

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Hnojení a jeho vliv na rostlinnou diverzitu a funkce lučních
porostů**

Diplomová práce

**Bc. Hana Šímová
Produkční zahradnictví**

Ing. Zuzana Hrevušová, Ph. D.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Hnojení a jeho vliv na rostlinnou diverzitu a funkce lučních porostů" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 24.4.2021

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Zuzaně Hrevušové, Ph.D. za citlivý přístup a veškeré konzultační hodiny, které mi věnovala. Děkuji za trpělivé vedení a poskytnuté odborné rady. Déle mé poděkování patří především rodině a nejlepším přátelům, kteří mě podporovali během celého studia, a především při psaní diplomové práce.

Hnojení a jeho vliv na rostlinnou diverzitu a funkce lučních porostů

Trvalé travní porosty tvoří důležitý prvek krajiny, utváří ráz českého venkova, ale mimo jiné poskytují prostor pro rozvoj živočichů a při správné péči tvoří nezastupitelné ekosystémy. Mohou být využívány pro hospodářské účely nebo využíváme jejich neprodukčních funkcí. Z hlediska vzniku můžeme travní porosty rozdělit na: přirozené, polopřirozené a umělé. V našich podmínkách jsou nejčastěji polopřirozené, tedy ty hospodářsky využívané, s úzkou vazbou na stanoviště a krajinu. Samotný přístup člověka k porostu dokáže ovlivnit mnohé, proto je důležité porosty sledovat a zvolit správný způsob obhospodařování, který se bude lišit dle daného stanoviště.

Pokusný porost se nachází v obci Senožaty, kraj Vysočina. Jedná se o dlouhodobý pokus, byl založen už v roce 1976 a sleduje se na něm dlouhodobě vliv každoročního hnojení v různých dávkách. Vlastní porost se nachází na mezofilním stanovišti a patří do svazu *Arrhenatherion elatioris*. Pokus se skládá celkem ze šesti variant hnojení (kontrola, PK, N50PK, N100PK, N150PK, N200PK). Sledoval se hlavně vliv hnojení na funkce, které by měl splňovat trvalý travní porost. Byl sledován vliv hnojení na výnos, výšku porostu, druhovou skladbu, způsob opylování a poměrové zastoupení jednotlivých agrobotanických skupin. Mimo jiné se také hodnotila rostlinná diverzita, a to pomocí Simpsonova a Shannon-Wienerova indexu.

Bylo zjištěno, že pokryvnost jetelovin klesá spolu se zvyšující se dávkou dusíku v hnojivu. Na pozemku s vyšší dávkou dusíku se naopak dařilo druhům ze skupiny trav, ale zároveň na těchto úsecích převažovala anemogamie. Pozemky s nižší dávkou dusíku nebo pozemky bez hnojení, poskytly více prostoru pro hmyzosnubné druhy a porost působil pestřeji. Můžeme pozorovat, jak vyšší dávka dusíku podporovala druhy se svazčitými kořeny (trávy), které jsou schopné ostatní druhy vytlačit. Druhy s hlavním kořenem jsou schopné prokořenit půdu do hlubších profilů a pomáhají více chránit půdu před erozí. Hnojení má vliv i na jednotlivé počty druhů rostlin vyskytujících se na jednotlivých variantách. Nejméně druhů se vyskytovalo na variantě N200PK a nejvíce na N50PK. Hospodářská funkce porostu byla také ovlivněna hnojením, bylo zjištěno, že hnojení ovlivňuje výšku porostu i výnos v první seči. Vliv hnojení na rostlinnou diverzitu byl průkazně potvrzen jen u Simpsonova indexu.

Hnojením tedy ovlivňujeme jak hospodářské, tak i mimoprodukční funkce, které mají vliv na prostředí, ve kterém se porost nachází, a mohou mít vliv i na zástupce živočišné říše.

Klíčová slova: Ovsíková louka, dusík, produktivita porostu, účinek hnojení, systémy opylení, kořenová soustava, estetika

Fertilization and its effect on botanical diversity and functions of meadows

Summary

Permanent meadows form an important element of the landscape. They shape the character of Czech countryside, but they also provide space for the development of animals and, with proper care, they create irreplaceable ecosystems. They can be used for economic purposes or we can use their non-production functions. We can divide meadows into three groups according to their origin: natural, semi-natural and artificial meadows. The most frequent ones in our conditions are semi-natural meadows, which are used economically, with a close connection to the habitat and the landscape. Human approach to the meadow can influence a number of things, therefore it is important to monitor and select the right way of management, which will vary according to the habitat.

The experimental land is situated in the municipality of Senožaty, Vysočina region. It has been a long-term experiment, which was founded in 1976 and the effect of annual fertilization in various doses has been monitored for a long time. The experiment consists of a total of six fertilization variants (control, PK, N50PK, N100PK, N150PK, N200PK). The main concern has been to monitor the effect of fertilization on the functions that a permanent grassland should fulfill. The influence of fertilization on the yield, grassland height, species composition, method of pollination and proportional representation of individual agrobotanical groups have been monitored. Among other things, plant diversity has also been assessed, using the Simpson and Shannon-Wiener indexes.

It has been found out that the coverage of clover decreases with increasing the dose of nitrogen in the fertilizer. On the other hand, grass species prospered on land with a higher dose of nitrogen, but at the same time anemogamy prevailed on these sections. Lands with a lower dose of nitrogen or lands without fertilization have provided more space for entomophilous species and the vegetation has seemed more varied. We can observe how a higher dose of nitrogen supported species with bundled roots (grasses) that are able to displace other species. Species with a main root have been able to root the soil into deeper profiles and help protect the soil from erosion. Fertilization also affects the individual numbers of plant species occurring in individual variants. The fewest species occurred on the N200PK variant and the most species occurred on the N50PK. The economic function of the land has also been affected by fertilization. It has been found out that fertilization affects the height of the grassland and the yield in the first mowing. The effect of fertilization on plant diversity has been confirmed only in the Simpson index.

To sum up, fertilization affects both economic and non-productive functions influencing the environment in which the land is located, and can also affect the representatives of the animal species.

Key words: Arrhenatherum meadow, nitrogen, grassland productivity, fertilization effect, pollination systems, root systems, esthetics

Obsah

1	Úvod	9
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	10
3	Literární rešerše	11
3.1	Travní porosty	11
3.1.1	Vlivy působící na trvalé travní porosty	12
3.1.2	Typy travních porostů	13
3.1.2.1	Produkční travní porosty	13
3.1.2.2	Neprodukční travní porosty	14
3.1.2.3	Přirozené	14
3.1.2.4	Polopřirozené	14
3.1.2.5	Extenzivní travní porost	16
3.1.2.6	Intenzivní travní porost	16
3.2	Funkce travních porostů	16
3.2.1	Ochrana půdy před vodní a větrnou erozí	17
3.2.2	Estetická funkce	17
3.2.3	Sociální funkce	18
3.2.4	Hospodářská funkce	18
3.2.5	Vodohospodářská funkce	18
3.2.6	Ochranná funkce ve vztahu k planetě	19
3.2.7	Sekvestrace uhlíku	19
3.2.8	Podpora druhové bohatosti porostů	20
3.3	Pratotechnika	20
3.3.1	Zakládání lučních porostů	21
3.3.2	Způsob údržby trvalých travních porostů	22
3.4	Hnojení travních porostů	25
3.4.1	Vliv makroživin na porost	26
3.4.1.1	Dusík	26
3.4.1.2	Draslík	27
3.4.1.3	Vápník	27
3.4.1.4	Hořčík	27
3.4.1.5	Fosfor	28
3.4.2	Nedostatky a nadbytky živin v porostech	28
4	Metodika	30
4.1	Charakteristika stanoviště	30

4.2	Založení pokusu	32
4.3	Sledování botanického složení	33
4.4	Sledování výšky porostu.....	34
4.5	Sledování výnosu nadzemní biomasy	35
4.6	Třídění rostlin	35
4.7	Statistické zhodnocení	35
5	Výsledky	36
6	Diskuze.....	46
6.1	Svaz <i>Arrhenatherion elatioris</i>	46
6.2	Druhová rozmanitost	46
6.3	Opylení a estetická funkce	48
6.4	Protierozní funkce.....	49
6.5	Hospodářská funkce – výnos	50
6.6	Rostlinná diverzita	50
7	Závěr	52
8	Literatura.....	53

1 Úvod

Trvalé travní porosty zaujímají velkou část území v České republice. Mezi TTP zařazujeme louky a pastviny s různým režimem obhospodařování. Tvoří ráz české krajiny, kde jsou louky a pastviny lemovány lesy a poskytují pohled do širšího okolí krajiny. O trvalých travních porostech se začíná stále více mluvit, díky jejich nezastupitelným funkcím a ekosystému, který tvoří. Na vzhled a ekosystém trvalých travních porostů má vliv spousta vnějších podnětů jako je klima, vodní bilance, druhové složení, využívání porostu, pastva a v neposlední řadě také intenzita s jakou se o porosty staráme. Trvalé travní porosty mohou být na stanovišti původní (přirozené), které vznikají bez činnosti člověka, takové porosty nalezneme často na horských stanovištích v málo přístupném terénu. V České republice jsou často k vidění polopřirozené TTP, které už jsou záměrně ovlivňovány člověkem, který je využívá k nějakému prospěchu. Takové porosty už jsou záměrně člověkem sečeny a hnojeny. V neposlední řadě se také můžeme setkat s umělými TTP, které člověk zakládá cíleně.

V posledních letech jsou stále více podporovány dotační politikou EU. Jedná se hlavně o podporu mimoprodukčních funkcí, kde není prioritou sklízet biomasu. Porosty mají spousta neprodukčních funkcí díky, kterým by je měl člověk chránit. Dokáží svými kořeny omezovat půdní erozi, a naopak rostlinným pokryvem zabraňují větrné erozi. Biomasa rostlin je nesmírně důležitá pro život živočichů, kteří jí využívají nejen jako zdroj potravy. Další důležitou funkcí je to, že travní porosty dokáží akumulovat vodu, což je důležité z hlediska vývinu počasí na našem území. V neposlední řadě tvoří ekosystémy, které podporují rozmanitost rostlin a živočichů. Na pokusu v Senožatech se sledoval vliv hnojení právě na druhové složení a některé funkce, kterými mohou trvalé travní porosty ovlivňovat prostředí, ve kterém žijeme.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce bylo posoudit vliv hnojení na rostlinnou diverzitu mezofilní ovsíkové louky. Diverzita bude vyjádřena podílem různých skupin druhů, Simpsonovým a Shannon-Wienerovým indexem. Dalším cílem práce bylo vyhodnotit vliv hnojení na produkční a neprodukční funkce porostu. Cílem bylo vyhodnotit tyto funkce: estetickou, funkci pastvy pro opylovače, protierozní funkce, hospodářské funkce-výnos. V neposlední řadě se vyhodnocovala výška porostu.

Hypotézy:

- Hnojení ovlivňuje pokryvnost jednotlivých agrobotanických skupin (jednoděložné, jeteloviny, ostatní dvouděložné)
- Hnojení ovlivňuje pokryvnost druhů z hlediska jejich vytrvalosti (jednoleté, dvouleté a vytrvalé)
- Hnojení ovlivňuje pokryvnost různých růstových forem trav
- Hnojení ovlivňuje pokryvnost různých druhů s různým typem kořenového systému
- Hnojení ovlivňuje pokryvnost nejrozšířenějších druhů
- Hnojení ovlivňuje počet druhů
- Hnojení ovlivňuje podíl druhů s různým typem rozmnožování
- Hnojení ovlivňuje diverzitu vyjádřenou Simpsonovým a Shannon-Wienerovým indexem
- Hnojení ovlivňuje výnosy a stlačenou výšku porostu

3 Literární rešerše

3.1 Travní porosty

Travní porosty představují ve středoevropských podmínkách významný prvek krajiny i soustavy hospodaření na půdě. Vznik a vývoj polo-přirozených travních porostů je zde hlavně podmíněn jejich pravidelným obhospodařováním a využíváním, bez něhož by se naprostá většina luk a pastvin postupnou sukcesí přeměnila v lesní společenstva.

Intenzifikace našeho zemědělství přinesla různé negativní důsledky do krajiny. V této situaci se travní porosty jeví jako velmi perspektivní, neboť mají význam nejen produkční, ale především mají mnoho ekologicky významných mimoprodukčních vlastností (Kvítek et al. 1997). Nevhodným obhospodařováním travních porostů můžeme potlačit jak jejich produkční uplatnění, tak i jejich ochranné funkce ke genofondu, hydrosféře i k atmosféře. Diverzita rostlin do jisté míry reguluje produktivitu a stabilitu přírodních ekosystémů spolu s jejich odolností vůči narušení. Je možné, že stabilitu ekologických systémů do jisté míry ovlivňuje i genetická variabilita rostlin, avšak důkazů je málo. Travní porosty zajišťují významnou funkci ekologické stabilizace v zemědělské krajině, disponují homeostázou a adaptivními mechanismy, které účinně reagují na některé negativní antropogenní činnosti a některé faktory prostředí: jsou tak odolné vůči delšímu období sucha nebo nedostatku vody (Úlehlová et al. 1981). Vícedruhová seskupení rostlin jsou produktivnější než monokulturní travní porost (Prieto et al. 2015). Mezidruhová genetická rozmanitost má vliv na produkci, stabilitu a složení porostů. Závěrem se dá tedy říct, že genetická rozmanitost je důležitá při plnění nových výzev diverzifikace plodin, zejména u vícedruhových pastvin (Meilhac et al. 2019).

V našich podmínkách jsou travní porosty jedním z nejstabilnějších ekosystémů v zemědělské krajině a důležitou součástí biosféry. Mají rozsáhlou schopnost přemísťovat chemické prvky a také plnit zemědělské a neprodukční funkce, které jsou důležité pro formování a ochranu krajiny a její biologické rozmanitosti. Jako zdroj biomasy používané ke krmení polygastrických zvířat, nebo nepřímo jako zdroj organických látek, které se po průchodu trávicím traktem zvířete stávají prekurzory humusu ve formě živočišných hnojiv (Klimes 1997). Trvalé travní porosty mají nezastupitelnou úlohu nejen jako zdroj potravy pro hospodářská zvířata a potažmo i pro obživu lidí, ale také mají velký význam z hlediska ochrany půdy, vodních zdrojů, zajištění vysoké biodiverzity a patří zároveň mezi nejdůležitější krajínotvorné prvky (Gaisler 2011). Louky významně přispívají k zajišťování potravin tím, že zajišťují část požadavků na krmivo přežvýkavců používaných k produkci masa a mléka. Celosvětově je to z hlediska energetické spotřeby důležitější než vepřové a drůbeží maso. Jak už bylo řečeno louky a pastviny jsou velmi významných úložištěm uhlíku, celosvětové zásoby uhlíku, které jsou na trvalých travních porostech se odhadují na 343 Gt CO₂, což je přibližně o 50 % více než celosvětové množství uhlíku uložené v lesních porostech (Conant 2010).

3.1.1 Vlivy působící na trvalé travní porosty

Některé chování člověka může významně poškodit trvalé travní porosty. Zejména pak několikaleté, chronické přidávání živin, především dusíku do trvalých travních porostů, které může ovlivnit rostliny samotné. Chronické hnojení působí také na množství nitrifikačních mikrobiálních společenstev (Zhou et al. 2015). Intenzifikace zemědělství se snaží pomocí hnojení zvýšit výnosy rostlin, ale také se snaží zachovat schopnost půdy působit jako záchytný prostor pro CO₂, protože vysoké výnosy lze zajistit zejména pravidelným hnojením, což může významně ovlivnit ukládání a koloběh uhlíku v půdě (Fornara et al. 2016). Hnojení může také do jisté míry ovlivnit odolnost porostů vůči suchu. Hnojení zvyšuje odolnost vůči stresu suchem buď přímými pozitivními účinky na produktivitu nebo nepřímými změnami na složení funkčních skupin porostu. Bylo zjištěno, že větší odolnost suchu prokazují porosty, které jsou převážně složené z trav než z rozmanitých skupin rostlin (Carlsson et al. 2017).

Rostlinná biodiverzita může klesat nadměrným hnojením, některé druhy se najednou stanou více konkurenceschopné (např. porostou rychleji a zastíní rostliny ve spodním patře, pro které to znamená značné omezení) (Rajaniemi 2002). Ztráta rozmanitosti druhů rostlin může ovlivnit větrnou i půdní erozi. Různé skupiny rostlin mají odlišné účinky na erozi půdy, tento fakt odlišně vnímáme i na jednodruhových i vícedruhových pozemcích. Hlavními mechanismy vysvětlující silné účinky rozmanitosti druhů rostlin na erozi půdy nazýváme kompenzační nebo pojistný účinek, tj. schopnost různých rostlinných společenstev umožnit druhům převzít funkce druhů, které vyhynuly v důsledku změn podmínek prostředí (Berendse et al. 2015).

Degradace travních porostů má vliv na dynamiku a stechiometrii uhlíku, dusíku a fosforu v půdních ekosystémech (Wang 2020). Změny klimatu a rostoucí povrchová teplota můžou v kombinaci s prodlužujícím se obdobím sucha snížit primární produkci z travních pozemků. Také dochází k tomu, že během veder dojde k podstatnému snížení sekvestrace uhlíku na TTP. Vysoké teploty způsobují stres suchem u rostlin (snížená absorpce fotosyntézy), to vysvětluje, proč porosty během extrémních teplot sekvestrují méně uhlíku (Ciais et al. 2005). Travní porosty mají potenciál hrát klíčovou roli při zmírňování skleníkových plynů, zejména pokud jde o globální ukládání uhlíku a další sekvestraci uhlíku. Odhaduje se, že obhospodařování pastvin a zlepšování pastvin (např. prostřednictvím řízení intenzity pastvy, zlepšené produktivity atd.) má potenciál globálního technického zmírnění téměř 1,5 Gt CO₂ (O'Mara 2012). Klimatické podmínky přímo působí v prostředí nad půdou a jsou výsledkem fyzikálních jevů. Představují komplex faktorů (atmosférické srážky, teplota, proudění vzduchu, vlhkost vzduchu). Nejvýrazněji se projevuje vliv klimatických podmínek, které mohou porost přímo ovlivňovat – lokální klima, mikroklima. Atmosférické srážky jsou jediným zdrojem vody, mimo zavlažovaných pozemků. Teplota ovlivňuje porost nepřetržitě v průběhu celého roku. Extrémní teplotní podmínky v mimo vegetačním období způsobují vymrzání anebo poškození méně odolných rostlin. Světlo a sluneční záření mají velký vliv na kvalitu krmiv a přispívají ke zlepšení stravitelnosti travní fytomasy (tvorba sacharidů a dusíkatých látek) (Novák 2008).

Po celém světě dochází k zhoršování trvalých travních porostů vlivem nadměrného spásání a změny klimatu (Wang 2020). Pastva ovcí a skotu může ovlivnit složení rostlinného společenstva, čím intenzivnější je pastva tím více i roste počet konzumovaných rostlin a druhů. Skot je gramionid a spase více druhů trávy než ovce, což může způsobit výrazně snížený výskyt travních druhů v porostech (Haeggström et al. 1990). Pastva zvířat může také výrazně ovlivnit prostorovou heterogenitu vegetace a ekosystémové procesy (Adler et al. 2001). Během pastvy dochází k narušení kořenového systému rostlin a postupně může docházet i k utužování půdy (Milchunas 1993). Byl učiněn závěr, že pastva zvířat může být nástrojem k udržení nebo obnovení biodiverzity otevřené krajiny a přispět k estetickému a volnočasovému významu travních porostů. Úspěšné využití pastvy pro ochranu životního prostředí a zvýšení biodiverzity vyžaduje pečlivé plánování a mělo by být přizpůsobeno místním podmínkám. Zásadní je pochopit hluboké vztahy mezi býložravci, společenstvím rostlin, malých zvířat a abiotickým prostředím (Metera et al. 2010). Členovci jsou důležitou součástí travních systémů a významně přispívají k biodiverzitě a struktuře a funkci ekosystému. Podnebí, oheň a pastva velkých býložravců tvoří základní hybné síly pro travní porosty na celém světě (Joern et al. 2013). Všeobecně lze říct, že travní porosty pomáhají čistit půdu od hnojiv a pesticidů a dále poskytují úkryt pro divoká zvířata (Carlier et al. 2009)

3.1.2 Typy travních porostů

3.1.2.1 Produkční travní porosty

Travní porosty, které jsou složené ze směsi trav, ostatních jednoděložných, rostlin z čeledi *Fabaceae*, dalších dvouděložných rostlin, bylin a keřů mají rozsáhlý vliv na vodní režim. Základní role produkčních porostů je poskytovat potravu býložravcům a přežvýkavcům (Carlier et al. 2009). Travní porosty nemusí sloužit jen jako prostor pro pastvu zvířat, mají i potenciál pro přímé spalování a jako hlavní surovina při výrobě bioplynu (Porqueddu et al. 2003). Travní biomasa splňuje základní předpoklady, kterých lze využít při anaerobní fermentaci. Dosahuje ideálního poměru C:N, a to díky vysokému procentu organické hmoty a nízkému obsahu popelovin. Vstupní organická hmota se vlivem mikroorganismů postupně rozkládá za vzniku konečných produktů – bioplyn a fermentovaný zbytek organické hmoty. Proces ovlivňuje i stáří fytomasy, nejlepších výsledků lze dosáhnout s fytomasou z ranějších sklizní. Pro výrobu bioplynu lze využít biomasu jak lučních porostů, které je však nutné sklízet v ranější fázi, tak přebytečnou hmotu z pastevních areálů (posečené nedopasky, sklizená nadbytečná hmota z nerovnoměrného nárůstu píce v jarním období) (Fuksa & Hakl 2009). Vytrvalé druhy trav, *Miscanthus* a pšeničná sláma se uznávají jako energetické plodiny pro palivo druhé generace, jsou hlavními zdroji biomasy, které jsou přijatelné členskými státy EU. Můžeme zvýšit výnos biomasy pro nepotravinářské využití pomocí správného výběru druhů rostlin a když přihlédneme k specifikům, která se vážou na danou oblast. U těchto energetických plodin jsou prováděny pokusy genetického inženýrství, které se snaží pomoci

genového přenosu najít nové formy rostlin, které budou odolnější vůči abiotickému stresu, budou zajímavé i s nižší dávkou vstupních hnojiv, ale zároveň přinesou zajímavý výnos biomasy (Carlier et al 2009).

3.1.2.2 Neprodukční travní porosty

Obvykle jsou tato společenstva různorodá a barevná, jsou užitečná pro nějakou formu rekreace nebo se jedná o pastviny, kde lze potkat zajímavá místní plemena koní nebo přežvýkavců, ale nejsou primárně určené k produkci fytomasy. Přítomnost takových forem krajinného pokryvu přispívá k rozvoji různých forem cestovního ruchu, včetně ekoturismu. Porosty také plní základní ochranné a nezemědělské funkce (Starczewski et al. 2009) Mezi základní neprodukční funkce TTP také patří zabraňování erozi pomocí kořenového systému, zvyšují retenční kapacitu půdy, zadržují srážkovou vodu, jsou schopné vázat pomocí symbiotické či nesymbiotické fixace vzdušný dusík a v neposlední řadě také pomáhají se sekvestrací uhlíku v půdě. Existuje spousta ploch travních porostů (od malých až po velké), které jsou bez jakékoliv zemědělské funkce (přímý zemědělský přínos) a přesto pro nás mají veliký krajinný význam (Carlier et al. 2009).

3.1.2.3 Přirozené

Ve střeoevropských podmínkách rozdělujeme travní porosty na tři skupiny (přirozené, polopřirozené a umělé. Přirozené travní porosty mohou být úplně bez zásahu člověka (porosty klimaxového stádia). Vyskytují se na stanovištích, kde nerostou žádné keře, stromy jedná se o místa např. nad horní hranicí lesa ve vysokohorských polohách (subalpínské porosty, skeletovité půdy, extrémně suché jižní svahy stepního charakteru (Novák 2008).

3.1.2.4 Polopřirozené

Jinak tyto porosty můžeme nazývat semipřirodní, antropogenní, fakultativní nebo sekundární. Vznikly v lesním pásmu pomocí odlesnění – kácení, vypalování apod. Porosty byly využívány člověkem (pastva, seč). Pomocí sukcese by se porosty po opuštění vracely postupně do lesního společenstva, které je jejich klimaxové stádium. Floristické složení je výsledkem nejen ekologických podmínek, půdy, ale i antropogenního vlivu člověka (hnojení, využívání). Tyto porosty vytvořil člověk a několik století se o ně i stará a udržuje je. Dlouhodobým vývojem prošly sukcesními změnami ze stínomilných na světlomilná společenstva rostlin a jsou hospodářsky využívána. Tvoří otevřené a prosvětlené plochy, které se jako hospodářské louky a pastviny udržují pasením nebo alespoň sečí (Novák 2008).

- Pastviny

Jedná se o travní porost, který je hospodářsky využíván v průběhu vegetace, je složený z trav a bylin a využívá se pastvou. Pastva může být kontinuální, do které patří volná anebo rotační pastva (jednoplůtkový systém či víceplůtkový systém) (Novák 2008). Pasoucí se zvířata mohou negativně ovlivňovat půdu. Pastva zvířat dokáže vyrobit tlak, který je srovnatelný se

zemědělskými stroji. Výsledkem je to, že vrchní vrstva půdy na pastvinách může být zhutněna. U porostů, které jsou založené jako trvalé pastviny je malá šance, že dojde ke zlepšení špatných fyzikálních podmínek půdy pomocí zpracování půdy. Proto je důležité porozumět účinkům pastvy na fyzikální vlastnosti půdy a následným účinkům těchto vlastností na růst a složení pastvin (Greenwood et al. 2001).

- Louka

Je hospodářsky využívaný travní porost složený z trav a bylin, louka se využívá sečením a slouží k získání krmiva pro hospodářská zvířata. Pro zvířata se využívá pro přímé krmení nebo na výrobu sena a siláže, také se může využít pro získání fytomasy pro výrobu energie (bioplynu), případně pro výrobu podestýlky – stelivové louky. Přechodná forma louky se může kombinovaně využívat pastvou a sečením (Novák 2008).

Společenstva organismů vyskytující se na loukách mají k dispozici trvalý rostlinný porost pro své potřeby a životní cykly. Platí to i pro živé organismy v půdě, které jsou mnohem rozmanitější než organismy v půdě na polích. Druhovému bohatství lučních porostů přesně odpovídá druhová rozmanitost živočichů, kteří v nich žijí. Pestrá nabídka květů se odráží v pestrém světě motýlů, velkém počtu křísů, cvrčků, čmeláků a včel. Časté sečení a rychlý růst trav snižuje počet druhů, zatímco chudé půdy umožňují jen mírný růst a podporují bohatost. Kulturní louky nejsou téměř nikdy pokryty suchým rostlinným materiálem. Sklizeň trávy zamezuje hromadění nerozložených rostlin a vytváření stařiny nad půdou. Proto louky dokonce v zimě skýtají trochu čerstvé trávy, která se udrží pod sněhovým příkrovem a v prvních teplých jarních dnech začne rašit (Reichholf 1999).

- Trávníky

Jedná se o využívaný travní porost, který je nízkého vzrůstu určený pro technické účely. Trávníky jsou na rozdíl od TTP zakládány na nezemědělské půdě. Trávník je založen převážně z trav (uměle založené sportovní a reprezentativní trávníky však nelze zařadit mezi polopřirozené porosty) anebo se jedná o porost kombinovaný – složený z trav a bylin (krajinné, střešní trávníky a květnaté louky) (Novák 2008). Mezi polopřirozené trávníky můžeme zařadit různé technické trávníky, které jsou využívány jinak než rekreačně, slouží jako nektarodárné porosty a mají speciální režim sečení a údržby.

Trávníky plní celou řadu funkcí, estetická funkce vyplývá z představ a požadavků člověka o jeho obytném prostředí. Parky nebo zahrady, které tvoříme kopírují do jisté míry přirozenou krajinu akorát v menších rozměrech. Trávník téměř vždy tvoří spojující prvek pro jednotlivé plochy (keře, stromy, záhony trvalek). Důležité je určitý poměr, který zaujmají dřeviny a plochy luk (cca 2:3), neboť příliš velká plocha lesa působí temným dojmem a příliš velká plocha bez dřevin naopak jako bezútěšná pláň bez stínu a možnosti úkrytu (Svobodová 2004).

3.1.2.5 Extenzivní travní porost

Tento travní porost může být využíván jako pastvina s 1-2 cykly pastvy, louka s 1-2 sečením na seno anebo extenzivní trávník pro technické účely bez sekání/max 2 sečení ročně je obvykle bohatý na rostlinné druhy. Jedná se o ekologicky příznivou formu využívání krajiny, především pro svět živočichů a rostlin, poskytuje průměrnou až nižší kvalitu píce. Extenzivní porost je spojený s estetickou hodnotou krajiny, zážitky a ochranou nejen podzemních vod. Takové porosty jsou velmi málo hnojeny (převažují organická hnojiva, močůvka). Sečení se provádí během období června a července, druhá seč může být provedena na konci léta. Extenzivní porosty průměrně obsahují 30-45 druhů rostlin na 25 m², dosahují úrody okolo 6 t.ha⁻¹ (Novák 2008).

3.1.2.6 Intenzivní travní porost

Na intenzivním travním porostu můžeme dosáhnout 3–6 sečí ročně, jedná se o intenzivně hnojené sečné louky, pastviny a samozřejmě trávníky. Je pro ně typický rychlý nárůst fytomasy s vysokým obsahem živin. Využívají se na zelené krmení, seno nebo siláž. Průměrně se na nich vyskytuje 15-20 rostlinných druhů na 25m², produkce je 8-12 t.ha⁻¹. Při intenzivním hnojení dosáhneme vysoké produkce nadzemní fytomasy, avšak stabilita porostů je velmi nízká. Intenzivní umělý travní porost se zakládá po orbě a dalším zpracování půdy, nejčastěji setím (Novák 2008).

3.2 Funkce travních porostů

Funkcí travních porostů je mnoho. V dalších kapitolách jsou rozepsány ty nejvíce zmiňované:

- ochrana půdy před vodní a větrnou erozí
- estetická funkce
- hospodářská funkce
- vodohospodářská funkce
- sociální funkce
- ochranná funkce ve vztahu k planetě
- sekvestrace uhlíku
- podpora druhové bohatosti porostů

Mezi další funkce travních porostů můžeme zařadit jejich vliv na psychiku člověka, vytváří prostor k různým sportům a rekreacím, utváří do jisté míry ráz české krajiny. Travní porosty tvoří prostor pro život různých organismů a rostlin samotných. Další velmi zajímavou funkcí je funkce fytotherapeutická, jedná se o léčebnou funkci rostlin, které se vyskytují na trvalých travních porostech. Léčivost rostlin je definována obsahem primárních a sekundárních organických sloučenin, které mohou příznivě působit na hospodářská zvířata i člověka samotného (Novák 2008). Ekostabilizační funkce je významná pro regulaci zásadních ekologických procesů, které jsou potřebné pro udržení života. Rostliny se podílejí na

udržování optimální rovnováhy mezi živou a neživou přírodou, zlepšují životní prostředí a rovnováhu mezi O₂ a CO₂ pomocí fotosyntézy. Také udržují rovnováhu mezi srážkami a výparem pomocí transpirace (Novák 2008).

Aby nedošlo k nevratné degradaci travních porostů, je potřeba na nich hospodařit (Gaisler 2011). Trvalé travní porosty, směs z trávy, dvouděložných rostlin přispívají do značné míry k boji proti erozi, mají vliv na funkci vodního režimu, dále mají estetickou a rekreační funkci (Carlier 2009). Louky a pastviny poskytují celou řadu základních environmentálních výhod, jako je ukládání uhlíku, funkce stanovišť, ochrana kvality podzemní a povrchové vody (Prochnow et al. 2009).

Porosty jsou důležité pro pastvu zvířat, také poskytují prostor pro chov domácích i divokých zvířat. Ve srovnání s plantážemi jehličnatých stromů, které jsou vysázeny s vysokou hustotou, mají pozitivní vliv na doplňování podzemní vody. Ve srovnání s jednoróčními plodinami mají ochranný účinek na kvalitu vody a dobrý vliv na sekvestraci uhlíku v půdě. Chrání půdu před větrnou a vodní erozí a zvyšují úrodnost půdy. Také podporují důležitou biologickou rozmanitost, některé extenzivní travní porosty mají velmi vysokou přírodní hodnotu. Podporují venkovskou ekonomiku a jsou zdrojem obživy pro místní obyvatelstvo. Louky a pastviny jsou esteticky příjemné, poskytují místo pro relaxaci, otevřený prostor a zlepšují kvalitu života celé společnosti (Peeters 2009).

3.2.1 Ochrana půdy před vodní a větrnou erozí

Protierozní funkce travních porostů je zajištěna celoročním pokryvem půdy, který zpomaluje odtok srážkové vody a zvyšuje její vsakování. Travní porosty zajišťují ochranu půdy v inundačních (záplavových) oblastech vodních toků a částečně tak omezují jejich zanášení a eutrofizaci (Mrkvička 1990). Protierozní funkce travních porostů hraje velmi významnou roli hlavně na svazích. Travní porost zajistí díky hustému kořenovému systému odolnost vůči smyvu a větrné erozi (Novák 2008). Odolnost proti erozi půdy je rysem nenarušených, nehnojených ekosystémů. Nenarušené lesní porosty vykazují ztrátu způsobenou erozí 20–100 x nižší než ztráty z hnojených pastvin (Berendse et al. 2015). Tento názor podporuje i Kvítek et al. 1997, travní porosty dokáží snížit účinky eroze asi 100 x oproti orné půdě. Trvalé porosty svým pokryvem a kořenovou soustavou účinně omezují erozi půdy a příznivě ovlivňují strukturu a přirozenou úrodnost půdy. Dále mají schopnost zadržet velké množství srážkové vody, která by jinak rychle odtekla do vodních toků (Gaisler 2011).

3.2.2 Estetická funkce

Estetická funkce travních porostů se uplatňuje v širokém měřítku (vzhled krajiny aj.). V horských a podhorských oblastech zajišťují v makroreliéfu estetický vzhled krajiny porosty holin, v nížinných polohách pak přirozené louky v nivách vodních toků. Omezeně plní estetickou funkci různé trávničky (Mrkvička 1990). Biologická hodnota travních ekosystémů má vliv na estetické hodnoty člověka. V současné době je už známo, zda laici oceňují

rozmanitost druhů, určité jednotlivé druhy nebo přírodu jako celek. Z provedeného experimentu na hodnocení estetické funkce travních porostů vyšlo najevo, že laická veřejnost více oceňuje větší známku porosty, které mají vyšší druhovou diverzitu. Můžeme říci, že rozmanitost rostlin je sama pro člověka atraktivní. Současné snižování rozmanitosti travních porostů v důsledku intenzifikace hospodaření, tak může snížit atraktivitu regionů, kde jsou travní porosty dominantním prvkem krajiny (Lindemann et al. 2010).

3.2.3 Sociální funkce

Sociální funkce travních porostů je významná i v současné době, kdy v okrajových (marginálních) oblastech neustává vysídlování obyvatelstva. Právě travní porosty, které v těchto podmínkách tvoří převážně přirozené fytoocenózy, představují pro člověka trvalý zdroj obživy a možnost jeho existence ve spojení s chovem zvířat (Mrkvička 1990). Travní porosty poskytují prostor pro odpočinek v méně znečištěném prostředí, než které se nachází ve městě. Pro člověka má pobyt na venkově veliký význam, protože se člověk vrací k přírodě. Tyto pocity vedou k rozvoji agroturistiky, která rozšiřuje oblasti vědění o rostlinách, zvířatech, přibližuje postupy zpracování rostlinných a živočišných produktů (Novák 2008).

3.2.4 Hospodářská funkce

Louky a pastviny jsou nadále důležitou formou využívání půdy v Evropě, ale musíme dbát na správné používání systémů a ochranu diverzity. Travní porost plní určité role, jako například roli základní obživy pro býložravce a přežvýkavce (Carlier 2009). V poslední dekádě minulého století došlo k velkému snížení stavů hospodářských zvířat (ČMSCH 2019) a následně k podstatnému snížení intenzity hospodaření na travních porostech. Velká část výměry lučních a pastevních porostů byla ponechána ladem nebo využívána extenzivně. Největší rozlohy nevyužívaných porostů byly v pohraničních horských a podhorských oblastech. Při absenci hospodaření došlo k rozšíření některých plevelných a nežádoucích druhů (např. šťovík tupolistý, pcháč oset, kerblík lesní, aj.), zejména v porostech v předchozím období intenzivně hnojených a narušených a také na samozatrávněných polních úhorech. V současnosti jsou travní porosty obhospodařovány zejména za využití agroenvironmentálních opatření a velká část jich není využívána k přímé zemědělské produkci (Gaisler 2011).

V rozvíjejících se a rozvojových zemích rychle roste poptávka po produkci mléka a masa, která vyvolává rostoucí tlak na travní porosty, takže jejich použití jako krmiva pro zvířata bude mít pravděpodobně přednost před bioenergií.

3.2.5 Vodohospodářská funkce

Vodohospodářská funkce má životně důležitý význam, který spočívá především v zadržování srážkové vody. V našich podmínkách jsou vodní zdroje omezené a z území vody odtékají. Infiltrace dešťových srážek do půd travních porostů je vyšší než u orných půd. Tím je zaručena převážně stálá zásoba podzemní vody, která pozitivně ovlivňuje dostatek vody ve vodních tocích a vodní režim půd v nejproduktivnějších oblastech (Mrkvička 1990). Hustý

system kořenových vláken obohacuje vrstvy půdy o organickou hmotu a podporuje mineralizační proces. Dostatečné množství kořenů v půdě zvyšuje do jisté míry retenční kapacitu porostů (Úlehlová et al. 1981). Travní porosty umožňují stejnoměrný zásak srážkových a záplavových vod v aluviích toků, zapojený porost má o 10 % vyšší pórovitost než orná půda, má lepší půdní strukturu a tím lepší zásak vody – tvoří izolační vrstvu. V oblastech, kde je chudý výskyt srážek mají klíčový význam pro udržení vody v půdě, a tím i pro úrodnost půdy (Kvítek et al. 1997).

3.2.6 Ochranná funkce ve vztahu k planetě

Ve vztahu k hydrosféře je umožněna schopností trvalých travních porostů vytvářet přirozený "biologický filtr". Drnová vrstva omezuje znečištění podzemních vod (a tím i vodních zdrojů) různými chemickými látkami, hnojivy, především nitráty a chrání je i před mechanickým znečištěním smyvem minerálních a organických složek půdy (Mrkvička et al. 1994). Travní porost dokáže zachytit značnou část zdraví škodlivých látek (dusičnany, fosforečnany, biocidy). Také poskytují prostor pro bobovité rostliny, které jsou schopny provádět pomocí půdních bakterií symbiotickou a nesymbiotickou fixaci a pomocí ní vázat atmosférický dusík (Kvítek et al. 1997).

3.2.7 Sekvestrace uhlíku

Pro travní porosty je typický vysoký obsah organické hmoty v půdě. Organická hmota v půdě je důležitým zdrojem živin pro rostliny, můžeme pomocí ní zvýšit produkci rostlin, agregaci půdy, omezit erozi, zvýšit zadržování vody a zvýšit kapacitu kationtové výměny (Kononova 2013). Organická hmota je díky svým vlastnostem důležitou součástí půdy, je regulátorem procesů ekosystému travních porostů. Organická hmota v půdě a uhlík (C) v půdě mají důležitý vliv na rovnováhu mezi vstupy z primární produkce a výstupy pomocí rozkladu (Ojima et al. 1993). Ukládání uhlíku v půdě je výhodné, dojde k odstranění CO₂ z atmosféry a uhlík v půdě má za následek mnoho agronomických výhod. Sekvestrace uhlíku probíhá na všech kontinentech, ačkoli největší potenciál má v Africe a Jižní Americe kvůli značnému množství pastvin v těchto oblastech a příznivému podnebí (Conant et al. 2002).

Faktory prostředí, jako je teplota a dostupnost vody, jakož i správa travních porostů ovlivňují cyklus C na travních porostech tím, že ovlivňují mikrobiální aktivitu půdy a produktivitu rostlin (Fang et al. 2001). Nadměrná pastva negativně ovlivňuje sekvestraci uhlíku v půdě, oproti tomu zavedení mírnější pastvy může zachytit podstatná množství atmosférického C na travních porostech (Conant et al. 2002). Hlavními faktory určujícími množství C izolovaného v půdě jsou: rychlost vstupu organické hmoty, rozložitelnost vstupů organické hmoty, zejména lehké frakce organického uhlíku, hloubka půdy, ve které je umístěn organický uhlík a fyzikální ochrana buď intraagregátních nebo organominerálních komplexů.

Velká část C, která vstupuje do půdy, se vrací do atmosféry dýcháním prováděným kořeny a půdními organismy (Soussana et al. 2004).

3.2.8 Podpora druhové bohatosti porostů

Zachování biologické rozmanitosti travních porostů je klíčovou otázkou politiky EU v oblasti biologické rozmanitosti (Valkó et al. 2012). Přírozená biologická rozmanitost se rychle ztrácí v důsledku antropogenních příčin, včetně ničení přírodních stanovišť, znečištění a šíření nepůvodních druhů (Chapin et al. 2000).

Je všeobecně známo, že rozmanitost rostlinných druhů zvyšuje a stabilizuje výnosy biomasy na travních porostech. Zemědělci mají z rozmanitosti druhů ekonomický prospěch a je dokázáno, že i mírné zvýšení druhové rozmanitosti přispívá ke stabilnější produkci travních porostů (Schaub et al. 2020).

Intenzivně obdělávané travní porosty mají ve většině případů velmi nízkou druhovou diverzitu i když porosty, které jsou založeny v kombinaci ze směsi trav a jetelovin, mohou mít vyšší produktivitu a kvalitu rostlin než porosty, které jsou složeny pouze z trav (Elgersma et al. 2016). Biodiverzitu lučních porostů lze uchovat několika způsoby, od ochrany historických tradičně obhospodařovaných luk až po zřízení nových lučních biotopů obhospodařovaných pomocí moderních strojů (Martensson 2017).

Druhově bohaté porosty se v soustavě zemědělského hospodaření příliš neuplatňují, neboť v minulých letech byl dáván především význam na produkční složku těchto porostů.

V současné době už dochází, k jakému si prozření, kdy si začínáme uvědomovat důležitost těchto porostů. Mají důležitý význam pro homeostatickou stabilitu (rovnováhu) krajiny, protože tyto porosty podporují stabilní koloběh hmoty, což má vliv na všechny další složky přírodního prostředí, nevyjímaje ani kvalitu vody.

Druhově bohaté porosty jsou velmi důležitým genovým zdrojem. Intenzita druhové degradace je dána mnoha okolnostmi (např. zvýšené rozorání TTP, aby došlo ke zvýšení výměry orné půdy a dosažení soběstačnosti ve výrobě obilnin v minulém režimu). Z důvodu rozšiřování orné půdy, také docházelo k odvodňování luk a pastvin, aby se zvýšila únosnost půdy pro mechanizaci. K mizení druhů také postupně docházelo pomocí zvyšování dávek průmyslových hnojiv. Trvalé druhové louky, ale nezískáme tím, že je přestaneme úplně obhospodařovat, protože konečným stádiem druhové sukcese by bylo na většině našeho území lesní společenstvo (Kvítek et al. 1997).

Floristické složení pastvin je v porovnání s lučním porostem méně bohaté na druhy, což vyplývá z možné selektivní pastvy zvířat a sešlapáváním porostu, na které jsou některé druhy více citlivé. S nadmořskou výškou se snižuje druhová diverzita horských trvalých travních porostů. Změnu druhové diverzity taky ovlivňují exkrementy zvířat (Novák 2009).

3.3 Pratotechnika

Vytvoření relativně stabilního lučního společenstva není otázkou jednotlivých let, ale spíše desítek let. Prvořadým úkolem při ochraně lučních porostů, je cílem chránit louky, které už

existují jako zdroj semenného materiálu pro přirozené šíření druhů v krajině. Hlavní možnosti udržení nebo zlepšení prvků druhově bohatých luk spočívají v jejich minimální, avšak cílevědomé, odborně vedené pratotechnice (Kvítek et al. 1997).

3.3.1 Zakládání lučních porostů

Trávy a jeteloviny do směsí vybíráme podle délky a intenzity využívání lučního porostu. Krátkodobé využívání má délku maximálně 3 roky, dočasné využívání trvá 3–7 let, dlouhodobé je využíváno více jak 7 let. Výběr komponentů závisí na stanovištních podmínkách – je důležité udělat ekologickou analýzu, při které bereme v potaz půdní, klimatické a vlhkostní poměry, dále půdní poměry (druh půdy, obsah živin) (Novák 2008). Historicky se osivo šířilo mezi populacemi pomocí pohybu sena (vítr, rozfoukání), pastvou zvířat a zemědělci, kteří sdíleli své vybavení pro obhospodařování luk. Tyto způsoby rozšiřování se v dnešní době téměř už nevyskytují. V současné době dochází k zakládání luk semenem nebo výsadbou. Výsadba se však neprovádí v našich podmínkách, volíme výsev semen. Bylo zjištěno, že místo sběru semen je důležité pro založení a přežití porostu, je proto velmi důležitý výběr dárcovské louky, která poskytne semeno k výsevu (Wallin et al. 2009). Využití samovolné sukcese pro zalučnění ploch je vhodné pro nepříliš velký areál, který je v sousedství druhově bohatých porostů. V oblasti Moravských Kopanec (Bílé Karpaty) patřila tato metoda k tradičnímu způsobu hospodaření. Tento způsob urychlíme vyklepáváním sena z okolních porostů. Další možností je použití regionální směsi, kterou budeme podporovat danou lokalitu a bude respektovat přírodní a vegetační poměry dané lokality (Kvítek et al. 1997).

- Běžná obnova

Při běžné obnově (rekonstrukci) již existujících porostů může jít o opuštěný porost, který nebyl celou řadu využíván nebo jde o využívanou louku s malým počtem druhů (Kvítek 1997). Do fungujících porostů používáme tzv. přísev (dosev), kterým doplníme chybějící druhy do travního porostu. Je dobré také zmínit, že přísev druhů je na řadě lokalit neefektivní, a to především při nedostatku vláhy a dále i na vlhčích okrcích mezofytních stanovišť, zejména při zrašeliněné vrstvě v seťovém lůžku (Kvítek 1997). Před samotným výsevem musíme důkladně prozkoumat stanoviště a uvážit vhodnost druhů, které chceme vysít nebo doplnit. Travní porost se od pátého roku pomocí vytrvalých výběžkatých druhů a rozšířením bylinné složky ze semen v půdní zásobě postupně stabilizuje (Novák 2008).

- Radikální obnova

K radikální obnově se přikláníme v případech, kdy stávající porost už nemůže být zlepšen (např. silné zaplevelení). Nový výsev můžeme provést přímo do půdy, která je zpracována orbou a má připravené předseťové lůžko. Zrušení starého porostu a

založení nového je velmi finančně náročné a přináší celou řadu rizik – eroze půdy, rozklad humusu, proplavování živin do drenáží a podzemních vod. Nové porosty můžeme založit běžnými nebo bezorebnými secími stroji. V případech, kdy se nový porost zakládá na místech, kde byl výrazně narušen půdní profil (stavební činnost, skládka), je třeba nechat půdu slehnout delší dobu a doporučuje se pozemek využívat pro polní účely dva roky (Kvítek 1997). Při radikální obnově je důležité nejprve pomocí herbicidu zlikvidovat konkurenční, silně rostoucí plevely, které se nám vyskytují na pozemku, který má být obnoven. Regulaci pomocí herbicidů provádíme při suchém, slunečném počasí a v období, kdy rostliny mají dostatečně velkou listovou plochu. Je potřeba nechat dostatečně dlouhý odstup mezi fázemi úpravy půdy, abychom mohli pozorovat jaké plevelné druhy nám na pozemku klíčí a kolik jich vzejde z půdní zásoby.

Radikální obnova je problematická v místech, kde je balvanitá, zamokřená půda nebo se provádí na svahu s velkým sklonem (Novák 2008).

3.3.2 Způsob údržby trvalých travních porostů

Mezi vhodná opatření pro většinu druhově bohatých porostů patří smykování na jaře. To zvyšuje užitkovou plochu po krtincích nebo výkalech, umožňuje nižší sečení, a navíc rozhrnutá zemina omezí neproduktivní výpar, pohnojí porost a vyklíčí v ní řada druhů bylin. Požadavkem na kombinovaný článkový lučně pastevní smyk je, aby dobře kopíroval terén, shrnoval a rovnoměrně rozprostíral zeminu. Je zde třeba zcela vyloučit vláčení, které vede k vytrhávání klíčících rostlin a poškozuje odnožové orgány (Kvítek et al. 1997). V současné době lze využívat pro ošetřování porostu prutové brány.

- Pastva

Pastva patří mezi jednu z možností, jak využívat travní porosty. Pastva podporuje travící trakt přežvýkavců. Intenzitu obhospodařování TTP pastvou je nutné přizpůsobit místním podmínkám. Správná organizace pastvy musí vyrovnávat měnící se sezónní intenzitu nárůstu trávy a uvádět je do souladu s potřebami zvířat. Pastevní systémy lze rozdělit na: rotační pastvu, kontinuální pastvu, extenzivní pastvu, intenzivní pastvu, nátlakovou pastvu a volnou pastvu (Kvítek et al. 1997). Skot a jiní velcí přežvýkavci spásají porost méně výběrově, ale problémem je, že se vyhýbají místu s exkrementy, a tak dochází ke vzniku tzv. nedopasků. Ovce je selektivní spásač při pastvě na vzrostlejší vegetaci se vyhýbá kvetoucím travám na rozdíl od koz. Ovce a kozy ve srovnání se skotem působí na pozemek přibližně 3 x nižším tlakem (100-150 kPa) (Novák 2009).

- Sečení

Sečné využívání luk patří mezi základní využívání lučních porostů. Regenerace porostu po sečení závisí na ponechané výšce strniště, vegetační fázi rostlin a počtu sečí ročně. Čím více máme sečí ročně tím je vyšší intenzita obhospodařování porostu (Novák

2008). Technické sestavení sekačích zařízení výrazně ovlivňuje druhovou diverzitu organismů, především zvířat a bezobratlých. Podle studií se doporučuje používat žací lišty, protože oproti cepové a rotační sekačce způsobují poloviční úmrtnost organismů. Jako velmi vhodná metoda pro ochranu organismů se doporučuje nechat na pozemku neposekané travní pásy, které poskytují úkryt (Humbert et al. 2009). Sekání je pro travní porost velmi stresující, čím ostřejší je sečný nástroj, tím více podpoříme rychlejší zahojení ran travního porostu (roztřepené konce trávy se regenerují pomaleji).

Další faktor, který ovlivňuje porost během sečení je samotná výška seče v porostu, u lučních porostů je tato výška stanovena na 60 mm. Nižší sečí by došlo k poškození odnožovacích uzlů a rezervních orgánů v bazální části. Takto poškozené porosty jsou ideální pro tvorbu prázdných míst a pomáhají k rozšiřování plevelných druhů (především těch které mají listovou růžici) (Novák 2009).

Termín seče určují druhy, které se vyskytují na daném stanovišti, seč mohou ovlivnit i živočichové (např. jsou to místa s výskytem modrásky bahenního nebo modrásky očkovaného, jejichž housenky jsou po část života vázány na krvavec toten). Seč v červenci a v první půli srpna totiž likviduje vajíčka nakladená na krvavcích, případně již vylíhlé housenky (Piro et al. 2009)

První seč závisí na konkrétním složení porostu a druzích rostlin, některé druhy mají během první seče ukončení růst a můžou být dokonce odkvetlé, jiné druhy začínají nakvétat a jiné jsou teprve svým vývojem na začátku. Druhá seč probíhá v brzkém létě anebo až na podzim (záleží na intenzitě růstu). Některé duhy snesou vyšší frekvenci sečení (*Lolium perenne*, *Poa pratensis*, *Trifolium repens*) (Novák 2009).

- **Kombinovaná údržba**

Jedná se o systém, kdy travní porost využíváme střídavě sečením a pastvou. Pastva se zařazuje nejčastěji po druhé případně následující seči. Pastvou je možné obohatit nižší porostové patro o nízké výběžkaté trávy a zlepšit zapojení porostu. Touto údržbou také můžeme zvýšit podíl leguminóz, snížit nadměrný podíl méně hodnotných dvouděložných druhů a dosáhnout vhodného utužení půdy. Tento způsob obhospodařování TTP se využívá tam, kde z klimatických nebo organizačních důvodů není možné sklízet druhé a třetí seče (VÚZT 2007).

Je třeba si ale uvědomit, že pastva sice udržuje řadu typů stanovišť s velkým počtem vzácných druhů živočichů a rostlin, zároveň však tyto organismy někdy přímo likviduje. Pasoucí se dobytek ptákům hnízdícím v travních porostech rozšlape vejce i mláďata, stejně tak jako mnohé bezobratlé. Většina housenek, které dobytek nerozšlapal, pak nakrátko spaseném trávníku nenajde vhodnou potravu a pomře hladu (Mládek et al. 2006).

- **Mulčování**
Mulčování je proces, při kterém je travní hmota rozsekána a malé kousky, ale není z porostu odstraněna – postupně vysychá a ztratí se ve strništi. Mulčování se nejčastěji provádí na málo výnosných či extenzivních porostech. Lze mulčovat i zaplevelené prostory, ale vždy před dozráním generativních orgánů. Mulčování přináší do porostu spoustu výhod, např.: zabraňuje degradaci TTP, dodáváme jím organickou hmotu, podzimní mulčování chrání porost v zimním období, urychluje dorůstání a zmlazování porostu. Mulčování, byť nepravidelné – střídavé, je prostředkem k zachování druhové diverzity specifických lučních asociací. Každý extrém ohrožuje existenci druhů a společenstev, rozšiřují se původní plevele, např. šťovíky, ale i invazní druhy jako bolševník velkolepý a křídlatka. Ošetřované travní porosty pomáhají vytvořit pestrou, obytnou a kulturní krajinu, druhově bohatou a geneticky rozmanitou s možností růstu a vývoje pro všechny živé organismy (Fiala 2007).
- **Smykování**
Smykováním upravujeme terén (např. uhlazení krtinců a rozprostření výkalů na jaře). Při smykování je důležité nepoškodit travní drn (VÚZT 2007). Pokud se na pozemku vyskytují se zvýšenou četností prázdná místa, můžeme během smykování ručně přisít prázdná místa (Novák 2008).
- **Válení**
Válení se využívá u lehkých půd, kde se snažíme zlepšit kapilární vzlinavost. Válení využíváme také při dosevu, přesevu a můžeme jím regulovat výskyt plevelů. Nepatří mezi základní opatření, která jsou využívána na loukách a pastvinách, spíše se využívá při úpravě sportovních trávníků.
Válení je, ale ovšem důležité na nově založených porostech v prvních dvou letech. Při válení na jaře zatlačíme obnažené kořeny u povrchu půdy hlouběji do země a můžeme uchránit porost před vymrznutím (Novák 2008).
- **Vláčení**
Užívá se účelně pro rozprostření mrvy na pozemku. Pomocí vláčení rozrušíme krustu, která mohla vniknout na pozemku, kde byla aplikována silná vrstva kejdy. Využijeme ho pro odstranění silné vrstvy mechu nebo stařiny na pozemku, následně se provádí přesev nebo přisev (VÚZT 2007).
- **Hnojení**
Výrazně ovlivňuje druhové složení porostů a tím i kvalitativní a kvantitativní stránku produkce. Celkový úspěch hnojení závisí na původním stavu travního porostu, jeho

zásobení vodou, na klimatických a půdních podmínkách. (VÚZT 2007). Hnojení bude více rozebráno v následujících kapitolách.

3.4 Hnojení travních porostů

Mateřská hornina je hlavní dodavatel prvků, ale složení půdy nemusí odpovídat mateřské hornině. Rychlost příjmu prvků závisí na koncentraci, rychlosti difuze a transportu v půdě. Do půdního roztoku se živiny dostávají s opadem, rozkladem organické fytomasy pomocí mikroorganismů, mateřskou horninou a podzemní vodou. Z půdního roztoku se živiny ztrácí vymýváním. Živiny z půdy, také odčerpáváme úrodou, proto je nutné je vrátit zpět do půdy pomocí průmyslových a hospodářských hnojiv. Výživa rostlin výrazně ovlivňuje fotosyntézu a odolnost vůči abiotickým faktorům (Novák 2008).

Dlouhodobé hnojení lučních porostů ovlivňuje druhové složení, výnosy a obecnou pratotechniku (Mrkvička & Veselá 2002). Vliv na porost má i termín aplikace dusíkatých hnojiv. Je nutné si uvědomit, že s aplikací hnojiv ovlivníme růst biomasy, ale pokud dojde k aplikaci v nevhodnou dobu, dochází i k ovlivnění vnitřní struktury rostlin. Může dojít ke snížení stravitelnosti vlivem vyššího obsahu vlákniny (Brummer et al. 2009). Hnojením neovlivňujeme jen rostliny samotné, ale také můžeme ovlivňovat celá přirozená společenstva rostlin. Bylo zjištěno, že hnojením ovlivníme i odolnost rostlin vůči houbovým patogenům. Je prokázáno, že některé citlivé druhy rostlin, byly z porostu vyhubeny patogenem právě při nadměrném používání hnojiv (Liu et al. 2017).

Samotným hnojením, zejména dusíkem zvýšíme primární produktivitu porostu, ale dochází ke snížení bohatosti druhů na určité úrovni. Hnojení má několik přímých a nepřímých účinků jak na růst a vývoj jednotlivce, tak i na celou rostlinou komunitu (Xu et al. 2015). Množstvím živin ovlivňujeme i floristické složení porostu. Na plochách, které jsou intenzivně hnojené (především dusíkem) dochází k úbytku bylinných druhů. Na takových plochách dochází k potlačování bylin vysokými travami a najdeme zde velmi malé množství druhů. Kromě floristických změn má hnojení také vliv na koncentraci minerálů v travních porostech (Schellberg et al. 1999).

Pohyblivost živin v půdě silně ovlivňuje kyselost půdy, která se přirozeně zvyšuje pod trvalými travními porosty z důvodu působení kyselých atmosférických srážek na jílové minerály. K okyselování půdy také dochází absorpcí kationtů a exudátů pomocí kořenů rostlin. Zvyšující se kyselost půdy snižuje růst kořenů (Marschner 2011).

Při sečném využívání porostů, pokud nejsou pravidelně hnojené, dochází postupně k ochuzování půdy o N, P, K, Ca a Mg. V porostech, kde se využívá pastva jako způsob obhospodařování se vrací část živin zpět, především draslík pomocí tuhých a tekutých výkalů pasených zvířat. Organické látky, které jsou obsažené v hospodářských hnojivech slouží, na rozdíl od průmyslových jako potrava pro různé půdní organismy (koprofágové, denitrofágové). Vliv hnojení se projevuje jednak na vzhledu travního porostu, ale také na kvantitativních změnách úrody nadzemní fytomasy. Výživou rostlin také ovlivníme

koncentraci minerálních a organických látek v sušině. To pak souvisí s nutriční hodnotou porostu (v čerstvém nebo sušeném stavu) (Novák 2008).

Před samotným hnojením travních porostů je důležité brát v potaz i hnojení, které již proběhlo. Je známo, že dusík a draslík se řadí mezi takzvané mobilní prvky a jejich mobilita souvisí s vertikálním tokem vody v půdě a potencionální absorpce rostlinami je vysoká. Díky jejich mobilitě dochází k největším ztrátám z půdy pomocí vyplavování, které má i jeden z největších významů pro dopad na životní prostředí. Naopak když porovnáme fosfor s dusíkem a draslíkem zjistíme, že nepatří mezi mobilní prvky a nedochází k jeho vyplavování. Fosfor je do určité míry schopen hromadit se v půdě v případech, když by došlo k jeho větší dávce při hnojení, než potřebuje rostlina (Speidel et al. 1972).

3.4.1 Vliv makroživin na porost

Mezi takzvané makroživiny můžeme zařadit dusík, draslík, fosfor, vápník, hořčík, síru, železo (Novák 2008). Z makroživin nám nejvíce porost ovlivňuje dusík, je dobře viditelný jeho nadbytek i nedostatek. Makroživinám se budu podrobněji věnovat v dalších kapitolách.

3.4.1.1 Dusík

Patří mezi základní stavební prvek a ze všech živin se nejvíce podílí na tvorbě a kvalitě nadzemní produkce. Zároveň je limitujícím faktorem pro růst a výživu. Zvyšuje intenzitu fyziologických, biochemických pochodů a tvorbu dusíkatých látek v rostlinách (Novák 2008). Přidáním dusíku do půdy výrazně ovlivníme růst rostlin, ale zároveň dochází ke ztrátě některých druhů rostlin z porostu. Je to dáno tím, že dusíkem podpoříme především růst trav a dojde k zastínění spodního patra, kde se vyskytují především různé druhy bylin, kterým stinné stanoviště nevyhovuje (Xiao et al. 2021). Je potvrzeno, že využívané luční porosty mají velikou retenční schopnost. Dokáží zabránit úniku nitrátového dusíku do spodních vod a tím představují významný stabilizační prvek pro krajinu (Mrkvička et al. 2007).

Travní porost reaguje na přísun dusíku změnou počtu druhů, zvyšuje se produkce nadzemní biomasy, snižuje se podíl jetelovin a citlivých druhů. Naopak se zvyšuje podíl vzrůstných druhů trav a nitrofilních druhů bylin. Dusík pozitivně ovlivňuje tvorbu a počet nových odnoží trav, které se podílejí na výsledné hustotě porostu. Vlivem dusíku dochází k prodlužování stonku a zvyšování hmotnosti. Na hnojení dusíkem nejlépe z trav reagují *Dactylis glomerata*, *Alopecurus pratensis*, *Arrheranthemum eatius*, *Poa pratensis* a *Briza media*. Naopak dochází k potlačování *Anthoxanthum odoratum*, *Carex hirta*, *Luzula campestris*. Hnojením dusíkem také trpí jeteloviny, které jsou zastíněny vysokými rostlinami, nejčastěji právě travami. Dusík podporuje vybarvení trav (přehnojené jsou sytě zelené) (Novák 2008). Ve smíšených porostech trav a jetelovin hraje dusík důležitou roly. Množství, které je v půdě ovlivňuje biologickou fixaci dusíku v krátkodobém i dlouhodobém horizontu. Z krátkodobého hlediska dochází k nárůstu anorganického dusíku v půdě za sucha a při použití dusíkatých hnojiv, což vede ke snížení biologické fixace dusíku. Konkurence trav snižuje produkci leguminóz a

biologickou fixaci dusíku. Leguminózy obohacují půdu o dusík převážně rozkladem kořenů a nódy (hlízký) (Ledgard & Steele 1992). Intenzivně využívané louky se hnojí cca 2 x ročně a bere se v potaz procentuální podíl jetelovin a vypočítává se i zůstatek zanechaného dusíku v půdě. Celková potřeba dusíku by neměla překročit dávku 170 kg.ha⁻¹ (Novák 2008).

3.4.1.2 Draslík

Draslík řadíme mezi první tři nejdůležitější prvky, které jsou podstatné pro správný stav travního porostu. Ovlivňuje produkční schopnost rostlin. Je důležitým prvkem, který řídí buněčnou stavbu a ovlivňuje biochemické a fyziologické procesy v rostlinách. Podporuje odolnost vůči suchu, nízkým teplotám, vláhovému deficitu (otvírání, zavírání průduchů), chorobám a škůdcům, poléhání a zlepšuje zdravotní a kvalitní stav porostů.

Příznivě ovlivňuje floristické složení porostu, podporuje rozšíření hodnotných druhů v porostech jako jsou: *Trifolium repens*, *Trifolium pratense*. Ale naopak vysoká koncentrace v rostlinné fytomase vede ke snižování kvality stravy pro zvířata. Vysoká koncentrace draslíku v půdě vyhovuje plevelnému druhu *Rumex obtusifolia* (Novák 2008). S obsahem draslíku v půdě souvisí i vznik možného konkurenčního vztahu mezi *Lolium perenne* a *Trifolium pratense*. Konkurenční vztah souvisí i s morfologií kořene, ale také s tím, jak veliký je obsah dostupného draslíku v půdě. Vzhledem k větší délce a morfologii kořene je *Lolium perenne* významným konkurentem *Trifolium pratense* zejména na půdách kde je nízký obsah K⁺ (Mengel & Steffens 1985).

3.4.1.3 Vápník

Pro zachování organických látek v půdě, pro výměnu látek v rostlinách jsou potřeba vyšší dávky vápníku, které je nutné do půdy dodat. Množství vápníku v půdě má být vyšší než jeho obsah v rostlině.

Vápník se podílí na stavbě kostry rostlin, zpevňuje buněčnou stěnu a rostlinná pletiva. Má malý vliv na druhové složení porostů. Transpirací se dostává jen do xylému a cévních svazků rostlin a má význam jako stavební a funkční prvek (aktivátor enzymů, hospodaření s vodou). Nadměrné zásobení vápníku v půdě společně ve spojení se suchem v travních porostech může příležitostně způsobit nedostatek mikroelementů např. Cu na písčitéch a rašelinových půdách, Mn a Zn na lehkých půdách. Mezi kalcifóbní rostliny můžeme zařadit například *Holcus lanatus* (Novák 2008). Vápnění je důležité u porostů, které se vyznačují kyselou půdní reakcí. Aplikace vápenatých hnojiv v návaznosti na optimální dávku NPK živin na trvalých travních porostech s kyselou půdní reakcí zvyšuje produkci nadzemní fytomasy, ale aplikované samostatně nepřinášají očekávaný efekt (Novák 2008).

3.4.1.4 Hořčík

Hořčík je velmi důležitý pro tvorbu chlorofylu (zelené barvivo). Zabezpečuje optimální průběh fotosyntézy. Aktivuje enzymatické reakce, podporuje příjem fosforu z půdy a jeho

využívání rostlinou. Při nedostatku hořčíku můžeme na listech pozorovat tzv. chlorózy (Novák 2008).

3.4.1.5 Fosfor

Fosfor dokáže do jisté míry eliminovat problémy způsobené při vyšším obsahu dusíku, zvyšuje pružnost listových čepelí a podílí se na regeneraci kořenového systému. Rostlina ho potřebuje při zakořeňování, klíčení a při tvorbě kořenového systému. Zvyšuje odolnost k nízkým teplotám. Hnojením fosforem můžeme mírně zvýšit podíl jetelovin na úkor ostatních druhů, což příznivě působí na krmnou hodnotu porostu (Novák 2008). Dle výzkumu na evropských pastvinách fosfor ovlivňuje biologickou rozmanitost rostlin. Ztráta biologické rozmanitosti je většinou spojována s dusíkem, ale dle tohoto výzkumu by měla být upřena i větší pozornost na obsah fosforu v půdě. Byly zjištěny prahové hodnoty fosforu, při kterých zůstává biologická rozmanitost konstantně na nízké úrovni (Ceulemans et al. 2014).

Cyklus fosforu je důležitý z hlediska funkčních skupin rostlin v travních systémech. Vysokou poptávku po fosforu vytváří jeteloviny. Protože náklady na energie (spojené s N_2 fixací) jsou dodávány syntézou ATP, kde fosfor hraje svojí nezastupitelnou úlohu.

Dostupnost P v půdě se může časem měnit kvůli pravidelnému odstraňování živin při sečení a sklizni travních porostů a neustálému vyčerpávání zbytků fosforečných hnojiv. Je proto pravděpodobné, že se mění konkurenční interakce mezi rostlinnými druhy – hlavně díky dostupnosti zdrojů – a snížená dostupnost fosforu časem také moduluje účinky rozmanitosti rostlin (Sattari et al. 2016).

Při nízké zásobě fosforu můžeme hnojit do zásoby až na dva roky pomocí superfosfátu. (Novák 2008).

3.4.2 Nedostatky a nadbytky živin v porostech

Nadměrným hnojením dusíkem dochází ke snižování obsahu sušiny a zvyšují obsah vlákniny, snižují chutnost, obsah vodorozpustných sacharidů a tím i případnou silážovatelnost. Při velkých výnosech je důležité sledovat koncentraci dusičnanů, která by neměla překročit hranici 0,25 % v sušině. Přehnojený porost se také stává více náchylný na houbové choroby, týká se to především přehnojování před zimou, kdy jsou rostliny nevyzrálé a může dojít i k vymrzání. Při nedostatku fosforu jsou rostliny křehké, málo pružné a lehko poškoditelné, právě v travních porostech. Hnojením můžeme vyvolat pozitivní sukcesi, při které dojde k rozšíření vysoko produkčních a kvalitních druhů anebo negativní sukcesi se zastoupením převážně plevelných až ruderalních druhů, které znehodnotí krmnou hodnotu porostu. Při velmi vysokých dávkách hnojiv se porosty zjednodušují, radikálně ustupují byliny a dominanci přebírá floristická skupina trav. Když zanedbáme pravidelnou kontrolu a dovolíme, aby se na prázdných místech, která vznikla ústupem bylin vyskytly, semena širokolistých plevelů dojde k tomu, že porost směřuje k ruderalizaci (Novák 2008).

U travních porostů, které jsou pěstovány zejména pro seno, dochází k velkému odčerpání živin z půdy, zejména se jedná o dusík a fosfor. Na pastvinách dochází, také k odčerpání živin,

ale 85–90 % se vrátí zpět do půdy ve formě hnoje a moči. Vzhledem k tomu to faktu je jiný režim hnojení na různých porostech. Jeteloviny jako je vojtěška a jetel mají schopnost přijímat dusík z atmosféry pomocí symbiotických bakterií a převést jej do formy využitelné rostlinou. Pěstováním směsí z trav a pícnin snižujeme množstvím nutného hnojení dusíkatými hnojivy.

Hnojení fosforem, draslíkem, sírou a mikroživinami by mělo probíhat vždy na základě aktuálních údajů z rozboru půdy. Na pastvinách jsou tyto údaje relativně stabilní anebo alespoň klesají pomaleji v porovnání s pozemkem, kde pěstujeme porost na seno. U pastvin by se měl dělat rozbor půdy jednou za tři roky a u porostů na seno každoročně.

Nedostatky mikroživin zinku, železa, mědi, manganu a boru jsou v travních porostech vzácné. Pouze půdními rozborů můžeme zjistit, jestli je nějaký mikroprvek v nedostatku (Koenig et al. 2002).

Při nadbytku draslíku se narušuje proces fotosyntézy, snižuje se obsah vodorozpustných sacharidů, zhoršuje se chutnost a stravitelnost pro zvířata s vyšším zastoupením ruderálních druhů. Na pastvinách se proto hnojení draslíkem vynechává a na loukách se aplikuje podle zásoby v půdě. Vápnění zvyšuje podíl plnohodnotných trav a bylin, podporuje fixaci N_2 jetelovinami a podporuje přirozené působení živin v půdě. Také podporuje druhovou diverzitu a stabilitu trvalých travních porostů (Novák 2008). Snižování obsahu živin v půdě zpravidla vytváří příznivé podmínky pro zvyšování druhové diverzity porostu. Při vysokých koncentracích živin v půdě a při intenzivním využívání sečením nejsou dvouděložné rostliny schopny konkurovat travám. Lze předpokládat, že u většiny druhově bohatých společenstev bude potřebné po určité době přistoupit alespoň k mírnému přihnojení pro setrvalý vývoj společenstva (Kvítek et al. 1997).

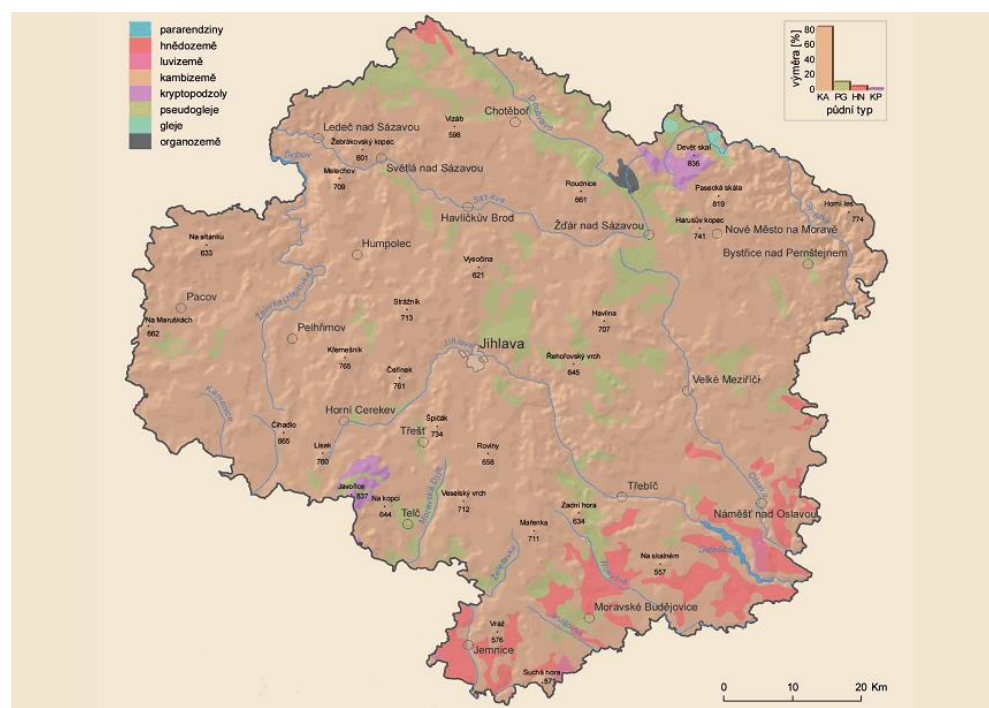
4 Metodika

4.1 Charakteristika stanoviště

Pokus je založený na konci obce Senožaty. Senožaty se nacházejí v kraji Vysočina a patří k okresu Pelhřimov. Můžeme je nalézt cca. 10 km od většího města Humpolce. Obec má 768 obyvatel (<https://www.czso.cz/csu/czso/home>). GPS souřadnice jsou 49.569069N, 15.198014E. Obec leží v nadmořské výšce 460 m. n. m.

Dle půdních map (obr. 1 a 2) se pokus nachází na území, kde je půdní typ pseudoglej (www.mzp.cz).

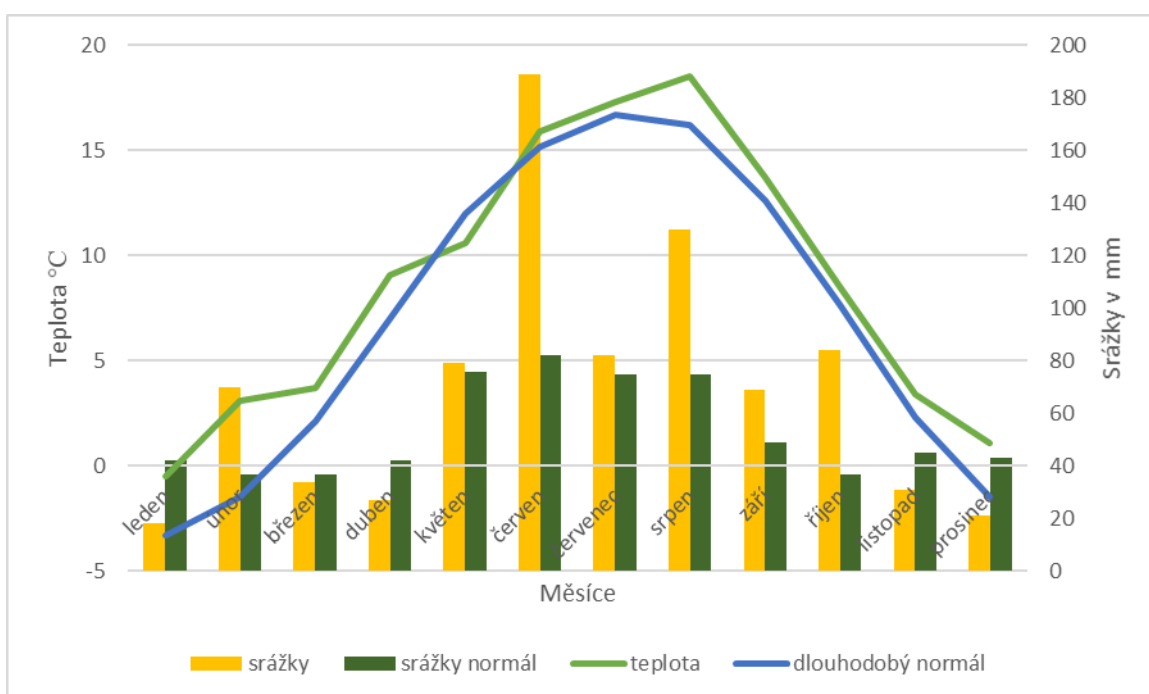
Na území pokusu se nachází hlinitopísčité půda. Pokus leží v blízkosti rodinného domku poblíž polní cesty (Obr. 5). Průměrná hladina spodní vody je 0,3 m a 1 m během vegetace. Pokusný luční porost je typ tzv. *Arrhenatherion elatioris*. Průměrná teplota za rok 2020 byla 8,7 °C a průměrný roční úhrn srážek byl na území kraje Vysočina 834 mm srážek.



Obr. 1 – Ukázková mapa kraje Vysočina s rozšířením půdních typů (www.mzp.cz)



Obr. 2 Detailní mapa půdních typů u obce Senožaty (<https://mapy.vumop.cz/>)



Graf č. 1 nám ukazuje průběh teplot a srážek v roce 2020 v porovnání s dlouhodobým normálem (1961-1990) v kaji Vysočina.

Hlavní rozdíly byly hlavně u srážek v měsíci červnu. Minulý rok spadlo 189 mm srážek, ale dlouhodobý normál vykazuje 82 mm. Je zde patrný rozdíl 107 mm. Za nejsušší měsíc můžeme považovat leden 2020 (18 mm srážek) a z dlouhodobých normálů s úhrnem srážek 37 mm jsou na prvních místech měsíce únor, březen, říjen.

Nejnižší průměrná teplota v roce 2020 byla naměřena v lednu (-0,5 °C) to odpovídá i dlouhodobému normálu, také v dlouhodobém normálu byla nejnižší průměrná hodnota naměřena v lednu (-3,3 °C). Naopak nejvyšší teplota byla v roce 2020 naměřena v srpnu (18,5 °C) a z hlediska dlouhodobého normálu v červenci (16,7 °C).

4.2 Založení pokusu

Tento dlouhodobý pokus byl založen v roce 1976. Na parcele nalezneme celkem 6 pokusných variant ve čtyřech opakováních. Aby byl pokus objektivní, byl založen na tzv. randomizaci neboli se jedná o metodu znáhodnění půdních bloků, pokusná parcela je rozdělena do znáhodněných bloků.

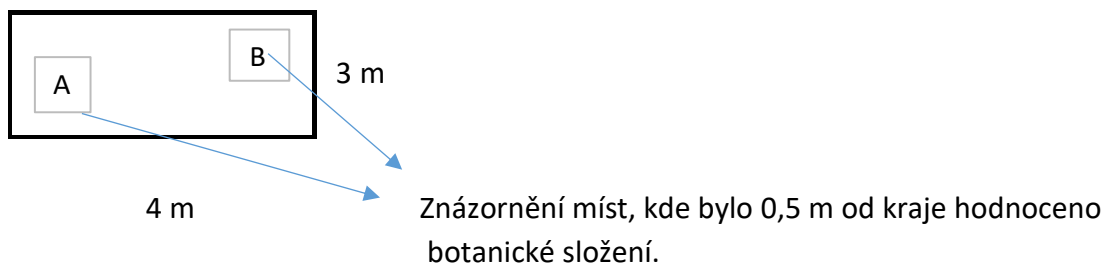
Do roku 1991 se na pozemek aplikovaly dvojnásobné dávky dusíku v porovnání se současnou dávkou. Došlo ke změně velikosti parcel k pozorování pokusu, do roku 1991 byla výměra jedné parcely 24m², 6x4 m a od roku 1992 je výměra jedné parcely 12m², 4x3 m. V současné době se na polovině parcel sleduje vliv reziduálního hnojení. Má práce se zabývá zbývající polovinou parcel, které jsou pravidelně hnojené a bylo na nich sledováno nejen botanické složení, ale i další faktory.

Na pozemku najdeme celkem šest variant pokusu (viz obr. 3): kontrola (nehnojená), PK, N50PK, N100PK, N150PK, N200PK. Hnojení dusíkem se provádí na jaře a dusík je aplikován ve formě ledku amonného s vápencem ($\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$). Fosfor se aplikuje na podzim ve formě superfosfátu ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4$) – 40 kg.ha⁻¹. Na podzim se také hnojí draslíkem ve formě draselné soli (KCl + NaCl) 100 kg.ha⁻¹. Hnojiva jsou do porostu aplikována ručně.

Obr. 3 Plánek rozmístění jednotlivých variant na pokusu v Senožatech

kontrola	N150PK	N200PK	PK	N50PK	N100PK
N200PK	PK	N50PK	N100PK	kontrola	N150PK
N100PK	kontrola	N150PK	N200PK	PK	N50PK
PK	N50PK	N100PK	kontrola	N150PK	N200PK

Obr. 4 Schéma hodnocení botanického složení na jedné parcele



Obr. 5 Pohled na pokusné parcely směrem k poli



4.3 Sledování botanického složení

Sledovaný porost patří do svazu *Arrhenatherion elatioris* (Chytrý 2007).

Hodnocení botanického složení probíhalo těsně před první sečí (4.6.2020). Na vybraných variantách pokusu došlo k hodnocení procentního zastoupení jednotlivých skupin. Následně se do předtištěných formulářů zaškrťávají jednotlivé druhy, které se v dané variantě vyskytují. Ke konkrétním druhům se doplní i procento pokryvnosti.

Hodnocení probíhá metodou projektivní dominance, která zachycuje skutečnou pokryvnost jednotlivých druhů. U této metody může celková pokryvnost porostu přesáhnout 100 %, protože se jednotlivé rostliny mohou překrývat. Vlastní hodnocení proběhlo pomocí čtverců o hraně 1 x 1 m, které se přiloží na dvě místa 0,5 m od kraje porostu (nejčastěji naproti sobě, názorná ukázka Obr. 4 a 6). Na pozemku jsme sledovali také celkový počet druhů. Druhy byly rozděleny do následujících agrobotanických skupin:

- a) trávy (*Poaceae* a *Juncaceae*)
- b) jeteloviny (čeleď *Fabaceae*)
- c) ostatní dvouděložné

Obr. 6 Umístění pomocných kovových čtverců v porostu



4.4 Sledování výšky porostu

Výška porostu se měřila pomocí diskového měřidla tzv. rising plate meter. Z každé parcely pokusu se získalo 8 čísel, která se při vyhodnocení dat zpracovala na průměr. Diskové měřidlo se opřelo vertikálně kovovou tyčí do porostu. Po tyči se spustil disk, který jemně stlačil porost, a následně se odečetla výška porostu na kovové tyči. Simulaci měření znázorňuje obrázek č. 7.

Obr. 7 Měření výšky porostu v Senožatech



Obr. 8 Proces vážení



4.5 Sledování výnosu nadzemní biomasy

Výnos nadzemní biomasy se hodnotí vždy při seči. Seč proběhla 8.6.2020 a 20.10.2020. Pokus je sekaný benzínovou dvoububnovou sekačkou v pruzích se záběrem 120 cm. Seká se na výšku strniště 5 cm. Posekaný porost je potřeba seskupit na hromadu vždy v prostoru každé varianty pokusu. Je důležité nezamíchat k posekanému porostu biomasy z uliček. Shrabané hromady jsou následně váženy pomocí ruční váhy. Biomasa se umístí do loktuše (Obr. 8) a dojde k zvážení hmoty. Hmotnost biomasy se zapisuje v kg. Je taky důležité zvážit hmotnost prázdné plachty, aby mohla být hmotnost biomasy upravena na skutečnou hmotnost.

Z každé parcely se také odebral průměrný vzorek. Průměrný vzorek se umístil do papírového sáčku příslušné varianty. Odebrané vzorky se následně zpracovávají v laboratoři sušením při 105 °C do konstantní hmotnosti. Získané hodnoty se využijí pro výpočet výnosu suché hmoty v t.ha⁻¹.

4.6 Třídění rostlin

Jednotlivé druhy rostlin byly rozříděny do jednotlivých agrobotanických skupin pro statistické vyhodnocení. Rostliny byly rozříděny do kategorií: jednoděložné (trávy + bika), jeteloviny, ostatní dvouděložné, trávy výběžkaté, volně a hustě trsnaté, jednoleté + dvouleté druhy, vytrvalé druhy. Jednotlivé kategorie byly tříděny podle www.botany.cz Rostliny byly rozříděny podle toho, jestli mají hlavní kořen a jakým způsobem jsou opylovány. K tomuto třídění byly využity stránky www.plagias.cz a www.botany.cz Druhy, které se vyskytovaly nejvíce byly vybrány ke statistickému hodnocení Annovou. Byly vybrány druhy, které se vyskytly minimálně 5 x a jejich hodnota pokryvnosti byla vyšší než 5 %.

4.7 Statistické zhodnocení

Druhová diverzita byla hodnocena Shannon-Wienerovým indexem a Simpsonovým indexem diverzity. Botanické složení porostu bylo hodnoceno v programu Statistika 12. Hodnocení proběhlo jednofaktorovou Annovou a Tukeyovým HDS testem.

Vzorec pro Shannon-Wiener index:

$$H' = -\sum p_i \log p_i,$$

Vzorec pro Simpsonův index:

$$\lambda = \sum p_i^2,$$

Zdroj: Moravec (1994)

5 Výsledky

Tabulka č. 1

Hodnocení průměrné pokryvnosti jednotlivých agrobotanických skupin v % na jednotlivých variantách

varianta	jednoděložné	ost. dvouděložné	jeteloviny
kontrola	29,4 a	55,7 ab	15,5 bc
PK	29,9 a	55,6ab	20,0 c
N50PK	43,8 c	58,3 b	12,1 b
N100PK	61,9 b	42,8 ad	1,2 a
N150PK	73,7 b	31,3 cd	1,2 a
N200PK	87,6 d	21,4 c	0,2 a
p	0,0001	0,0001	0,0001

p= výsledek Anova testu

Odlíšná písmena u průměrných hodnot pokryvnosti značí rozdíly mezi jednotlivými variantami na hladině významnosti $\alpha=0,05$ (Tukey).

V tabulce č. 1 můžeme vidět, že existují statisticky významné rozdíly mezi pokryvností jednotlivých skupin rostlin v závislosti na variantě hnojení. Viditelných rozdílů si můžeme všimnout například u jetelovin. Na pokusné parcele, kde bylo aplikováno jen PK hnojení dosahují pokryvnosti 20 %, ale na opak na pokusné parcele s dávkou 200 kg N je hodnota 0,2 %. Zároveň si můžeme všimnout, že velmi nízké pokryvnosti dosahují na N200PK i ostatní dvouděložné, můžeme proto potvrdit, že vysoké dávky dusíku mají vliv na výskyt dvouděložných druhů.

Dle předpokladu se potvrdilo, že nejvyšší pokryvnosti dosahují jednoděložné druhy na parcelách s vyšší dávkou dusíku, tj. N150PK, N200PK.

Tabulka č. 2 Statistické zhodnocení pokryvnosti z hlediska vytrvalosti

varianta	jednoleté +dvouleté	vytrvalé druhy
kontrola	25,9 c	74,9 c
PK	19,1 bc	86,4 ac
N50PK	6,4 ab	107,8 b
N100PK	2,1 a	104,4 ab
N150PK	5,1 a	101,3 ab
N200PK	5,9 a	103,2 ab
p	0,0004	0,0004

p= výsledek Annova testu

Odlíšná písmena u průměrných hodnot pokryvnosti značí rozdíly mezi jednotlivými variantami na hladině významnosti $\alpha=0,05$ (Tukey).

Byly zjištěny statisticky významné rozdíly v porostu z hlediska vytrvalosti rostlin a jejich výskytu podle dávky a druhu hnojiva (Tabulka č. 2). Všeobecně můžeme říct, že největší pokryvnost u jednoletých-dvouletých druhů byla zjištěna na variantě kontrola, PK a naopak nejméně na parcelách s vyšší dávkou dusíku. U vytrvalých rostlin se nejvíce lišily varianty hnojené s variantou kontrola.

Tabulka č. 3

Průměrná pokryvnost jednotlivých růstových forem trav v % dle varianty hnojení

varianta	volně trsnaté	výběžkaté	hustě trsnaté
kontrola	7,6a	21,1	0,7 a
PK	7,1a	22,1	0,7 a
N50PK	19,0 c	23,2	1,6 ab
N100PK	37,4 d	22,3	2,1 ab
N150PK	49,9 b	19,2	4,6 b
N200PK	58,9 b	24,3	4,4 b
p	0,0001	0,5823	0,0022

p=výsledek Annova testu

Odlíšná písmena u průměrných hodnot pokryvnosti značí rozdíly mezi jednotlivými variantami na hladině významnosti $\alpha=0,05$ (Tukey).

Tabulka č. 3, nám ukazuje, jaké má hnojení vliv na výskyt jednotlivých skupin trav. Statisticky průkazné rozdíly jsou ve skupině volně trsnatých trav a hustě trsnatých trav, kde bylo potvrzeno, že hnojení ovlivňuje jejich procentuální výskyt na pokusné parcele. Nejnižší pokryvnost volně trsnatých druhů se vyskytla na variantě kontrola a nejvíce na N200PK. Hustě trsnaté trávy se vyskytly nejvíce na N150PK a nejméně na variantě kontrola a PK, kde je hodnota pokryvnosti 0,68 %. Nebyl prokázán vliv, že hnojení ovlivňuje významně výběžkaté trávy, které se vyskytovaly na jednotlivých variantách v rozmezí 19,2 - 24,3 %.

Tabulka č. 4 Průměrná pokrývnost jednotlivých druhů rostlin v % podle toho, jestli mají nebo nemají hlavní kořen.

varianta	hlavní kořen - ano	hlavní kořen-ne
kontrola	33,2 ab	67,6 ac
PK	45,1 b	60,4 c
N50PK	34,2 ab	80,1 ab
N100PK	23,6 ad	82,9 ab
N150PK	14,5 cd	88,1 bd
N200PK	6,7 c	102,4 d
p	0,0001	0,0001

p=výsledek Anova testu

Odlíšná písmena u průměrných hodnot pokrývnosti značí rozdíly mezi jednotlivými variantami na hladině významnosti $\alpha=0,05$ (Tukey).

Bylo potvrzeno, že existují statisticky významné rozdíly mezi variantami hnojení a druhů s hlavním kořenem. U druhů se svazčtým kořenem dochází k prokořenění jen do svrchních vrstev půdy. Z hlediska eroze by tedy na tom měla být nejlépe varianta PK, kde se vyskytuje 45 % druhů s hlavním kořenem, naopak méně prokořeněnou půdu lze předpokládat u varianty N200PK, zde je majoritní výskyt druhů bez hlavního kořene.

Tabulka č. 5 Statistické zhodnocení průměrné pokrývnosti v % u nejčastějších druhů

varianta	kostřava červená	lipnice luční	medyněk vlnatý	ovsík vyvýšený	psárka luční	psineček tenký	srha říznčka	trojštět žlutavý	jetel luční
kontrola	7,3	3,7 b	0,7 a	2,4 a	0,1 a	5,8 b	1,4	0,4 a	5,9 b
PK	4,6	7,1 ab	0,7 a	1,4 a	0,4 ab	6,5 b	1,7	0,8 ab	12,3 c
N50PK	5,3	8,5 ab	1,6 ab	9,0 a	0,9 ab	6,0 b	2,9	2,9 ab	4,8 b
N100PK	4,1	12,3 a	1,9 ab	25,1 b	3,4 abc	2,0 a	1,4	6,9 ab	0,9 a
N150PK	2,8	11,8 a	4,6 b	38,3 c	4,0 bc	0,5 a	1,8	7,3 b	0,3 a
N200PK	3,8	12,6 a	4,4b	51,6 d	7,0 c	0,8 a	1,1	3,5 ab	0,001 a
p	0,3190	0,0002	0,0017	0,0001	0,0001	0,0001	0,3067	0,0102	0,0001

Tabulka č. 6 Statistické zhodnocení průměrné pokrývnosti v % u nejčastějších druhů

varianta	štírovník růžkatý	jitrocel kopinatý	kerblík lesní	kontryhel sp.	kopretina bílá	máchelka srstnatá	pampeliška podzimní	pampeliška sp.	řebříček obecný
kontrola	5,5 c	5,0 abc	0,0	6,6	7,4	24,6 b	3,0	0,7	2,2 a
PK	4,2 bc	10,0 a	0,1	4,8	10,5	16,4 b	1,4	1,6	5,1 a
N50PK	1,6ab	8,4 a	0,1	6,8	6,9	4,1a	0,8	2,1	19,6 b
N100PK	0,1 a	7,1ac	0,2	4,4	7,9	0,3 a	0,2	4,9	9,0 ab
N150PK	0,2 a	2,7 bc	4,1	0,3	9,5	5,3 a	0,0	0,4	4,8 a
N200PK	0,01 a	1,4 b	3,8	0,0	4,2	0,2 a	0,0	0,3	5,3 a
p	0,0350	0,0001	0,0040	0,0381	0,6231	0,0010	0,0834	0,1165	0,0014

p=výsledek Anova testu

Odlíšná písmena u průměrných hodnot pokrývnosti značí rozdíly mezi jednotlivými variantami na hladině významnosti $\alpha=0,05$ (Tukey).

Tabulky č. 5 a 6 nám ukazují pokrývnost nejčastěji se vyskytujících druhů na pokusné parcele. U některých druhů bylo zjištěno, že hnojení ovlivňuje procentuální pokrývnost daného druhu. Na kontrolní variantě se vyskytlo nejvíce máchelky srstnaté (nad 24 %). U varianty PK byla nejvyšší pokrývnost také u máchelky pampeliškové (16,4 %). Řebříček obecný měl nejvyšší pokrývnost na variantě N50PK (přes 19 %). Na variantě N100PK byla nejvyšší pokrývnost nalezena u ovsíku vyvýšeného (25,1 %) a nejvyšší pokrývnosti také dosahoval u varianty N150PK (38,3 %) a N200PK (51,6 %).

Ze skupin trav bylo potvrzeno, že hnojení má vliv na: lipnici luční, medyněk vlnatý, ovsík vyvýšený, psárku luční, trojštět žlutavý, psineček tenký. Psineček tenký měl nejvyšší pokrývnost 5,8 % na kontrolní variantě a nejnižší překvapivě na variantách s vyšší dávkou dusíku. Naopak ovsík vyvýšený měl nejnižší pokrývnost nejméně právě na variantách s nižší dávkou hnojiva nebo kontrole.

U některých trav se prokázalo, že hnojení nemá vliv na procentuální podíl jejich výskytu. Toto tvrzení se týká: kostřavy červené a srhy říznačky.

Potvrdil se i předpoklad, že míra pokrývnosti jetelovin by měla být nižší na variantách s vyšší dávkou dusíku. Jetel luční i štírovník růžkatý měly nejnižší pokrývnost na variantě N200PK ($p=0,001$). A nejvyšší pokrývnosti bylo dosaženo na hnojené variantě, ale bez přídatku dusíku (PK).

U skupiny ostatních dvouděložných se také předpokládalo, že by měla být pokrývnost nižší na variantách s vysokou dávkou dusíku, ale ne vždy se tato teorie potvrdila. Zajímavého rozdílu je možné si všimnout u řebříčku obecného, kde bylo nejvyšší pokrývnosti dosaženo v hnojené variantě N50PK, ale vyšší dávka dusíku jeho četnost snižovala. Je zajímavé, že nejnižší pokrývnosti nebylo dosaženo na N200PK, ale na variantě kontrola.

Tabulka č. 7 Statistické zhodnocení průměrného počtu druhů na pokusných blocích

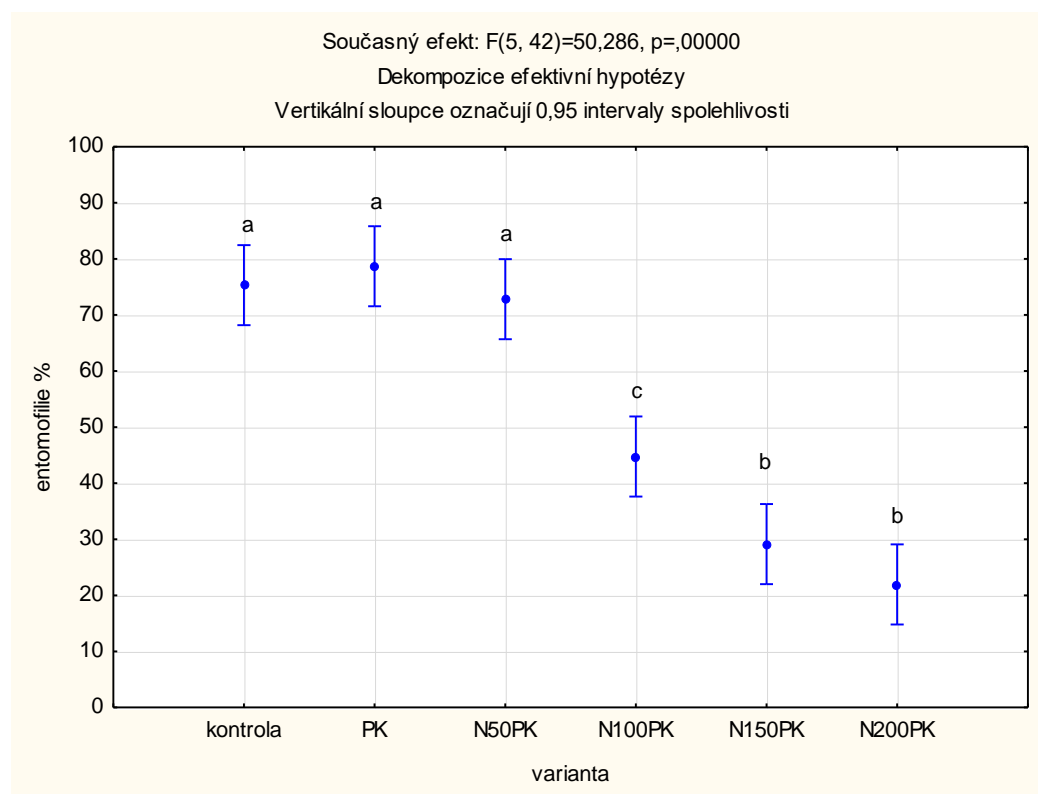
varianta	Počet /ks rostlin
kontrola	24,4 a
PK	23,6 a
N50PK	28,3 d
N150PK	19,5 c
N100PK	23,8 a
N200PK	15,9 b
p	0,0001

p=výsledek Anova testu

Odlíšná písmena u průměrného počtu kusů značí rozdíly mezi jednotlivými variantami na hladině významnosti $\alpha=0,05$ (Tukey).

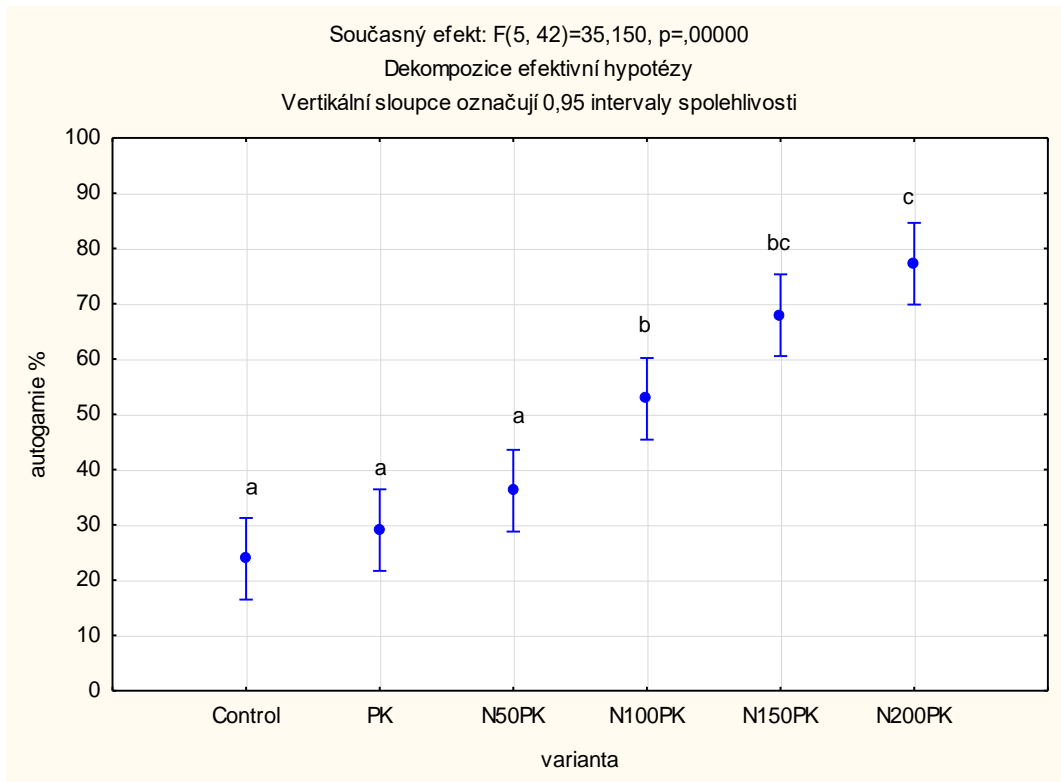
Bylo zjištěno, že existují statisticky významné rozdíly mezi počtem druhů a variantou pokusné parcely (Tabulka č. 7). Nejvíce druhů (28,3 ks) se vyskytovalo na variantě N50PK a nejméně na variantě N200PK. Bylo zjištěno, že existují významné rozdíly mezi variantou N50PK, N150PK, N200PK a zbylými variantami.

Graf č. 2 Statistické zhodnocení pokryvnosti druhů v % z hlediska rozmnožování pomocí entomofilie



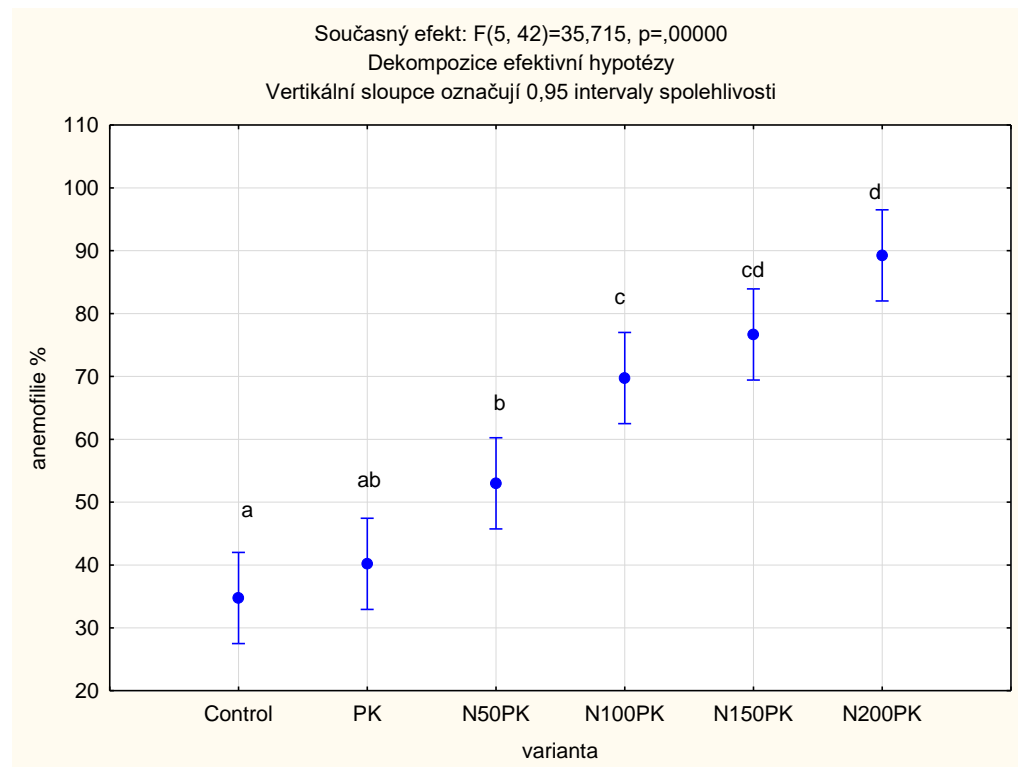
Graf č. 2 ukazuje, jak se měnilo zastoupení pokryvnosti rostlin, které jsou opylovány hmyzem. Opylování hmyzem je typičtější pro dvouděložné, takže dle předpokladu byla větší pokryvnost rostlin na variantách: Kontrola, PK a N50PK. Bylo potvrzeno, že hnojení má vliv na výskyt této strategie u rostlin. S vyšší dávkou dusíku, klesá entomofilie na pokusných parcelách.

Graf č. 3 Statistické zhodnocení pokryvnosti druhů v % z hlediska rozmnožování pomocí autogamie



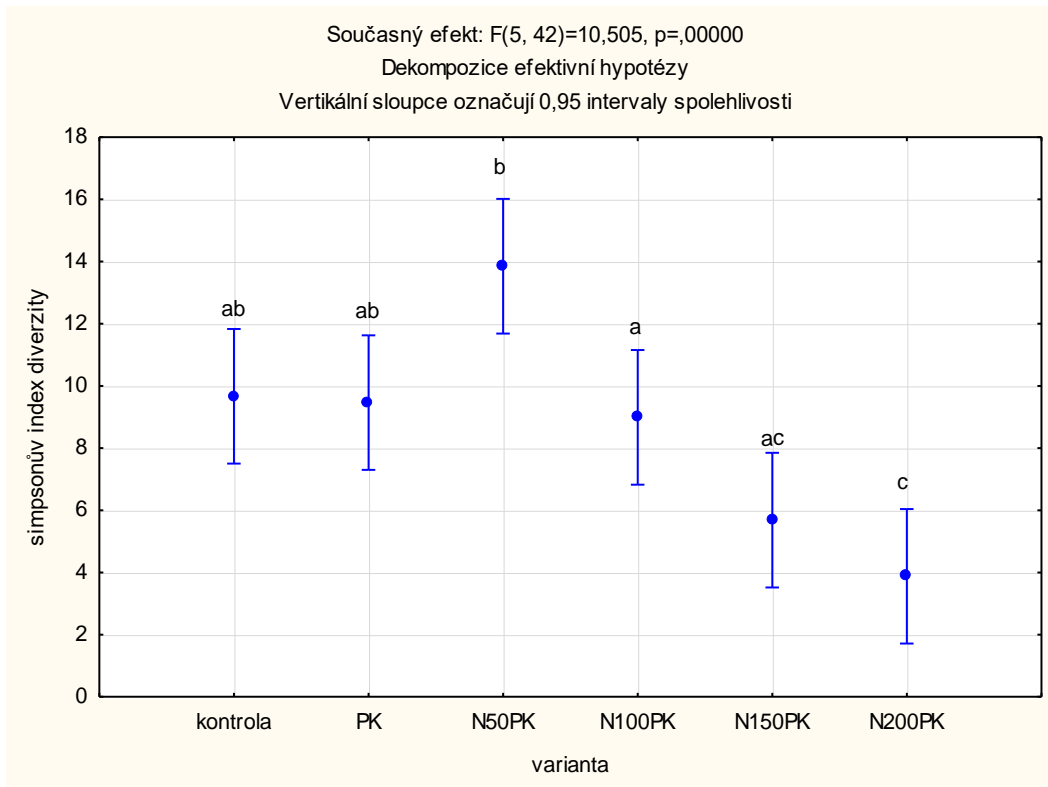
Naopak u grafu č. 3 je vidět, že výskyt autogamních druhů roste se zvyšující se dávkou dusíku. Mezi autogamní druhy řadíme většinu trav. Bylo prokázáno, že existuje statisticky významný rozdíl mezi opylováním a variantou pokusné parcely.

Graf č. 4 zhodnocení průměrné pokrývnosti druhů v % dle rozmnožování anemofilií



Ve grafu č. 4 vidíme, že opylování větrem se také zvyšuje s vyšší koncentrací hnojení, je to dáno tím, že více hnojených variantách začínají převládat rostliny ze skupiny trav. Můžeme tedy říci, že porosty s nižší dávkou hnojiva můžou být považovány za více biologicky aktivnější (výskyt opylovačů).

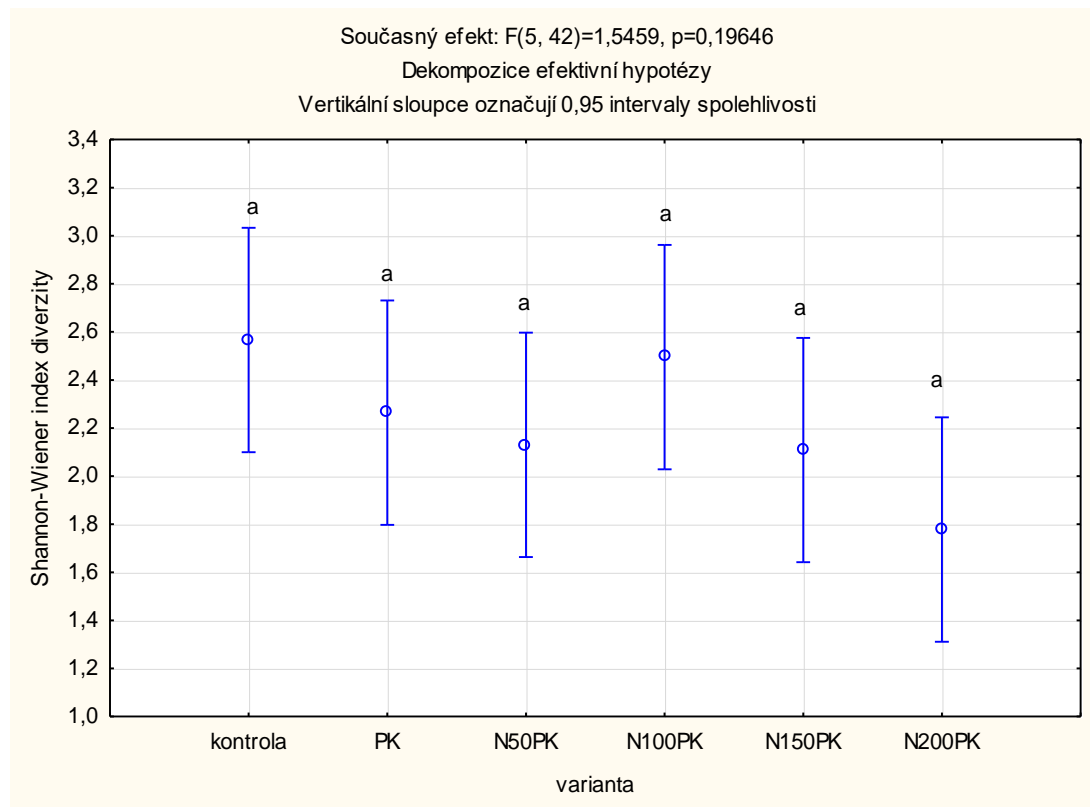
Graf. č 5 Statistické zhodnocení biodiverzity Simpsonovým indexem



Bylo prokázáno, jak je vidět v grafu č. 5, že varianta hnojení ovlivní Simpsonův index diverzity. Můžeme vidět jednotlivé rozdíly, významný rozdíl není mezi kontrolou a PK. Rozdíl také nebyl zjištěn mezi N150PK a N200PK. Dle předpokladu jsou rozdíly mezi kontrolou a variantou s vyšší dávkou dusíku. Nejvyšších hodnot Simpsonova indexu diverzity bylo dosaženo na variantě N50PK je tedy možné říci, že nižší dávka hnojiva ovlivňuje rostlinou diverzitu.

Statistického rozdílu je možné si všimnout u variant N50PK v porovnání s více hnojenými variantami. Statisticky významný rozdíl je také u varianty N200PK, která se liší kromě N150PK i se zbytkem méně hnojených variant a i kontrolou.

Graf č. 6 Statistické zhodnocení biodiverzity S-W indexem



Graf č. 6 ukazuje, že na rozdíl od Simpsonova indexu, kde byl potvrzen statisticky významný rozdíl se v grafu č. 6 rozdíl nevyskytuje. Nebyl zjištěn tedy významný statistický rozdíl mezi variantou hnojení a hodnotou S-W indexu.

Tabulka č. 7 Statistické hodnocení průměrných výnosů v 1 a 2 seči v t/ha a stlačené výšky porostu v cm

varianta	sušina t/ha 1. seč	sušina t/ha 2. seč	sušina t/ha celkem	výška porostu v cm
kontrola	0,4	1,3	1,6	7,6 a
PK	0,3	1,1	1,5	6,8 a
N50PK	1,0	1,3	2,3	16,3 c
N100PK	1,8	1,3	3,1	24,8 d
N150PK	1,9	1,4	3,4	34,2 b
N200PK	2,1	1,6	3,7	37,5 b
p	0,0314	0,4022	0,0605	0,0001

p= výsledek Anova testu

Odlíšná písmena u průměrných hodnot pokrývnosti značí rozdíly mezi jednotlivými variantami na hladině významnosti $\alpha=0,05$ (Tukey).

V tabulce č. 7 je zhodnocený výnos sušina t/ha za první a druhou seč. Dále je v tabulce vyhodnocená výška porostu. Bylo zjištěno, že existuje statisticky významný rozdíl mezi

variantami a výnosy v seči č. 1. Na variantě bez hnojení byla hodnota výnosu sušiny 0,4 t/ ha, a naopak na N200PK 2,1 t/ha. Bylo tedy prokázáno, že výnos je ovlivněn konkrétní dávkou hnojiva. Z hlediska produkční funkce porostu se jedná o zajímavý ukazatel. Došlo k potvrzení teorie, že dávka dusíku ovlivňuje množství výnosu.

Ve druhé seči nebyl potvrzen statisticky významný rozdíl mezi pokusnou variantou a výnosem v t/ha.

Průměrná výška na kontrolní variantě byla 7,6 cm a u varianty N200PK 37,5 cm. Zároveň je vidět, jak se od sebe dané varianty statisticky liší. V podobných si parcelách (N150PK a N200PK) není statistického rozdílu, ale je vidět rozdíl mezi PK a N50PK.

6 Diskuze

6.1 Svaz *Arrhenatherion elatioris*

Pokusný porost spadá mezi tzv. ovsíkové louky neboli: do svazu *Arrhenatherion elatioris*. Dle Chytrého (2007), řadíme do tohoto svazu porosty, které jsou pravidelně ovlivňovány sečí a výjimečně i extenzivní pastvou. Dominují výběžkaté trávy, které vytvářejí vícevrstvé porosty. Podle mých výsledků v tabulce č. 3 mohu potvrdit, že na porostu v Senožatech nejsou výběžkaté trávy dominantní na všech variantách hnojení. V pokusu mají výběžkaté trávy dominanci pokryvnosti jen u variant: kontrola, PK, N50PK. U ostatních variant s vyšší dávkou dusíku jsou dominantní trávy volně trsnaté. Pravděpodobně to bude způsobené tím, že volně trsnaté trávy reagují lépe na hnojení dusíkem a tvoří velké množství biomasy, která nenechá prostor pro výběžkaté trávy.

6.2 Druhov^á rozmanitost

U varianty N200PK najdeme pokryvnost 87,6 % u jednoděložných druhů a díky tomu dochází k utlačování dvouděložných druhů biomasou trav. Podařilo se tedy prokázat, že hnojení a jeho samotná dávka má vliv na skladbu rostlinného společenstva, toto tvrzení podporuje Novák (2008). Hoyle et al. (2018) uvedli výsledky svého pokusu v článku, který zkoumal, jak široká veřejnost vnímá rozmanitost rostlin. Pokus byl pozorován ve Velké Británii. Došli k závěru, že barevná rozmanitost rostlin určovala, jak se k porostu bude stavět široká veřejnost. Bylo dosaženo závěru, že veřejnost nehodnotí porost podle druhové rozmanitosti, ale atraktivnost porostu určuje prvním dojmem – vzhledem. Na základě výzkumu tohoto výzkumu Hoyle et al. (2018), lze říci, že zkoumané parcely, kde je více dvouděložných druhů budou zajímavější pro hmyz i člověka.

Chytrý (2007) také tvrdí, že ve svrchní vrstvě ovsíkových luk rostou širokolisté druhy, zejména ovsík vyvýšený, srha laločnatá a trojštět žlutavý, v nižší vrstvě kostřavy, psineček obecný a lipnice luční. Narozdíl od ostatních svazů luční vegetace nejsou výrazněji zastoupeny horské druhy. Dle výsledků tohoto pokusu můžeme říci, že pokusný porost do tohoto svazu patří oprávněně. Ovsík vyvýšený dosahoval jedné z nejvyšších procentuální pokryvnosti (tab.5).

Novák (2008) také tvrdí, že hnojení vysokou dávkou dusíku ovlivňuje výskyt jetelovin v porostech. Ve výsledcích bylo zjištěno, že pokryvnost jetelovin na hnojených variantách s dusíkem byla 0,2 - 12 %, je tedy možno potvrdit názor, že na pozemcích s vysokou dávkou dusíku dochází k utlačování jetelovin. Vysoká dávka dusíku podporuje výskyt a růst biomasy u trav, které následně zastíní nižší podrostové patro.

Můžeme tedy říci, že hnojením ovlivňujeme i prostor pro jednoleté a dvouleté druhy. Na parcelách, kde je vysoký podíl trav je díky hustému porostu málo místa pro klíčení jednoletých a dvouletých semen rostlin, které jsou šířeny např. větrem. Z hlediska časového vývoje porostu budou parcely s větším množstvím vytrvalých druhů rostlin stabilnější.

Dindová et al. (2019) na stejném pokusném pozemku v Senožatech prováděli výzkum, mimo jiné v práci také hodnotili procentuální pokryvnost jednotlivých agrobotanických skupin. V článku jsou zhodnocené roky 2014, 2015, 2016.

Došli také k závěru, že procentuální pokryvnost jetelovin klesá s vyšší dávkou dusíku, ale zvyšuje se s ní pokryvnost trav. Je zajímavé, jak postupně dochází k snižování % pokryvnosti u jetelovin. V roce 2014 byla pokryvnost a kontrolní variantě 31 %, v roce 2015: 23 %, v roce 2016: 24 % v mých výsledcích vychází pokryvnost jetelovin 15,5 %, což je přesně o polovinu méně než v roce 2014. Pro zajímavost jsem vybrala ještě variantu N200PK, kde jsem porovnávala také pokryvnost jetelovin. V textu výše tvrdím, že s dávkou dusíku klesá i jejich výskyt a tady se to přehledně prokázalo. Pokryvnost jetelovin na N200PK v letech - 2014: 2 %, 2015: 1 %, 2016: 1 %. V mých výsledcích vyšla průměrná pokryvnost za rok 2020: 0,2 %. Je zde vidět trend, kdy dochází ke snižování pokryvnosti jetelovin, ale nepředpokládá se, že by z pozemku vymizely úplně. Snižování pokryvnosti jetelovin v Senožatech bylo ovlivněno hlavně suchem předchozích let a díky výkyvům počasí. Naopak u skupiny trav nedošlo k tak velkým rozdílům průměrné pokryvnosti mezi jednotlivými roky.

Mrkvička et al. (2002) prováděli výzkum na stejném pozemku v Senožatech. Ve výsledcích zpracovali počet jednotlivých druhů na variantách Kontrola, N100PK, N200PK a PK za roky 1991 a 2000. Průměrný počet druhů se shoduje s Mrkvičkou et al. (2002), kteří porovnávali rok 1991 a 2000. Výsledky si jsou dosti podobné kromě varianty N200PK. Kde dochází k poklesu počtu jetelovin. Tento proces ovlivňuje fakt, že vzrušenější trávy dotované vysokou dávkou dusíku postupně vyhubí ostatní druhy méně konkurenčně silné. Tento názor také podporují Mountford et al. (1993), kteří ve svém pokusu také došli k závěru, že aplikací vysokých dávek hnojiv se podporuje růst zejména trav, ale dojde k ubývání ostatních druhů z porostu. V jeho výsledcích hnojení nejvíce podporovalo druhy jílek vytrvalý a medyněk vlnatý. V tabulce č. 5 je vidět, že pokryvnost medyněku vlnatého stoupá se zvyšujícím se obsahem dusíku.

Mountford et al. (1993) dále uvádějí, že jen velmi málo bylin si dokázalo udržet nebo zvýšit pokryvnost i na pokusných parcelách s vyšší dávkou dusíku. Uvádí, že větší obsah živin v půdě vyhovoval šťovíku kyselému. Na pokusném pozemku v Senožatech se tento druh vyskytuje také. Jeho pokryvnost je v rozmezí 0,5-2 %, vyšších hodnot opravdu dosahoval na hnojených variantách.

Mrkvička et al. (2002) také uvádí, že hnojení mělo vliv hlavně na srhu říznačku a ovlivňovalo pokryvnost u ovsíku vyvýšeného. Dále pak uvádí, že pokryv významných dvouděložných druhů byl na jednotlivých variantách stabilní (roky 1991-2000). Podle mých výsledků tomu tak již není a dvouděložné druhy ustupují z porostu a variantě N200PK je jejich výskyt téměř sporadický. Skládanka et al. (2014) se ve svém pokusu s hnojením dostali také k výsledkům, že nejnižší pokryvnost trav byla na nehnojených variantách (38,5 %). V mých výsledcích je průměrná pokryvnost trav a nehnojených variantách okolo 30 %.

6.3 Opylení a estetická funkce

Fründ et al. (2010) zkoumali v jižním Německu na různých loukách, jak se mění skladba opylovačů podle rozmanitosti porostu. Tvrdí, že pokud dojde ke snížení rozmanitosti porostu vlivem intenzivního obhospodařování půdy může dojít i k vymírání takových druhů opylovačů, kteří úzce souvisí s rostlinou skladbou porostu. Jejich výsledky potvrzují, že rostlinná rozmanitost má vliv na včely a jiné opylovače. Z jejich výsledků vyvozují, že varianty, které jsou druhově bohatší budou mít i rozmanitější složení opylovačů, a to může prospívat ekosystému porostu. Z mých výsledků vyplývá, že větší dávka dusíku ovlivňovala výskyt entomofilních druhů. Nejvyšší pokryvnosti tyto druhy dosahovaly na variantě Kontrola, PK a N50PK. Tento názor podporuje i Ziaja et al. (2018) kteří ve svém článku uvádějí, že hojnost opylovačů na porostech ovlivňuje botanické složení, počet rostlinných druhů, bohatost rostlinných druhů a konkrétní atributy květu (barva, tvar, fenologická fáze). Z hlediska estetické funkce je toto zajímavé zjištění, protože jestli bereme v potaz, že většina dvouděložných rostlin má barevně nápadnější květy, než trávy je tedy možné říci, že pozemky hnojené s nižší dávkou dusíku jsou vzhledově atraktivnější jak pro člověka, tak i hmyz. Lindemann et al. (2010) tvrdí že, rozmanitost rostlin je sama o sobě pro člověka atraktivní. Současné snižování rozmanitosti travních porostů v důsledku intenzifikace hospodaření tak může snížit atraktivitu regionů, kde jsou travní porosty dominantním prvkem krajiny. To by mohlo mít negativní důsledky pro cestovní ruch. Hnojením tedy můžeme ovlivňovat do jisté míry ráz krajiny a následně její neprodukční funkce z hlediska estetiky.

Hoyle et al. (2018) ve svém výzkumu ve Velké Británii zkoumali vztah druhového složení k opylovačům. A došli k závěru, že barevnost květů měla vliv na výskyt čmeláků a jiných opylovačů. Jak už bylo řečeno výše, předpokládám, že pozemky, kde se hnojilo s nižší dávkou dusíku, poskytly větší prostor pro výskyt dvouděložných druhů. V tabulce č. 1 je vidět, že procentuální pokryvnost jetelovin a ostatních dvouděložných druhů klesá s vyšší dávkou dusíku. Konkrétně u skupiny ostatní dvouděložné došlo k poklesu z 55,7 % na 21,4 %. Na rozdíl od jednoděložných druhů poskytují dvouděložné druhy zajímavé barevné i tvarově řešené květy, protože u nich dochází z většiny k opylování hmyzem.

Podle předpokladu Hoyle et al. (2018) lze tvrdit, že porosty s větší pokryvností dvouděložných budou atraktivnější pro hmyz a z hlediska výskytu barev budou zajímavější i pro člověka samotného. Může to být i zajímavý faktor ve vztahu k estetice porostu nebo k její medonosné funkci. Méně hnojené varianty budou díky většímu výskytu „barevnějších“ květů atraktivnější pro člověka i hmyz. Ve výsledcích uvádím grafy, které se zabývají změnou druhového složení na jednotlivých variantách v kontextu systému opylování. Přenos pylu větrem může mít vliv na výskyt pylových částic v ovzduší.

Zlinska (1995) zkoumala výskyt alergenů na louce a pastvinách, zjistila, že podíl alergenů je vysoký jak na pastvinách, tak i u lučí vegetace. V druhovém složení převládaly hlavně společenstva trav, to podporuje můj názor, že porost s vyšším výskytem anemofilních druhů bude více alergenní pro člověka. V pokusu zjistila, že alergeny od dvouděložných druhů se

vyskytují v mnohem menší míře. Nejvyšších hodnot u obsahu pylu ve vzduchu, získala ve sdružení *Arrhenatherion elatioris*. Z toho lze vyvozovat, že porosty, kde je vyšší pokrývnost psárky, ovsíku a jílku jsou pro člověka s pylovou alergií dráždivější. Bastl et al. (2021) uvádějí, že ovsík, kostřava a jílek patří mezi hlavní trávy, které způsobují pylové alergie u lidí. Lipnice a srha způsobují alergie již v časném období jara. Hnojením tedy můžeme ovlivnit i obsah pylu v ovzduší, podle mých výsledků mají tyto druhy nejvyšší pokrývnost na variantách s vyšší dávkou dusíku.

U pacientů s tzv. celoroční rýmou bylo zjištěno, že největším spouštěčem této alergické reakce jsou některé druhy pylu z trav, jedná se o pyl z psárky, bojínku lučního, lipnice luční a lipnice roční (Holopainen et al. 1978).

6.4 Protierozní funkce

Když vezmeme v úvahu, že většina rostlin s hlavním kořenem (převážně dvouděložné) prokoření půdu do větší hloubky, tak můžeme dojít k závěru, že by samotný výskyt rostlin mohl ovlivnit protierozní funkci porostu. Naopak u rostlin, které mají tzv. kořeny svazčité bez hlavního kořenu můžeme předpokládat, že dojde k prokoření do mělkých vrstev půdy. Głąb et al. (2011) vyvozují ze svých výsledků, že hnojení má vliv na botanické složení a následně snižuje sílu kořenového systému, což je do jisté míry nežádoucí z hlediska prevence proti vzniku erozi půdy.

Dle mých výsledků proto předpokládám, že porost, kde bude větší výskyt druhů s hlavním kořenem bude odolnější erozi, jelikož kořeny budou sahat i do spodnějších vrstev půdy. Podle tabulky č. 4 předpokládám, že nejlepší protierozní funkci bude mít porost na variantě PK. Tento výsledek podporuje i Novák (2008), který tvrdí, že dostatek draslíku a fosforu v porostech, ovlivňuje jeho botanické složení, a to především u jetelovin, konkrétně u jetele plazivého a jetele lučního. Je tedy možné že díky aplikaci hnojiva bez obsahu dusíku, se na této variantě daří více jetelovinám a ostatním dvouděložným druhům.

Huck et al. (2013) zkoumali erozi na loukách ve švýcarských Alpách, konkrétně, které druhy rostlin se vyskytují v erozních zlomech na okraji pozemku. Dle jeho výsledků měly nejvyšší pokrývnost u okraje louky druhy, které měly: válcovité, festukoidní nebo malé skleromorfní listy. Samotná eroze je ovšem ovlivňována dalšími vlivy (počasí, vítr, vlhkost půdy).

Zhou et al. (2008) zkoumali vliv větrné eroze na vegetační pokryv luk v různých systémech. Zjistil, že s rostoucí intenzitou pastvy a snižováním vegetačního krytu se rychlost půdní eroze zvyšuje. Je-li na louce alespoň 65 % pokryvu, pak větrná eroze postupuje pomaleji i když vítr dosahuje rychlosti 25 m/s. Z hlediska výsledků pokrývnosti, by měl porost v Senožatech odolávat i větrné erozi.

6.5 Hospodářská funkce – výnos

V tabulce č. 7 můžeme vidět, že při seči č. 2 nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi pokusnou variantou a výnosem sušina t/ha.

Mrkvička et al. (2002) vyhodnocovali pokus na stejném pozemku v letech 1991–2000. Mimo jiné hodnotil i výnosy sušiny t/ha.

Z výsledků za jednotlivé roky je možné si všimnout, jak roste výnos s dávkou dusíku. Z výsledků Mrkvičky et al. (2002) vyplývá, že varianta kontrola a PK poskytly nižší výnos než varianty hnojené vyšší dávkou dusíku. Mezi jednotlivými roky je velká variabilita mezi výsledky nejen u celkového výnosu ale i u efektu hnojení.

Brum et al. (2009) pozorovali ve svém pokusu na hnojených horských loukách dusíkem, že v každé sklizňové sezóně byly ovlivněny výnosy trav i jetelovin, protože když biomasa trav stoupala tak u jetelovin klesala. Follett et al. (1995) potvrzují tyto názory. Jejich výzkum ukázal, že nedostatečné hnojení dusíkem je hlavní faktor, který omezuje výnos. Z hlediska výšky porostu je potvrzeno, že vyšší dávka dusíku ovlivňuje růst biomasy, tak jak tvrdí Novák (2008).

6.6 Rostlinná diverzita

Baláž et al. (2010) tvrdí, že druhová bohatost úzce souvisí s diverzitou. Když je na nějakém území hodně různých druhů, bude v něm určitě i mnoho odlišných genů, metabolických drah i ekologických vazeb. Podle Baláže et al. (2010) spadá hodnocení v Senožatech do tzv. alfa diverzity, při které se hodnotí počet druhů na jasně definovaném místě, nejčastěji přesně definovaném biotopu. Nejznámější je Shannonův (S-W) a Simpsonův index, kteří právě početnost a nerovnoměrnost zastoupení jednotlivých druhů zohledňují. Nejvyšší hodnota takového indexu pak charakterizuje společenstvo, kde jsou všechny druhy zastoupeny stejným podílem (měřeným například počtem jedinců, pokryvností nebo biomasou). Čím více několik druhů převládá na úkor ostatních, tím je index nižší. Simpsonův index diverzity pracuje s pravděpodobností, že dva náhodně vybraní jedinci budou patřit ke stejnému druhu. Indexy se od sebe liší tím podle toho, na co kladou důraz, Simpsonův index (vyrovnanost), S-W index (bohatost). Díky důrazu na bohatost u S-W indexu nebyly u pokusu v Senožatech prokázány statisticky významné rozdíly viz graf (č. 6).

V práci byly pro hodnocení diverzity využity dva indexy. Simpsonův index vyšel statisticky průkazný, S-W nebyl statisticky průkazný. Skládanka et al. (2014) zkoumali vliv intenzity hnojení a využití na druhovou diverzitu. Jeho výsledky ve dvousečném pokusu vyšli z hlediska Simpsonova indexu také průkazné. Konkrétně došel k závěru, že se od sebe liší varianty bez obsahu dusíku s variantami s vyšší dávkou dusíku. Ale zároveň nezjistil významný rozdíl mezi PK variantou a variantou N90PK. Potvrzuje to mé zjištění, kde nebyl také zaznamenán rozdíl mezi variantou PK a N50PK (tj. hnojená varianta s nejnižším obsahem dusíku). Z hlediska diverzity nejsou na těchto stanovištích průkazné rozdíly. Pokus v Senožatech také vykazuje z hlediska diverzity rozdíl mezi extrémně hnojenou variantou a variantami nehnojené nebo

s nižším obsahem dusíku. Skládanka et al. (2014) zaznamenali nejvyšší hodnotu Simpsonova indexu na nehnojené variantě (9,0). Na pokusném pozemku v Senožatech byla nejvyšší druhová diverzita zaznamenána na variantě N50PK (16,0). Rozdíl může být dán místními podmínkami i managementem pokusu. Tento názor potvrzuje i Baláž et al. (2010), kteří uvedli, že druhovou bohatost porostů ovlivňují hlavně dvě skupiny faktorů – lokální podmínky prostředí a širší kontext okolní krajiny (včetně její historie). Uvádí, že do jisté míry může narušit druhovou bohatost i disturbance – opakované narušení daného stanoviště.

7 Závěr

Tato práce se zabývala vlivem hnojení na druhovou diverzitu a funkce lučních porostů. Experiment se nachází v obci Senožaty a spadá do svazu *Arrhenatherion elatioris* z výsledků vyplývá že:

- **Hnojení ovlivňuje pokryvnost jednotlivých agrobotanických skupin (jednoděložné, jeteloviny, ostatní dvouděložné)** -Hypotéza byla potvrzena. Hnojení dusíkem ovlivňuje jednotlivé agrobotanické skupiny na pozemku. Hnojení dusíkem ve vyšších dávkách N100PK a N200PK výrazně zvýšilo průměrnou pokryvnost trav, ale vedlo ke snižování pokryvnosti jetelovin a ostatních dvouděložných druhů
- **Hnojení ovlivňuje pokryvnost druhů z hlediska jejich vytrvalosti (jednoleté, dvouleté a vytrvalé)** - Vytrvalých druhů bylo nejvíce na variantách intenzivně hnojených, naopak jednoletým a dvouletým druhům se dařilo lépe na variantách bez dusíku nebo s jeho nižším obsahem
- **Hnojení ovlivňuje pokryvnost různých růstových forem trav** – Tato hypotéza byla potvrzena jen částečně, a to jen u volně trsnatých a hustě trsnatých trav
- **Hnojení ovlivňuje pokryvnost různých druhů podle typu kořenového systému** -Procentuální pokryvnost rostlin s hlavním kořenem klesá se zvyšující se dávkou dusíku, což může ovlivnit protierozní funkci porostu
- **Hnojení ovlivňuje pokryvnost nejrozšířenějších druhů** – Hypotéza je platná jen částečně, byla potvrzena například u: jetele lučního, kontryhelu sp., řebříčku obecného a ovsíku vyvýšeného
- **Hnojení ovlivňuje počet druhů** – **Hypotéza** byla potvrzena, je prokázáno, že hnojení má vliv na počet druhů. Nejvíce druhů bylo nalezeno na N50PK a nejméně na N200PK.
- **Hnojení ovlivňuje podíl druhů s různým typem rozmnožování** -Hypotéza byla potvrzena, hmyzosnubné druhy měly nejvyšší pokryvnost na variantách s nižší dávkou dusíku. Naopak anemofilní měly vyšší pokryvnost na variantách s vyšší dávkou dusíku. Hnojením tedy můžeme ovlivnit skladbu porostu s důrazem na výskyt alergenních pylů v ovzduší a taky na dostupnost pastvy pro opylovače
- **Hnojení ovlivňuje diverzitu vyjádřenou Simpsonovým (Simp.) a Shanonn-Wienerovým indexem (S-W)** - Hypotéza nebyla potvrzena u S-W indexu diverzity. Simp. index diverzity vykazuje statisticky významné rozdíly u jednotlivých variant. Nejvyšší hodnota indexu byla zjištěna u varianty N50PK a nejnižší u varianty N200PK.
- **Hnojení ovlivňuje výnosy a stlačenou výšku porostu**-Hypotéza byla potvrzena jen částečně, byla potvrzena pouze v první seči. U stlačené výšky porostu byla hypotéza potvrzena.
- **Hnojení má vliv na funkce porostu** – Hypotéza byla potvrzena, hnojení ovlivňuje funkce porostu jako jsou: pastva pro včely, protierozní funkce, ovlivňuje skladbu porostu a tím i jeho estetickou funkci

8 Literatura

Adler P, Raff D, Lauenroth W. 2001. The effect of grazing on the spatial heterogeneity of vegetation. *Oecologia* **128**: 465–479.

Baláž V, Falteisek L, Chlumská Z, Kolář F, Kubešová M, Matějů J, Prach J, Cerna K. 2010. Ochrana přírody z pohledu biologa. Biologická olympiáda 2010-2011, ročník 45 Available from https://kabinet-biologie.webnode.cz/_files/200000000-76c1278b60/AB%20brozura2010.pdf (Accessed March 2021).

Bastl M, Bastl K, Dirr L, Berger M, Berger U. 2021. Variability of grass pollen allergy symptoms throughout the season: Comparing symptom data profiles from the Patient's Hayfever Diary from 2014 to 2016 in Vienna (Austria). *World Allergy Organization Journal* **14**: 100-518.

Berendse F, Ruijven VJ, Jongejans E, Keesstra S. 2015. Loss of plant species diversity reduces soil erosion resistance. *Ecosystems* **18**: 881-888.

Botany. 2007-2019. Herbář. Available from <https://botany.cz/cs/rubrika/herbar/> (Accessed March 2021).

Brum OB, López S, García R, Andrés S, Calleja A. 2009. Influence of harvest season, cutting frequency and nitrogen fertilization of mountain meadows on yield, floristic composition and protein content of herbage. *Revista Brasileira de Zootecnia* **38**: 596-604.

Brummer JE, Davis JG. Fertilizing mountain meadows. 2009. PhD Thesis. Colorado State University, Libraries.

Carlier L, Rotar I, Vlahova M, Vidican R. 2009. Importance and functions of grasslands. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* **37**: 25-30.

Carlsson M, Merten M, Kayser M, Isselstein J, Wrage-Mönnig N. 2017. Drought stress resistance and resilience of permanent grasslands are shaped by functional group composition and N fertilization. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **236**: 52-60.

Ceulemans T, Stevens CJ, Duchateau L, Jacquemyn H, Gowing DJG, Merckx R, Wallace H, Rooijen N, Goethem T, Bobbink R, Dorland E, Gaudnik C, Alard D, Corcket E, Muller S, Dise NB, Dupré C, Diekmann M, Honnay O. 2014. Soil phosphorus constrains biodiversity across European grasslands. *Global Change Biology* **20**: 3814-3822.

Ciais P, Reichstein M, Viovy N, Granier A, Ogée J, Allard V, Valentini R. 2005. Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature* **437**: 529-533.

- Conant RT, Paustian K. 2002. Potential soil carbon sequestration in overgrazed grassland ecosystems. *Global biogeochemical cycles* **16**: 90-1.
- Conant RT. 2010. Challenges and opportunities for carbon sequestration in grassland systems. *Integrated Crop Management* **9**: 51.
- Českomoravská společnost chovatelů. 2019. Chovatelské ročenky. Available from www.cmsch.cz/plemenarska-prace/ku-kontrola-uzitkovosti/chovatelske-rocenky/rocenky-chovu-skotu (accessed January 2021).
- Český statistický úřad. 2020. Počet obyvatel v obcích České republiky k 1.1.2020. Available from www.czso.cz/documents/10180/121739326/1300722003.pdf/f9160497-cec0-4750-a293-77ef7bce1092?version=1.1 (Accessed January 2021).
- Dindová A, Hakl J, Hrevušová Z, Nerušil P. 2019. Relationships between long-term fertilization management and forage nutritive value in grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **279**: 139-148.
- Elgersma A, Sørensen K. 2016. Effects of species diversity on seasonal variation in herbage yield and nutritive value of seven binary grass-legume mixtures and pure grass under cutting. *European Journal of Agronomy* **78**: 73-83.
- Fang C, Moncrieff JB. 2001. The dependence of soil CO₂ efflux on temperature. *Soil Biology and Biochemistry* **33**: 155-165.
- Fiala J. 2007. Modifikovaná pratotechnika trvalých travních porostů – mulčování. VÚRV, Praha.
- Follett RH, Westfall DG, Shanahan JF, Lybecker DW. 1995. Nitrogen fertilization of mountain meadows. *Journal of production agriculture* **8**: 239-243.
- Fornara D, Wasson EA, Christie P, Watson C. 2016. Long-term nutrient fertilization and the carbon balance of permanent grassland: Any evidence for sustainable intensification? *Biogeosciences Discussions* **13**: 4975-4984.
- Fründ J, Linsenmair K, Blüthgen N. 2010. Pollinator diversity and specialization in relation to flower diversity. *Oikos* **119**: 1581-1590.
- Fuksa P, Hakl J. 2009. Využití pícních plodin pro výrobu bioplynu. Available from www.biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-picnich-plodin-pro-vyrobu-bioplynu (accessed January 2021).
- Gaisler J, Pavlů V, Mládek J, Hejčman M, Pavlů L. 2011. Obhospodařování travních porostů ve vztahu k agroenvironmentálním opatřením. VÚRV.
- Głąb T, Kacorzyk P. 2011. Root distribution and herbage production under different management regimes of mountain grassland. *Soil and Tillage Research* **113**:99-104.

- Greenwood KL, Mckenzie BM. 2001. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **41**: 1231-1250.
- Haeggström CA. 1990. The influence of sheep and cattle grazing on wooded meadows in Åland, SW Finland. *Acta Botanica Fennica* **141**: 1-28.
- Holopainen E, Salo OP, Tarkiainen E, Malmberg H. 1978. The most important allergens in allergic rhinitis. *Acta Oto-Laryngologica* **86**: 16-18.
- Hoyle H, Norton B, Dunnett N, Richards JP, Russell JM, Warren P. 2018. Plant species or flower colour diversity? Identifying the drivers of public and invertebrate response to designed annual meadows. *Landscape and Urban Planning* **180**: 103-113.
- Huck C, Körner C, Hiltbrunner E. 2013. Plant species dominance shifts across erosion edge-meadow transects in the Swiss Alps. *Oecologia* **171**: 693–703.
- Humbert JY, Ghazoul J, WALTER T. 2009. Meadow harvesting techniques and their impacts on field fauna. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **130**: 1-8.
- Chapin IFS, Zavaleta ES, Eviner VT, Naylor RL, Vitousek PM, Reynolds HL, Díaz S. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* **405**: 234-242.
- Chytrý M, Kočí M, Šumberová K, Sádlo J, Krahulec F, Hájková P, Hájek M, Hoffmann A, Blažková D, Kučera T, Novák J, Řezníčková M, Černý T, Härtel H, Simonová D. 2007. Vegetace České republiky. Academia, Praha.
- Joern A, Laws AN. 2013. Ecological mechanisms underlying arthropod species diversity in grasslands. *Annual review of entomology* **58**: 19-36.
- Klimes F. 1997. Louky a pastviny – ekologie travních porostů. Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích **1**:142.
- Koenig RT, Nelson M, Barnhill J, Miner D. 2002. Fertilizer management for grass and grass-legume mixtures **1**.
- Kononova MM. 2013. Soil organic matter: its nature, its role in soil formation and in soil fertility. Prgamon Press, London.
- Kvítek T, et al. 1997. Udržení, zlepšení a zakládání druhově bohatých luk. Výzkumný ústav meliorací a ochrana půdy, Praha.
- Ledgard SF, Steele KW. 1992. Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures. *Plant Soil* **141**: 137–153.

- Lindemann MP, Junge X, Matthies D. 2010. The influence of plant diversity on people's perception and aesthetic appreciation of grassland vegetation. *Biological Conservation* **143**: 195-202.
- Liu X, Lyu S, Sun D, Bradshaw CJ, Zhou S. 2017. Species decline under nitrogen fertilization increases community-level competence of fungal diseases. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **284**: 2016-2621.
- Marschner H. 2011. *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic press, Elsevier.
- Meilhac J, Durand JL, Beguier V, Litrico I. 2019. Increasing the benefits of species diversity in multispecies temporary grasslands by increasing within-species diversity. *Annals of botany* **123**: 891-900.
- Mengel K, Steffens D. 1985. Potassium uptake of rye-grass (*Lolium perenne*) and red clover (*Trifolium pratense*) as related to root parameters. *Biol Fert Soils* **1**: 53-58.
- Metera E, Sakowski T, Słoniewski K, Romanowicz B. 2010. Grazing as a tool to maintain biodiversity of grassland-a review. *Animal Science Papers and Reports* **28**:315-334.
- Milchunas DG, Lauenroth WK. 1993. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments: Ecological Archives M063-001. *Ecological monographs* **63**: 327-366.
- Ministerstvo životního prostředí. 2021. Půdní mapy. Available from [www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/pudni_mapy/\\$FILE/OOOPK-Kraj_Vysocina-200131128.gif](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/pudni_mapy/$FILE/OOOPK-Kraj_Vysocina-200131128.gif) (Accessed January 2021).
- Mládek J, Pavlů V, Hejcman M, Gaisler J. 2006. *Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích*. VÚRV, Praha.
- Moravec J, et al. 1994. *Fytocenologie*. Academia, Praha.
- Mountford JO, Lakhani KH, Kirkham FW. 1993. Experimental assessment of the effects of nitrogen addition under hay-cutting and aftermath grazing on the vegetation of meadows on a Somerset peat moor. *Journal of Applied Ecology* **1**: 321-332.
- Mrkvička J, Veselá M. 2002. Influence of fertilization rates on species composition, quality and yields of the meadow fodder. *Rostlinna Vyroba* **48**: 494-498.
- Mrkvička J, Veselá M. 2002. The influence of long-term fertilization on species diversity and yield potential of permanent meadow stand. *Rostlinna Vyroba* **48**: 69-75.
- Mrkvička J, Veselá M, Niňaj M. 2007. Trvalé travní porosty–jejich funkce v krajině. In: *Proceeding of conference Organic farming* **6**: 7.

- Mrkvička J, Vrzal J, Velich J. 1994. Koncentrace nitrátového dusíku v lyzimetrických vodách a jeho vyplavování při obnově travního porostu s různou dobou vápnění. *Rostlinná výroba* **40**: 1043-1048.
- Novák J. 2008. Pásienky, lúky a trávničky. Patria I., Prievizda.
- Novák J. 2009. Trávne porasty po odlesnení a samozalesnení:(monografia). Tribun, EU.
- Ojima DS, Dirks BO, Glenn EP, Owensby CE, Scurlock JO. 1993. Assessment of C budget for grasslands and drylands of the world. *Water, Air, and Soil Pollution* **70**: 95-109.
- O'Mara FP. 2012. The role of grasslands in food safety and climate change. *Annals of Botany* **110**: 1263–1270.
- Peeters A. 2009. Importance, evolution, environmental impact and future challenges of grasslands and grassland-based systems in Europe. *Grassland science* **55**: 113-125.
- Piro Z, Němcová Š, Jongepierová I, Konvička O. 2009. Údržba luk. Available from www.eshopbilekarpaty.cz/fotky54136/fotov/_ps_30udrzba-luk.pdf (accessed March 2021).
- Pladias. 2014-2021. Taxon. Available from <https://pladias.cz/taxon> (Accessed March 2021).
- Porqueddu C, Parente G, Elsaesser M. 2003. Potential of grasslands. In Optimal forage systems for animal production and the environment. Pages 11-20 in Proceedings of the 12th Symposium of the European Grassland Federation. Bulgarian Association for Grassland and Forage Production (BAGFP), Bulgaria.
- Prieto I, Violle C, Barre P, Durand JL, Ghesquiere M, Litrico I. 2015. Complementary effects of species and genetic diversity on productivity and stability of sown grasslands. *Nature Plants* **1**: 1-5.
- Prochnow A, Heiermann M, Plöchl M, Linke B, Idler C, Amon T, Hobbs PJ. 2009. Bioenergy from permanent grassland – A review: 1. Biogas. *Bioresource Technology* **100**: 4931-4944.
- Rajaniemi TK. 2002. Why does fertilization reduce plant species diversity? Testing three competition-based hypotheses. *Journal of Ecology* **90**: 316-324.
- Reichholf J. 1999. Pole a louky. Ikar, Praha.
- Sattari SZ, Bouwman AF, Rodriguez RM, Beusen AHW, Ittersum MK. 2016. Negative global phosphorus budgets challenge sustainable intensification of grasslands. *Nature communications* **7**: 1-12.
- Schaub S, Buchmann N, Lüscher A, Finger R. 2020. Economic benefits from plant species diversity in intensively managed grasslands. *Ecological Economics* **168**: 106-488.

Schellberg J, Moseler BM, Kuhbauch W, Rademacher IF. 1999. Long-term effects of fertilizer on soil nutrient concentration, yield, forage quality and floristic composition of a hay meadow in the Eifel mountains, Germany. *Grass and forage science* **54**: 195-207.

Skládanka J, Hrabě F, Heger P. 2014. Effect of fertilization and use intensity on the diversity and quality of herbage. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **56**: 131-138.

Soussana JF, Loiseau P, Vuichard N, Ceschia E, Balesdent J, Chevallier T, Arrouays D. 2004. Carbon cycling and sequestration opportunities in temperate grasslands. *Soil use and management* **20**: 219-230.

Speidel B, Weiss A. 1972 Zur ober – und unterirdischen Stoffproduktion einer Goldhaferwiese bei verschiedener Düngung. *Angewandte Botanik* **46**: 75–93.

Starczewski K, Affek-Starczewska A, Jankowaki K. 2009. Pages 37-45 in Non-marketable functions of grasslands. In: *Alternative functions of grassland. Proceedings of the 15th European Grassland Federation Symposium. Organising Committee of the 15th European Grassland Federation Symposium Brno, Czech Republic.*

Svobodová M. 2004. *Trávník*. Grada Publishing, Česká republika.

Úlehlová B, Halva E, Vrána M. 1981. Effect of gradation level of fertilizing to the distribution of root's mass in soils of some grassland vegetations. *Plant Production* **27**: 1191-1198.

Valkó O, Török P, Matus G, Tóthmérész B. 2012. Is regular mowing the most appropriate and cost-effective management maintaining diversity and biomass of target forbs in mountain hay meadows? *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* **207**: 303-309.

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha. *Půda v mapách*. Available from mapy.vumop.cz (Accessed January 2021).

Výzkumný ústav zemědělské techniky. 2007. *Zásady pro obhospodařování trvalých travních porostů*. Available from www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2007/087.PDF (accessed January 2021).

WALLIN L, SVENSSON BM, LÖNN M. 2009. Artificial dispersal as a restoration tool in meadows: sowing or planting? *Restoration Ecology* **17**: 270-279.

Wang Y, Ren Z, Ma P, Wang Z, Niu D, Fu H, Esler JJ. 2020. Effects of grassland degradation on ecological stoichiometry of soil ecosystems on the Qinghai-Tibet Plateau. *Science of The Total Environment* **722**: 137-910.

Xiao Y, Liu X, Zhang L, Song Z, Zhou S. 2021. The allometry of plant height explains species loss under nitrogen addition. *Ecology Letters* **24**: 553-562.

- Xu D, Fang X, Zhang R, Gao T, Bu H, Du G. 2015. Influences of nitrogen, phosphorus and silicon addition on plant productivity and species richness in an alpine meadow. *AoB Plants* **1**:7.
- Zhou X, Fornara D, Wasson EA, Wang D, Ren G, Christie P, Jia Z. 2015. Effects of 44 years of chronic nitrogen fertilization on the soil nitrifying community of permanent grassland. *Soil Biology and Biochemistry* **91**: 76-83.
- Zhou YZ, Yang GX, Xin XP. 2008. Influences of land using patterns on the anti-wind erosion of meadow grassland. *Huan jing ke xue= Huanjing kexue* **29**: 1394-1399.
- Ziaja M, Denisow B, Wrzesień M, Wójcik T. 2018. Availability of food resources for pollinators in three types of lowland meadows. *Journal of Apicultural Research* **57**: 467-478.
- Zlinska, J. 1995. Pollen allergens in natural meadow and pasture vegetation. *Botany, Sect.*