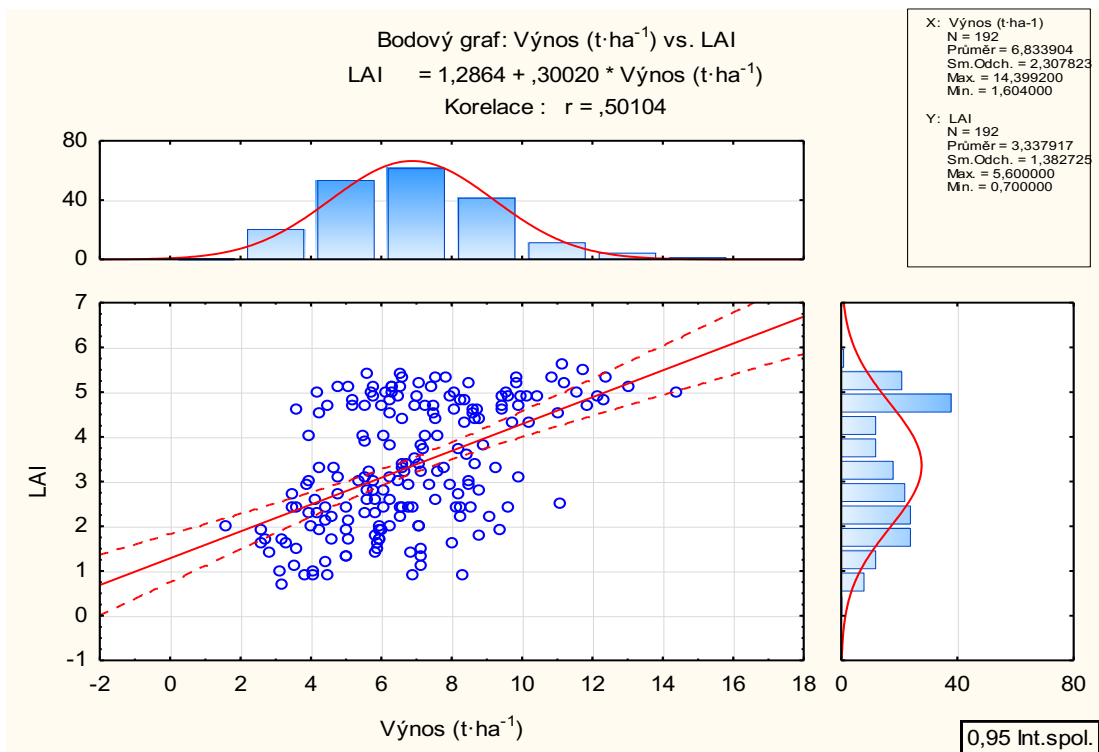


Graf 8.15: Hodnota indexu listové plochy u jednotlivých druhů trav vyskytujících se ve dvou kontrolních variantách

Graf 8.16 znázorňuje vztah mezi výší výnosů suché hmoty energetických trav a hodnotou LAI. Bylo zjištěno, že mezi těmito veličinami existuje kladná lineární závislost. Toto tvrzení potvrzují ve svých pokusech i Chakraborty et al. (2010). Během měření LAI porostů v jednotlivých obdobích potvrdili i korelaci s výškou rostlin.

Peratoner et al. (2021a) se zabýval odhadu výnosů travních porostů na základě dat o LAI pocházejících z dálkového průzkumu Země. Výsledky naznačují, že měření LAI

může vést k podhodnocení výnosu píce. V blízké době se však očekává výrazné zlepšení odhadů výnosů travních porostů díky datům s vysokým rozlišením z programu COPERNICUS (Peratoner et al., 2021b).



Graf 8.16: Graf korelace výnosů energetických trav a indexu velikosti listové plochy

Závěr

Na pokusné lokalitě Zemědělské a technologické fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích proběhl pokus se čtyřmi vybranými druhy energetických trav (*Elymus elongatus* subs. *ponticus*, cv. Szarvasi-1, *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* Schreb., *Phleum pratense* L.). Během tohoto výzkumu byly jednotlivé druhy trav ošetřovány dle stanovené metodiky.

Cílem diplomové práce bylo sledování výnosnosti a vývoje hodnot indexu listové plochy u porostů těchto energetických trav.

Z vybraných druhů trav dosáhla nejvyššího výnosu ($7,71 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) fytomasy *Elymus elongatus* subsp. *ponticus*, cv. Szarvasi-1. Naopak nejméně úspěšným druhem z hlediska výnosnosti se stal porost *Phleum pratense* L. s průměrným výnosem fytomasy $6,05 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Jednotlivé druhy trav byly z hlediska výnosu porovnávány v jednotlivých obdobích, kdy nejvyšší hodnota výnosu byla naměřena během zářijového termínu sklizně. Nejmenší výnosy fytomasy byly zaznamenány během květnových odběrů, kdy byly porosty jen dva měsíce po provedené seči.

Porosty jednotlivých druhů trav se vyskytovaly ve dvou variantách, hnojené a nehnojené. U všech čtyř testovaných druhů trav se minerální hnojení pozitivně projevilo na tvorbě nadzemní biomasy a celkovém výnosu sušiny. Nejvyšší obsah sušiny (82,6 %), který je důležitý při využití rostlin jako paliva v teplárnách, byl u vybraných druhů trav naměřen v březnu roku 2022.

Měření listové pokrývnosti bylo zjištěno, že nejvyšších hodnot LAI dosáhla z vybraných druhů trav *Dactylis glomerata* (LAI = 4). To nejnižší hodnota LAI byla naměřena u porostu *Phleum pratense* L. (LAI = 2,6). Index listové plochy byl sledován u jednotlivých druhů energetických trav v obou sledovaných variantách, kdy nejvyšší hodnoty LAI byly zaznamenány u porostu *Dactylis glomerata* (ve hnojené variantě $4,08 \text{ m}^2\cdot\text{m}^{-2}$, u nehnojené varianty byla hodnota jen nepatrně nižší – LAI $4 \text{ m}^2\cdot\text{m}^{-2}$).

Seznam použité literatury

1. Aarons, S. R. et al. (2004): Dung decomposition in temperate dairy pastures. I. Changes in soil chemical properties. *Soil Research*, 42.1: pp. 107-114.
2. Ahmad, N. (2000, February). Fertilizer scenario in Pakistan policies and development. In Proc. Of conf. Agric. And fertilizer use, pp. 15-16.
3. Amanullah, H. Rahman a Z. Shah. (2008). Effects of plant density and N on growth dynamics and light interception in maize. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 54:401-411.
4. Amanullah, R. et al. (2009). Effects of plant density and N on phenology and yield of maize. *Journal of Plant Nutrition*, 32(3):246-260.
5. Barclay, H. J. (1998). Conversion of total leaf area to projected leaf area in lodgepole pine and Douglas-fir. *Tree Physiology*. 18. s. 185–193.
6. Bernas, J. et al. (2014). Výnosové a ekonomické aspekty pěstování vybraných energetických rostlin. *Úroda* 12 (vědecká příloha), 315–318.
7. Bernas, J. et al. (2015). *Maize production for energy purposes – the emission load. Lucrări Științifice, Universitatea de Științe Agricole Și Medicină Veterinară "Ion Ionescu de la Brad" Iași, Seria Agronomie*, 58(2):23–27.
8. Bernas, J. et al. (2019). Szarvasi-1 and its potential to become a substitute for maize which is grown for the purposes of biogas plants in the Czech Republic. *Agronomy*, 9(2):98.
9. Bikazugi mezőgazdasági nonprofit KFT. (2004). "Szarvasi-1" energiafű [online]. [cit. 19.12.2017]. Dostupné z: <http://www.energiafu.hu/nemesit.html>
10. Biom.cz. Petříková, V.: Energetické plodiny, povodně a eroze. [online] [2009]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticke-plodiny-povodne-a-eroze>
11. Boote, K.B. et al. (1996). Potential uses and limitations of crop models. *Agronomy Journal* 88(5):704-716.
12. Bréda, N. J. J. (2003). Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies. *Journal of Experimental Botany*. 54(392). s. 2403–2417

-
13. Casal, J.J. et al. (1985). Variations in tiller dynamics and morphology in *Lolium multiflorum* Lam., vegetative and reproductive plants as affected by differences in red/far-red irradiation. *Annals of Botany*, 56(4):533-559.
 14. Csete, S. et al. (2011). Tall Wheatgrass Cultivar Szarvasi-1 (*Elymus elongatus* subsp. ponticus cv. Szarvasi-1) as a Potential Energy Crop for Semi-Arid Lands of Eastern Europe. In *Sustainable Growth and Applications in Renewable Energy Sources*; 269(2011):294.
 15. Czekala, W., et al. (2020). Digestate management in polish farms as an element of the nutrient cycle. *J. Clean. Prod.*242(2020):118454.
 16. Čunderlík, J. a Kizeková, M. (2012). The application of mineral and organic fertilisers and its impact on the quality and production of herbage at semi- natural grassland. In *Ecosystems and their functions. Proceedings of the International Scientific Conference, Banská Bystrica, Slovakia, 16th-18th October 2012* pp. 108- 109.
 17. Danielewicz, D. et al. (2015). Selected Grass plants as biomass fuels and raw materials for papermaking. Part I. Calorific value and chemical composition. *BioResources*, 10(4), 8539–8551.
 18. Dickeduisberg, M. et al (2017). Tall wheatgrass (*Agropyron elongatum*) for biogas production: Crop management more important for biomass and methane yield than grass provenance. *Ind. Crops Prod.* 97:653–663.
 19. Dieterich, B. et al. (2012): The extent of methane (CH₄) emissions after fertilisation of grassland with digestate. *Biology and Fertility of Soils*, 48(8), pp. 981-985.
 20. Eagri.cz (2022). Veřejný registr půd – LPIS. [online] [cit. 8. 3. 2022]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>
 21. El Bassam, N. (2010). *Handbook of bioenergy crops: a complete reference to species, development and applications*. Washington: Earthscan.
 22. Emmerling, C. et al. (2017). Impact of newly introduced perennial bioenergy crops on soil quality parameters at three different locations in W-Germany. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 180(6):759–767.
 23. Fiala, J. a Tichý, V. (1994). Produkční schopnost a vytrvalost píceňích odrůd trav v monokulturách. (Production ability and persistence of herbage varieties of grasses in monocultures). *Rostl. Vyr.*, vol. 40, no. 11, s. 1005-1014.
-

-
24. Fiala, J., et al., (2007): Hnojení travních porostů statkovými hnojivými. *Náš chov*. 67 (3), s. 96-100.
 25. Foody, G. M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*. 80. s. 185–201.
 26. Frydrych, J. et al. (2005). Výzkum a využití energetických trav. In *Zemědělská technika a biomasa*. Praha. ISBN 80- 86884-07-4.
 27. Frydrych, J. et al. (2006): Nové poznatky ve výzkumu energetických trav. *Úroda*, 54(12), 31-33 s.
 28. Frydrych, J., et al. (2001).: Energetické využití některých travních druhů. (Energetic use of some grass species). *Zemědělské informace ÚZPI*, 34 s. ISBN 80-7271-093-1.
 29. Frydrych, J., et al. (2006): Výzkum energetických trav. In *Sborník přednášek Zemědělská technika a biomasa*, Praha, 33-35, ISBN: 80-8688415-5.
 30. Frydrych, J., et al. (2011). Alternativní využití produkce lučních porostů s vysokou druhovou diverzitou pro energetické účely. *Agritech Science*, (1):1-6.
 31. Frydrych, J., et al. (2020). Trávy a vybrané C4 plodiny jako meziplodiny a jejich využití v současných podmínkách měnícího se klimatu. *Certifikovaná metodika*, 2. ISBN 978-80-908008-0-9.
 32. Fuksa et al., (2017). *Vliv hybridu a výsevku na výnos silážní kukuřice*. [online] [cit. 18. 12. 2017] Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/vliv-hybridu-a-vysevku-na-vynos-silazni-kukurice>
 33. Fuksa, P. (2009). *Netradiční využití biomasy v praxi*. [online] [cit. 27. 1. 2020]. Dostupné z <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/netradicni-vyuziti-biomasy-v-%20praxi>
 34. Fuksa, P. (2011). *Netradiční využití biomasy v praxi*. *Biom.cz*. [online] [cit. 30. 11. 2019]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/netradicni-vyuziti-%20biomasy-v-praxi>
 35. Garnier, E., a Laurent, G. (1994). Leaf anatomy, specific mass and water content in congeneric annual and perennial grass species. *New Phytologist*, 128(4):725-736.
 36. Gaurkar, S.G. a G.M. Bharad. (1998). Effect of plant population, detopping and nitrogen levels on growth and yield of maize. *PKV Research Journal*, 22:136-137.
-

-
37. Goldemberg, J. (2007). *Ethanol for a sustainable energy future*. Science, 315(5813), 808–810.
 38. Greef, J.M. et al. (1999). Growth analysis of dry matter accumulation and N uptake of forage maize cultivars affected by N supply. *Journal of Agriculture Science*, 132(1):31-43.
 39. Haag, N.L. et al. (2015). Methane formation potential of cup plant (*Silphiumperfoliatum*). *Biomass Bioenergy*, 75:126–133.
 40. Hamid, A. a A.D.M. Nasab. (2001). The effect of various plant densities and N levels on phenology of two medium maturity corn hybrids. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 32:857-874.
 41. Harold, M.V.E. et al. (2006). *Nitrogen Management under Maize in Humid Regions: The 18th World Congress of Soil (Science held on July 9-15, 2006) at Philadelphia, Pennsylvania, USA*.
 42. Hassan, A. A. (2000). Effect of plant population on yield and yield components of eight Egyptian maize hybrids. *Bulletin of Faculty of Agric. Univ. of Cairo*, 51(1):1-16.
 43. Haughton, A.J. et al. (2015). Dedicated biomass crops can enhance biodiversity in the arable landscape. *GCB Bioenergy*, 8(6):1071–1081.
 44. Havlíčková, K. (2007). *Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin: vědecká monografie*. 1. vyd. Průhonice, Praha: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, 92 s. ISBN 978-80-85116-502.
 45. Havlíčková, K. et al. (2007). *Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin*. VÚ Sylva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví v Průhonicích a JU ZF v Č. Budějovicích. ISBN: 978-80-7040-948-0.
 46. Havlíčková, K. et al. (2008). *Rostlinná biomasa jako zdroj energie*. Průhonice. ISBN 978-80-7415-004-3.
 47. Heinz, M., a T. Roth (2013): *Hohes Weizengras als Biogassubstrat*. Freising: Arbeitsgemeinschaft Landtechnik (Nr. I- 22/2013). Dostupné z <http://www.biogas-forum-bayern.de/media/files/0001/Hohes-Weizengras-als-Biogassubstrat.pdf>
 48. Ho, Y. C. a Show, K. Y. (2015). A perspective in renewable energy production from biomass pyrolysis-challenges and prospects. *Current Organic Chemistry*, 19(5):423–436.
-

-
49. Hoekman, S.K. et al. (2018). Environmental implications of higher ethanol production and use in the U.S.: A literature review. Part I—Impacts on water, soil, and air quality. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 81:3140–3158.
 50. Hrabě, F. a Buchgraber, K. (2009). *Pícninářství: Travní porosty*. Brno. ISBN 80-7157-816-9.
 51. Hrouda, L. (2010a). Trávy a jejich příbuzní napříč biotopy I. Systematika, fylogeneze, morfologie (úvod). *Živa*, roč. LVIII, č. 1, str. 12-16.
 52. Chakraborty, D. et al. (2010). Synthetic and organic mulching and nitrogen effect on winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in a semi-arid environment. *Agricultural Water Management*. 2010, 97, issue 5, pg. 738-748. ISSN 0378-3774.
 53. Chmi.cz (2022). *Portál ČHMÚ: Historická data: Počasí: Mapy charakteristik klimatu*. [online] [cit. 8.3. 2022]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu>
 54. Indragandhi, V. et al. (2017). Resources, configurations, and soft computing techniques for power management and control of PV/wind hybrid system. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 69:129–143.
 55. Janowszky, J. a Janowszky, Z. (2007). “Szarvasi-1“ energiafő fajta – egy új növénye a mezőgazdaságnak és az iparnak. In J. Tasi (Eds.), *A magyar gyepgazdálkodás 50 éve -tanulmányai a mai gyakorlat számára-* (89–92), Gödöllő: Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar.
 56. Janowszky, Z. et al. (2012). New annual Hungarian plants (industrial grasses) as raw materials in the pulp and paper industry [online] [cit. 5.1.2018]. Dostupné z: http://epa.oszk.hu/00800/00863/00046/pdf/EPA00863_papiri-par_2012_04.pdf. ISSN 0031 1448
 57. Jermář, M. (2010). *Globální změna: cesta ze světového chaosu do budoucnosti*. Praha: Aula. 2010. ISBN 978-80-86751-05-4.
 58. Jonáš, J. a Petříková V. (1988): *Využití exkrementů hospodářských zvířat*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství., Lesnictví, myslivost a vodní hospodářství., 184 s.
 59. Kavka, M. et. al. (2006). *Normativy zemědělských výrobních technologií. (Pěstební a chovatelské technologie a normativní kalkulace)*. ÚZPI, Praha. ISBN 80-7271-164-4.
 60. Kaźmierski, T. (2008). *Genetické modifikace - možnosti jejich využití a rizika*. Praha. ISBN 978-80-7212- 493-0.
-

-
61. Kinnell, P.I.A. (2019). A Review of the Science and Logic Associated with Approach Used in the Universal Soil Loss Equation Family of Models. *Soil Syst.*3(4):62.
 62. Kirkham, F. W. et al. (2008): The impact of organic and inorganic fertilizers and lime on the species-richness and plant functional characteristics of hay meadow communities. *Biological Conservation*, 141(5), pp. 1411-1427.
 63. Klass, D. L. (1998). *Biomass for renewable energy, fuels, and chemicals*. Elsevier.
 64. Klesnil, A. (1978). *Intenzivní výroba píce*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 1978.
 65. Kobes, M. a Tonka, T. (2016): Vliv stupňovaných dávek digestátu na botanickou skladbu, biodiverzitu a produkční schopnost travního porostu. In: *Úroda*. zv. 64, č. 12, ISSN 0139-6013.
 66. Kobes, M. et al. (2017). Vliv aplikace digestátu na pokryvnost vybraných druhů trav, jetelovin a produkci biomasy. In: *Úroda* 12, roč. LXV, vědecká příloha. ISSN 0139-6013.
 67. Kohout, P. (2010). *Rychle rostoucí dřeviny v energetice: (topoly a vrby): [odborná monografie]*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. ISBN 978-80-7394-247-2.
 68. Koloničný, J., a Hase, V (2011). *Využití rostlinné biomasy v energetice*. Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava. ISBN 978-80-248-2541-0.
 69. Konvalina, P. et al.(2007). *Pěstování rostlin v ekologickém zemědělství*, pp. 1-118.
 70. Kopecký, M et al. (2021). Effect of Fertilization on the Energy Profit of Tall Wheatgrass and Reed Canary Grass. *Agronomy*, 11(3):445.
 71. Kopecký, M. et al. (2017). The environmental aspects of energy crops growing in the condition of the Czech Republic. In *Proceedings of the Research for Rural Development*, Jelgava, Latvia.
 72. Kopecký, M. et al. (2021). Influence of selected maize cultivation technologies on changes in the labile fraction of soil organic matter sandy - loam cambisol soil structure. *Soil Tillage Res.*, 207(2021):104865.
 73. Kostrej, A. et al., (1998): *Ekofyziológia produkčního procesu porastu a plodín*. SPU v Nitre, 187 pp., ISBN: 80-7137-528-4.
-

-
74. Kováčiková, Z. et al. (2013): Effect of digestate application on herbage quality and quantity of permanent grassland., *Agriculture*, 59.2: pp. 88-98.
 75. Královec J. et al. (1989): Hnojení speciálních kultur: Hnojení travních porostů. *Komplexní metodika výživy rostlin*. Praha: Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, s. 154-162.
 76. Královec, J. (2004): Základy hnojení travních porostů. V Pavlů, V., et al. *Základy pastvinářství*. Praha: VÚRV, s. 27- 46.
 77. Krčálová E. 2008. [Online] [cit. 3.3.2018]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/32326/ETAPA_IV_Metodika_digestt_FV.pdf
 78. Kryzeviciene, A. (2005): Perennial grasses a novel energy crops. *Rural development*, vol. 2, Book 2, Proceedings – Globalisation and integration challenges to rural development in eastern and central Europ, s. 62-64.
 79. Kubín, M. (1999). *Energetika na prahu 21. Století*. Rozvojové trendy elektrotechniky. 1.vyd. Brno: Jihomoravská energetika. ISBN 80-239- 0423-X.
 80. Kukk, L. et al. (2011). Reed canary grass biomass yield and energy use efficiency in Northern European pedoclimatic conditions. *Biomass and bioenergy*, 35(10):4407-4416.
 81. Kunzová, E. (2009). *Výživa rostlin a hnojení fosforem*. Výzkumný ústav rostlinné výroby. ISBN 978-80-7427-015-4.
 82. Laissus, R. a D. Leconte. (1982): "Répercussions de l'épandage de lisier de bovins sur une prairie pâturée." *Fourrages* 89: pp. 63-72.
 83. Lee, J.W. (2018). Long-run dynamics of renewable energy consumption on carbon emissions and economic growth in the Euro-pean union. *Int. J. Sustain. Dev. World Ecol.* 26(1):69–78.
 84. Lehmann, J. (2007). Bio - energy in theblack. *Frontiers in Ecology and theEnvironment*, 5(7):381–387.
 85. Lewandowski, I. et al. (2003). The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe, *Biomass and Bioenergy*, 25(4):335-361.
 86. Libra, M. a Poulek, V. (2007). *Zdroje a využití energie*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1647-8.
-

-
87. Logan, M.; Visvanathan. C. (2019). Management strategies for anaerobic digestate of organic fraction of municipal solid waste: Current status and future prospects. *Waste Manag. Res.* 37(1):27–39.
 88. López-Bellido, L. et al. (2014). Energy crops: Prospects in the context of sustainable agriculture. *Eur. J. Agron.* 60:1–12.
 89. Malat'ák, J. a Vaculík, P. (2008). Biomasa pro výrobu energie. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-213-1810-6.
 90. Martyniak, D. et al. (2017). Biomass yield and quality of wild populations of tall wheatgrass [*Elymus elongatus* (Host.) Runemark]. *Biomass and Bioenergy*, 101, 21–29.
 91. Mast, B. et al. (2014). Methane yield potential of novel perennial biogas crops influenced by harvest date. *Industrial Crops and Products*, 58, 194–203.
 92. Menšík, L. et al. (2020). Water Erosion Reduction Using Different Soil Tillage Approaches for Maize (*Zea mays* L.) in the Czech Republic. *Land* 9(10):358.
 93. Modarres, A.M. et al. (1998). Plant population density effects on maize inbred lines grown in short-season environments. *Crop Science*, 38(1):104-108.
 94. Motlík, J. et al. (2007). Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice. Praha. ISBN 978-80-239-8823- 9.
 95. Moudrý, J. (2003): Tvorba výnosů a kvalita ovsa. Vědecká monografie. ZF JU v Českých Budějovicích, 167 pp., ISBN: 80-7040-659-3.
 96. Moudrý, J. a Stražil, Z., (1998). *Energetické plodiny v ekologickém zemědělství*. 56 s. Hradec Králové: VH press.
 97. Mrkvička, J. a Veselá, M. (2010). Základní povrchová úprava a ošetřování pastvin. *Náš chov*. 70, (4), s. 49-51.
 98. Nátr, L. (1998): Fotosyntéza *In: Fyziologie rostlin*. Academia, Praha, pp. 124-171, ISBN: 80-200-0586-2.
 99. Nátr, L. (2002): Fotosyntetická produkce a výživa lidtva. ISV nakladatelství, Praha 424 pp., ISBN: 80-85866-92-7.
 100. Nazli, R.I. et al. (2020). Comparison of cool and warm season perennial grasses for biomass yield, quality, and energy balance in two contrasting semiarid environments. *Biomass Bioenergy*, 139:105627.
 101. Nerušil, P. et al. (2008). Effects of utilisation intensity and fertilization level on forage production and quality of permanent grassland on a fluvisoil. *Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 56 (5):153-162.
-

-
102. Niemelainen, et al. (2001): Yield profile of tall fescue (*Festuca pratensis*) in Finland. *Grass and Forage Science*, 56(3):249-258.
 103. Nirgin, T. a Landa, M. (2016). Německo bez jádra? SRN na cestě k odklonu od jaderné energie. Charles University in Prague, Karolinum Press.
 104. Noskovič, P. et al. (1996). Biomasa a její energetické využití. Ostrava. ISBN 80-7078-367-2.
 105. Ochodek, T. et al. (2006). *Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy: studie v rámci projektu Možnosti lokálního vytápění a výroby elektřiny z biomasy*. Ostrava. ISBN 80-248-1207-X.
 106. Omer, A. M. (2012). Global Progress in Green Energies and the Environment. In M. J. Acosta (Eds.), *Advances in Energy Research*, pp. 96–99.
 107. Oscar, R.V. a M. Tollenaar. (2006). Effect of genotype, nitrogen, plant density and row spacing on the area-per-leaf profile in maize. *Agronomy Journal*, 98(1):94-99.
 108. Otčenášek, P. (2006). *Elektroenergetika v 21. století: globální světové energetické hospodářství a jeho vliv na Českou republiku*. Praha: ČEZ.
 109. Pandey, R.K. et al. (2000). Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. II. Shoot growth, nitrogen uptake and water extraction. *Agriculture and Water Management*, 46(1):15-27.
 110. Panuccio, M.R. et al. (2018). Use of digestate as an alternative to mineral fertilizer: Effects on growth and crop quality. *Arch. Agron. Soil Sci.* 65(5):700–711.
 111. Panwar, N. L. et al. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3):1513–1524.
 112. Peratoner et al. (2021a). *Information on yield proportion of grasses slightly improves the estimate of dry matter yield based on LAI*. [online] [cit. 23. 5. 2021]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Natascha_Grinnell/publication/359419645_Testing_the_validity_of_a_precision_dairy_ear_sensor_technology_in_recording_grazing_time/links/623b27bd42cbca4e75c49bd6/Testing-the-validity-of-a-precision-dairy-ear-sensor-technology-in-recording-grazing-time.pdf#page=56
 113. Peratoner et al. (2021b). *Evaluation of a grassland drought index based on LAI from remote sensing and meteorological data*. [online] [cit. 23. 5. 2021]
-

-
- Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Natascha_Grinnell/publication/359399708_The_effect_of_virtual_fencing_technology_on_grazing_behaviour_differences_in_herbage_consumption/links/6239fde43339b64f0daf71bd/The-effect-of-virtual-fencing-technology-on-grazing-behaviour-differences-in-herbage-consumption.pdf#page=104
114. Petr, J. (1997). Produkční procesy u rostlin. *In: Speciální produkce rostlinná – I.* Agronomická fakulta ČZU v Praze, 197 pp.
 115. Petr, J. et al. (1980). Tvorba výnosu hlavních polních plodin. SZN, Praha, 448 pp.
 116. Petřík, M. et al. (1987). Intenzivní pícninářství. SZN Praha. 87-70-245-1865-2
 117. Petříková, V. (2000). Světové zdroje obnovitelné energie a průmyslových surovin z biomasy: postřehy ze Sevilly. *In Energetické a průmyslové rostliny VI.* s. 10.
 118. Petříková, V. (2006). Energetické plodiny. 1. vyd. Praha: Profi Press, 56, 127 s. ISBN 80- 867-2613-4.
 119. Pospíšil, R. a Mano, M. (2007). The influence of application biosledge for production and quality maize for silage. *In Súčasnosc' a perspektívy krmovinárskeho výskumu a vzdelávania v multifunkčnom využívaní krajiny: proceedings of scientific conference.* Nitra: SPU, pp. 231–233. ISBN 978-80-8069-929-1.
 120. Pospíšil, R. et al. (2011). Účinok hnojenia digestátom na energetickú efektívnosť produkcie repy cukrovej, *Listy Cukrovarnicke a Reparske*, s. 127.
 121. Poulík, Z., (1996). Výživa a hnojení pícních kultur. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, ISBN 80-7105-109-8.
 122. Požárová, I. (2007). *Alternativní zdroje energie – biopaliva* [online]. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 44 s, [cit. 27.2.2020]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10563/4181>. ISBN 80-736-6071-7.
 123. Przygocka-Cyna, K. a Grzebisz, W. (2018). Biogas digestate—Benefits and risks for soil fertility and crop quality—An evaluation of grain maize response. *Open Chem.*, 16(1):258–271.
 124. Quaschnig, V. (2008). *Obnovitelné zdroje energií.* Mnichov: Carl Hanser Verlag. ISBN 978-80-247-3250-3.
-

-
125. Quek, T.Y.A. et al. (2019). Environmental impacts of transitioning to renewable electricity for Singapore and the surrounding region: A life cycle assessment. *J. Clean Prod.*, 214:1–11.
 126. Rajcan, I. a M. Tollenaar. (1999). Source: sink ratio and leaf senescence in maize: I. Dry matter accumulation and partitioning during grain filling. *Field Crops Research*, 60(3):245-253.
 127. Regal, V. (1972). Pícní a plevelné trávy. 290 s.
 128. Regal, Vladimír. (1953). Pícní a plevelné trávy. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 291 s.
 129. Ruf, T. et al. (2018). Soil quality indicator response to land-use change from annual to perennial bioenergy cropping systems in Germany. *GCB Bioenergy*, 10(7):444–459.
 130. Římovský, K. et al. (1989). Pícninářství : polní pícniny. Brno : Vysoká škola zemědělská v Brně, 165 s.
 131. Sakuragi. H. et al. (2011). Molecular breeding of advanced microorganisms for biofuel production. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2011, 1–11.
 132. Shah, Z. et al. (2003). Crop residue and fertilizer N effects on nitrogen fixation and yields of legume-cereal rotations and soil organic fertility. *Field Crops Research*, 83(1):1-11.
 133. Scharf, P.C. et al.(2002). Yield response to nitrogen fertilizer timing and deficiency level. *Agronomy Journal*, 94(3):435-441.
 134. Schau, E. M. a Fet, A. M. (2008). LCA studies of food products as background for environmental product declarations. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(3):255–264.
 135. Scheinost, P. et al. (2008) Plant Guide: Tall Wheatgrass *Thinopyrum ponticum* (Podp.) Z. -W. Liu & R. -C. Wang [online] [cit. 20.12.2017]. Dostupné z: http://plants.usda.gov/plantguide/pdf/pg_thpo7.pdf
 136. Schmidt, A. et al. (2018). Emmerling, C. Biochemical methane potential (BMP) of six perennial energy crops cultivated at three different locations in W-Germany. *Biomass Convers. Biorefin.* 8(4):873–888.
 137. Schrabauer, J. (2010) Trockentolerante Gräser. Perennierende Gräserarten für eine Futternutzung bzw. Energetische Verwertung im semihumidn und semi-
-

-
- ariden Produktionsgebiet [online]. Wien: Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien, [cit. 20. 12. 2017]. Dostupné z: https://boku.ac.at/404/abstracts/oe_list.php?paID=3apaSID=8166apaSF=1apa%20CF=0apaLIST=0alanguage_id=DE
138. Siri-Prieto, G. Et al. (2020). Impact of nitrogen and phosphorous on biomass yield, nitrogen efficiency, and nutrient removal of perennial grasses for bioenergy. *Biomass and Bioenergy*, 136:105526.
 139. Skládanka, J. et al. (2008). Vliv intenzity hnojení a využití na druhovou diverzitu a kvalitu travního porostu. *Acta Universitatis Agriculture Et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 51(2):131-138.
 140. Spiegelberger, T. et al. (2006). Long-term effects of short-term perturbation in a subalpine grassland. *Ecology*, 87(8), pp. 1939-1944.
 141. Stražil, Z. (2014). Pěstování a využití energetických plodin jako obnovitelného zdroje energie. *AgritechScience*, 2014 8(2):1-6.
 142. Stražil, Z. (2011). Trávy jako energetická surovina: certifikovaná metodika pro praxi. Vyd. 1. Praha. ISBN 978-80-7427-078-9.
 143. Stupavský, V. (2008). Víme, co se pod pojmem biopaliva ve skutečnosti skrývá. *Mají biopaliva negativní vliv na rostoucí ceny potravin*.
 144. Subedi, K.D. a B.L. Ma. (2005). Nitrogen uptake and partitioning in stay green and leafy maize hybrids. *Crop Science*, 45(2):740-747.
 145. Šantrůček, J. et al. (2007). Encyklopedie pícninářství. Praha:Česká zemědělská univerzita. ISBN 987-80-213-1605-8.
 146. Šantrůček, J. et al. (2007): Encyklopedie pícninářství. Praha. ISBN 987-80-213-1605-8.
 147. Tambone, F. et al. (2010). Assessing amendment and fertilizing properties of digestates from anaerobic digestion through a comparative study with digested sludge and com-post. *Chemosphere*, 81(5):577–583.
 148. The plant list. (2010). *Elymus elongatus* (Host) Runemark [online]. [cit. 18.12.2017]. Dostupné z: <http://www.theplantlist.org/tpl/record/kew-411120>
 149. Tibitzl, D. (2020). *Dynamika tvorby výnosů vybraných energetických rostlin*. Bakalářská práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.
-

-
150. Toler, J.E. et al. (1999). Corn leaf orientation effects on light interception, intra-specific competition and grain yields. *Journal of Production Agriculture*, 12(3):396-399.
 151. Turgut, I. (2000). Effects of plant populations and nitrogen doses on fresh ear yield and yield components of sweet corn grown under Bursa conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24(3):341-347.
 152. Turner, D. P. et al. (1999). Relationships between leaf area index, fapar, and net primary production of terrestrial ecosystems. *Remote Sensing of Environment*. 70. s. 52–68.
 153. Ust'ak, S. et al. (2019). Reedcanarygrass (*Phalarisarundinacea*L.) as a promising energy crop. *J. Cent. Eur. Agric.*, 20(4):1143–1168.
 154. Váňa, J., (2003). Biomasa pro energii a technické využití. *Biom.cz* [online] [cit. 2020-02-10]. Dostupné z <https://biom.cz/cz/odborne-%20clanky/biomasa-pro-energii-a-technicke-vyuziti>
 155. Velich, J. (1978): Výživa a hnojení travních porostů. V. kelsnil, A., et al. *Intenzivní výroba píče*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, s. 218-261.
 156. Velich, J. (1994). *Pícninářství*. Vysoká škola zemědělská. ISBN 80-7157-816-9.
 157. Velich, J. (1996). *Praktické lukařství*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, Rostlinná výroba (Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR). ISBN 80-7105-129-2., 57 s.
 158. Velich, J. et al. (1991): *Pícninářství*, Vysoká škola zemědělská v Praze. ISBN: 80-213-0106-6.
 159. Veselá, M. a Mrkvička, J. (2005): Vliv výživy na luční porosty. *Úroda*. 53, (3), s. 51-53.
 160. Veselá, M. et al. (2007). *Návody ke cvičení z pícninářství*. Ed.: ČZU v Praze, 203s. ISBN 987-80-213-1605-8.
 161. Voća, N. et al. (2005). Digested residue as a fertilizer after the mesophilic process of anaerobic digestion. *Plant Soil Environ*, 51, pp. 262-266.
 162. Vogel, E. et al. (2016). Bioenergy maize and soil erosion—Risk assessment and erosion control concepts. *Geoderma*. 261:80–92.
 163. Vojtech, E. et al. (2020). Differences in light interception in grass monocultures predict short-term competitive outcomes under productive conditions. *Plos one*, 2(6):e499.
-

-
164. Voženílek, L. a Lstibůrek, F. (1989). *Základy elektrotechniky II pro 2. a 3. ročník elektrotechnických učebních a studijních oborů středních odborných učilišť 2.* nezměn. vyd. Praha. ISBN 04-522-85.
165. Vráblíková, J. (2000). *Úvod do agroenergetiky.* 1. vyd. Ústí nad Labem. ISBN 80-7044- 231-X.
166. Vumop.cz (2022). eKatalog BPEJ. [online] [cit. 8. 3. 2022]. Dostupné z: <https://bpej.vumop.cz/55301>.
167. Watson, D. J. (1947). Comparative physiological studies in the growth of field crops. I: Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Annals of Botany*. 11. 41–76.
168. Wellie-Stephan, O. (1998): Development of grasses adapted for production of bioenergy. Proceedings paper, In 10th European Conference – Biomass for Energy and Industry, Wurzburg, Germany, p 1050-1051.
169. Zárbynická, M. Biomasa – obnovitelný zdroj energie. Výukový materiál [online] [cit. 1.11.2017]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/13906554-Biomasa-obnovitelný-zdroj-energie.html>
170. Zhao, R. F. (2006). Fertilization and N balance in a wheat-maize rotation system in North China. *Agronomy Journal*, 98: 938-945.
-

Seznam obrázků

Obrázek 7.1: Mapa pokusné lokality (LPIS).....	34
Obrázek 7.2:Plán jednotlivých parcelek	35

Seznam grafů

Graf 8.1: Procentuální obsah sušiny v jednotlivých obdobích.....	37
Graf 8.2: Vliv druhu na výnos fytomasy.....	38
Graf 8.3: Vliv hnojení na výnosy fytomasy.....	39
Graf 8.4: Výnosy fytomasy v jednotlivých obdobích.....	40
Graf 8.5: Výnos fytomasy bojínku lučního v jednotlivých obdobích ve dvou kontrolních variantách.....	41
Graf 8.6: Průměrné výnosy fytomasy bojínku lučního ve variantě hnojené a nehnojené.....	42
Graf 8.7: Výnos fytomasy kostřavy rákosovité v jednotlivých obdobích ve dvou kontrolních variantách.....	43
Graf 8.8: Průměrné výnosy fytomasy kostřavy rákosovité ve variantě hnojené a nehnojené.....	44
Graf 8.9: Výnos fytomasy srhy laločnaté v jednotlivých obdobích ve dvou kontrolních variantách.....	45
Graf 8.10: Průměrné výnosy fytomasy srhy laločnaté ve variantě hnojené a nehnojené.....	46
Graf 8.11: Výnos fytomasy Szarvasi-1 v jednotlivých obdobích ve dvou kontrolních variantách.....	47
Graf 8.12: Průměrné výnosy fytomasy Szarvasi-1 ve variantě hnojené a nehnojené.....	48
Graf 8.13: Hodnota indexu listové plochy u jednotlivých druhů trav.....	49
Graf 8.14: Hodnota velikosti listového indexu v závislosti na termínu měření.....	50
Graf 8.15: Hodnota indexu listové plochy u jednotlivých druhů trav vyskytující se ve dvou kontrolních variantách.....	51
Graf 8.16: Graf korelace výnosů energetických trav a indexu velikosti listové plochy.....	52

Seznam použitých zkratk

OZE - Obnovitelné zdroje energie

LAI - Index listové plochy

LAD – Trvání listové plochy

NAR – Čistý výkon fotosyntézy

CGR – rychlost přírůstku sušiny na plochu

HI – Hodnota sklizňového indexu
