

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv zařazení bylin na výnos, kvalitu a předplodinovou
hodnotu pícních směsí**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Natálie Čáslavská

Program: Pěstování rostlin

Vedoucí práce: prof. Ing. Josef Hakl, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Vliv zařazení bylin na výnos, kvalitu a předplodinovou hodnotu pícních směsí“ 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 neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21.4. 2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala prof. Ing. Josefu Haklovi, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce, cenné rady a připomínky a ochotu pomoci. Zároveň bych ráda poděkovala svému příteli, rodině a svým přátelům za veškerou jejich podporu během studia.

Vliv zařazení bylin na výnos, kvalitu a předplodinovou hodnotu píce směsí

Souhrn

Tato diplomová práce hodnotí přínos zařazení bylin do jetelotravních směsí, které představují alternativní přístup k tradičním monokulturám či jetelovinotravním směsím a zdůrazňuje výhody směsí v oblasti udržitelnosti, biodiverzity, úrodnosti půdy a adaptability na změny klimatu. Poukazuje také na rozmanité faktory, které ovlivňují úspěch pícních směsí, včetně komplexních interakcí mezi různými druhy a jejich prostředím. Výzkumy prezentované v práci zdůrazňují možnosti zvýšení produktivity a udržitelnosti zemědělských systémů pomocí těchto směsí, ale také upozorňují na nutnost dalšího výzkumu a optimalizace praktických aplikací.

Polní parcelový pokus byl založen v roce 2020 na výzkumné stanici v Červeném Újezdě. V rámci pokusu bylo testováno 24 variant různých směsí a monokultur během dvou užitkových let při třísečném režimu, kdy byl hodnocen výnos (t/ha) a obsah hrubého proteinu (CP) a vlákniny (NDF). Směsi s bylinami poskytly vyšší výnosy píce než ostatní směsi. Obsah CP byl vyšší u směsí s bylinami než v jetelotravních směsích. Dle odhadovaného výnosu by nejvyššího výnosu dosáhla binární směs obou trav, a to díky vzájemné pozitivní interakci, naopak byliny měly v binární směsi negativní vzájemnou interakci. Vhodná směs pro nejvyšší výnos by tak měla obsahovat 20–70 % bylin, 40–80 % trav a do 10 % jetelovin.

Po pícních směsích následovala pšenice ozimá, u které se stanovil výnos zrna. Pšenice vykazovala vyšší výnos po monokulturách bylin a jejich směsích než po směsích jetelovin a trav a travních monokulturách. Dle předpokládané odezvy by nejvyšší výnos pšenice byl po binární směsi obou jetelovin, následovaný čtyřkomponentní směsí jetelovin a bylin, a to díky vzájemné pozitivní interakci mezi druhy. Naopak negativní vzájemná interakce druhů byla u směsí obou trav a všech směsí, kde by se tyto trávy nacházely. HTS pšenice byla vyšší po monokultuře jitrocele než po jetelotravních směsích. Ideální pícní směs pro nejvyšší výnos pšenice by se měla skládat z podílu trav do 10 % a obsahovat alespoň 50 % bylin a zbytek tvoří jeteloviny.

Klíčová slova: pícniny, směsi, jeteloviny, byliny

Effect of inclusion of herbs on yield, quality and legacy effect of forage mixtures

Summary

This thesis evaluates the benefits of including herbs in legume-grass mixtures, which represent an alternative approach to traditional monocultures or legume-grass mixtures and highlights the benefits of mixtures in terms of sustainability, biodiversity, soil fertility and climate change adaptation. It also highlights the diverse factors that influence the success of forage mixtures, including the complex interactions between different species and their environment. The studies presented in this paper highlight the potential to increase the productivity and sustainability of farming systems using these mixtures, but also highlight the need for further research and optimization of practical applications.

A field plot experiment was established in 2020 at the research station in Červený Újezd. The trial tested 24 variants of different mixtures and monocultures over two crop years under a three-cropping regime, assessing yield (t/ha), crude protein (CP) and fibre content (NDF). The mixtures with herbs provided higher forage yields than the other mixtures. CP content was higher in the mixtures with herbs than in the legume-grass mixtures. According to the estimated yield, the highest yield would be obtained by the binary mixture of the two grasses due to the positive interaction between them, while the herbs had a negative interaction with each other in the binary mixture. Thus, the ideal mixture for the highest forage yield should contain 20-70 % herbs, 40-80 % grasses and up to 10 % legumes.

The forage mixtures were followed by winter wheat, for which grain yield was determined. Wheat yielded higher after monocultures and mixtures of herbs than after legume-grass mixtures. According to the predicted response, the highest wheat yield would be after a binary mixture of both legumes, followed by a four-component mixture of legumes and herbs, due to the positive interaction between the species. Conversely, a negative species interaction would be present for mixtures of the two grasses and all mixtures containing the grasses. The TGW was higher after monoculture of ryegrass than after legume-grass mixtures. The ideal forage mixture for the highest wheat yield would consist of proportion of grasses up to 10 % and contain at least 50 % herbs and the remainder consisting of legumes.

Keywords: forages, mixtures, legumes, herbs

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	10
3	Literární rešerše	11
3.1	Jetelovinotravní směsi	11
3.2	Využití bylin v jetelovinotravních směsích	16
3.3	Vybrané druhy využívané v jetelotravních směsích	17
3.3.1	Vojtěška setá	17
3.3.2	Štírovník růžkatý	19
3.3.3	Srha laločnatá	20
3.3.4	Festulolium	22
3.3.5	Čekanka obecná	24
3.3.6	Jitrocel kopinatý	26
3.4	Předplodinná hodnota	27
4	Metodika	31
4.1	Charakteristika stanoviště	31
4.2	Varianty pokusu a charakteristika použitých odrůd	32
4.3	Design parcelového pokusu	33
4.4	Sklizně píče	34
4.5	Založení porostu pšenice ozimé	34
4.6	Odběr pšenice ozimé	35
4.7	Statistické vyhodnocení	35
5	Výsledky	37
5.1	Pícní směsi	37
5.2	Pšenice ozimá.....	40
5.2.1	První odběr.....	40
5.2.2	Druhý odběr	41
6	Diskuze	47
6.1	Pícní směsi	47
6.1.1	Výnos.....	47
6.1.2	NDF.....	48
6.1.3	CP	49
6.2	Předplodinná hodnota	50
6.2.1	Výnosotvorné prvky	50
6.2.2	Kvalitativní prvky.....	52

7 Závěr	53
8 Literatura.....	54
9 Samostatné přílohy.....	I

1 Úvod

V současné době se zvyšují požadavky na vyšší kvalitu produkce ve smyslu potřeby zvýšení koncentrace živin a jejich stravitelnosti při současném důrazu na ekologické aspekty a udržitelnost zemědělské produkce. Je třeba zastavit nepříznivý trend poklesu výměry víceletých pícnin v osevních postupech. Z pohledu zvýšení diverzity pícních porostů lze uvažovat o zařazení různých bylin, které se vyznačují vysokým obsahem živin, dieteticky působícími aromatickými látkami, nebo mají například vysoký obsah mikroelementů. Často používanými druhy jsou čekanka obecná a jitrocel kopinatý, které jsou spolehlivé, hluboce zakořeňují a jsou odolné proti suchu. Oba druhy mají velmi dobrý poměr minerálních látek, ale v podmínkách ČR je minimum výsledků nejen o jejich pícním využití, ale i jejich předplodinové hodnotě.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem této práce je vyhodnotit, zda zařazení bylin ovlivní produkční a kvalitativní vlastnosti píce a jejich předplodinovou hodnotu.

Hypotézy:

- 1) zařazení čekanky obecné a jitrocele kopinatého do jetelovinotravní směsi ovlivní výnos sušiny a kvalitu píce
- 2) výnos pšenice ozimé bude ovlivněn botanickým složením pícní směsi pěstované jako předplodina

3 Literární rešerše

3.1 Jetelovinotravní směsi

Zemědělský sektor je stále více vystaven tlaku na zvýšení udržitelnosti a snížení negativního dopadu, jako je degradace půdy, kvalita vody, emise skleníkových plynů a snížení biologické rozmanitosti rostlin a živočichů (Henle et al. 2008). Jako alternativa k současným zemědělským systémům bylo navrženo regenerativní a přírodě blízké zemědělství (Erisman et al. 2016). Tento koncept se spoléhá na přírodní procesy, které zvyšují biologickou rozmanitost a odolnost zemědělských systémů a zároveň snižují potřebu vstupů, jako jsou pesticidy a hnojiva (Fischer et al. 2006). Jedním z pilířů zemědělství zahrnujícího přírodu je koncept funkční agrobiodiverzity (Erisman et al. 2016). Například zařazení jetele do travních směsí nabízí mnoho potenciálních výhod (Luscher et al. 2014). Jetel pěstovaný v travinobylinných směsích může vázat až 380 kg N/ha/rok prostřednictvím symbiotické fixace N₂ (Luscher et al. 2014), což snižuje potřebu minerálních hnojiv. Rovněž bylo prokázáno, že jetel bílý snižuje penetrační odpor půdy v důsledku zvýšené přítomnosti půdní bioty, zatímco trávy zvyšují podíl drobtovité půdy (Van Eekeren et al. 2009). Kromě toho se jetel a trávy liší svým časovým vývojem, což vede k lepšímu potlačování plevelů (Finn et al. 2013). V neposlední řadě mohou směsi trav a jetelů prospívat biologické rozmanitosti v zemědělských podnicích. Například byl zjištěn vyšší výskyt žížal v jeteli bílém (Van Eekeren et al. 2009), neboť žížaly láká vyšší kvalita potravy (Luscher et al. 2015). Také jetelotravní směsi mohou být prospěšné pro populace opylujícího hmyzu a bezobratlých živočichů, které jsou na ústupu v důsledku ztráty stanovišť a zdrojů potravy (Corbet et al. 1991; Biesmeijer et al. 2006).

Studie biodiverzity ukázaly, že jeteloviny mohou hrát klíčovou roli ve složení půdního společenstva na druhově bohatých travních porostech tím, že zvyšují produkci nadzemních rostlin (Spehn et al. 2000; Salomon et al. 2004). Listy jetelovin měly vyšší aktivní mikrobiální aktivitu než listový opad z trav (Beare et al. 1990). Elgersma & Hassink (1997) zaznamenali vyšší množství aktivní půdní mikrobiální biomasy v travinobylinných porostech než v porostech pouze travinných. V mikrokosmické studii se srovnatelnou hmotností kořenů trávy a jetele bílého byla zjištěna vyšší mikrobiální biomasa u jetele (Mawdsley & Bardgett 1997), zatímco v polním pokusu De Vries et al. (2006) naměřili vyšší biomasu hub a bakterií v porostech pouze s trávou než s jetelem. Tisdall & Oades (1979) a Ryan et al. (2000) uvádějí, že kořeny jetele bílého byly více kolonizovány mykorhizními houbami než kořeny žita. Různí výzkumníci uváděli více bakteriožravých hlístic pod jetelovinami (Sohlenius et al. 1987; Viketoft et al. 2005) oproti více herbivorním hlísticím pod travami (Sarathchandra et al. 2001; Viketoft et al. 2005). V polních pokusech byla navíc zjištěna vyšší biomasa žížal ve směsích trávy a jetele než v porostech pouze s trávou (Sears 1950; Yeates et al. 1998). Kromě vyššího podílu stabilních agregátů pod jetelem bílým v porovnání s jíllem vytrvalým (Robinson & Jacques 1958) může zavedení jetele ovlivnit i další ekosystémové služby půdy. Mytton et al. (1993) zjistili vyšší míru vysychání půdy u jetele bílého než u jílků vytrvalého.

Elgersma & Hassink (1997) naměřili vyšší N-mineralizaci u jetele lučního bez hnojení než u travních porostů bez hnojení.

Výzkum v přírodních ekosystémech ukázal, že prostředí s větší rozmanitostí rostlin má tendenci poskytovat větší a stabilnější biomasu společenstva. Zvýšení floristické rozmanitosti krmných směsí by tedy mohlo zlepšit využití zdrojů (živin, světla a prostoru) a rychle se přizpůsobit klimatickým změnám (McKenzie et al. 1999; Tilman 1999; Belesky et al. 2002b). Taková výhoda by se projevila pouze v případě, že by složky směsí byly dostatečně rozmanité, aby plně využívaly prostředí. Předpokládá se, že komplexní směsi jsou lépe přizpůsobeny okrajovým prostředím, pokud jsou směsi složeny z relativně velkého počtu dobře přizpůsobených druhů (Annicchiarico et al. 1995). Složité směsi složené z druhů s výraznými rozdíly v sezónním růstu mohou poskytovat vyšší výnosy než jednodušší směsi. Posloupnost vrcholů produkce jednotlivých druhů během vegetačního období může rozložit produkci píce do celého vegetačního období a zvýšit celkovou produkci píce (Piano & Annicchiarico 1995; Belesky et al. 2002b). V důsledku toho by komplexní směsi měly být výhodnější z důvodu dosažení určitého stupně udržitelné produkce (Crosthwaite et al. 1996; Belesky et al. 1999).

Udržitelná produkce píce na pastvinách závisí na složité kombinaci půdy, počasí, topografie a změn způsobených samotnými pasoucími se zvířaty. Složitá topografie a rozmanité půdní typy vytvářejí mikrostanořiště, která umožňují růst rozmanitých botanických společenstev (Belesky et al. 2002a). Produkci ovlivňuje proměnlivost půd a nepředvídatelné počasí, které dominuje v chladných temperátních oblastech (Belesky et al. 1999). Pastva hospodářských zvířat přidává další úroveň složitosti díky selektivnímu spásání a jejich nerovnoměrnému vracení živin, což vede ke vzniku míst se zvýšenou úrodností (Belesky et al. 2002b).

Botanické složení komplexních směsí se s časem mění a je ovlivněno především prostředím a managementem pastvy (Belesky et al. 2002b). Botanické změny mohou ovlivnit výživnou hodnotu píce a ztížit obhospodařování komplexních směsí (Wilson & Clark 1960; Crosthwaite et al. 1996; Belesky et al. 1999; Sleugh et al. 2000). V jednoduchých travinobylinných směsích bylo zjištěno, že podíl trávy a jetelovin ovlivňuje hrubý protein (CP) a neutrálně detergentní vlákninu (NDF) (Sheaffer et al. 1990; Zemenchik et al. 2002). White et al (2004), kteří pracovali na původních travních porostech na Novém Zélandu, dospěli k závěru, že zvyšující se druhová rozmanitost rostlin je spojena s menšími hodnotami CP, skutečné stravitelnosti sušiny *in vitro* (IVTDMD) a větší koncentrací NDF. Vliv zvýšené druhové bohatosti na produkci píce je sporný. Na jedné straně výzkum na sečených pozemcích ukázal, že komplexní směsi pícních druhů mírného pásma nepřinesly vyšší výnosy než nejvýnosnější čistě travní porost (Piano & Annicchiarico 1995; Annicchiarico et al. 1995). Agronomická výhoda komplexních krmných směsí pro celkový výnos sušiny může být omezená (Zannone et al. 1983). Na druhou stranu výzkum pastvy dojníc na severovýchodě USA dospěl k závěru, že výsev středně komplexních směsí (tři až šest druhů) zvýší produkci píce (Sanderson et al. 2005).

Výhody, které přináší pěstování jetelotravních směsí, jsou vyšší produkce píce, snadnější a rychlejší zavádání píce při konzervaci a skutečnost, že porosty směsi bývají méně zaplevelené. Dále se jedná o stabilitu produkce v chladnějších i teplejších, případně sušších oblastech (Houdek 2009).

Mnoho pokusů na živinami chudých travních porostech skutečně ukázalo, že produkce biomasy byla v druhově bohatých porostech vyšší ve srovnání s průměrným výnosem monokultur (Spehn et al. 2002; Hille Ris Lambers et al. 2004; Hooper & Dukes 2004; Hooper et al. 2005; Roscher et al. 2005; Marquard et al. 2009; Mommer et al. 2010). V metaanalýze 44 pokusů s biodiverzitou, které manipulovaly s druhovou bohatostí rostlin, Cardinale et al. (2007) zjistili, že nejrozmanitější směsi dosahovaly v průměru výnosového přínosu +77 % ve srovnání s průměrnou monokulturou. Ve srovnání s nejproduktivnější monokulturou však tyto směsi vykazovaly výnosovou nevýhodu -12 %. Transgresivní navýšení výnosu, kdy směsi překonávají nejlepší monokulturu (Trenbath 1974; Schmid et al. 2008), se vyskytl pouze ve 12 % pokusů a v průměru trvalo přibližně 5 let, než se projevil. V agronomickém kontextu jsou směsi s transgresivním nadvýnosem jednoznačně preferovány, protože producenti mohou pro pěstování v monokultuře vybírat druhy s nejvyšším výnosem, a proto jakákoli výkonnost směsi musí soutěžit s tímto vysokým měřítkem.

Celoevropský pokus na 31 stanovištích v 17 zemích, který se uskutečnil pod záštitou akce COST 852 „Kvalitní pícninářské systémy založené na jetelovinách pro kontrastní prostředí“ (COST 2001), testoval, zda lze v typických zemědělských podmínkách dosáhnout vyšších výnosů ve srovnání s monokulturami pomocí směsí trav a jetelovin obsahujících čtyři druhy (Kirwan et al. 2007; Lüscher et al. 2008; Nyfeler et al. 2009; Finn et al. 2013). Tyto čtyři druhy představovaly čtyři funkční skupiny rostlin: rychle rostoucí travu, rychle rostoucí jetelovinu, pomalu rostoucí travu a pomalu rostoucí jetelovinu. Tyto funkční skupiny rostlinných druhů byly vybrány tak, aby maximalizovaly prospěšné mezidruhové interakce – jeteloviny umožňují symbiotickou fixaci atmosférického dusíku a kombinace rychlých a pomalých druhů měly maximalizovat pokrývnost porostu druhy se známými odlišnými časovými průběhy vývoje. Zkoumanými druhy jetelovin byly *Trifolium pratense* L. (jetel luční, 29 lokalit), *Trifolium repens* L. (jetel plazivý, 26 lokalit), *Medicago sativa* L. (vojtěška setá, 3 lokality), *Medicago polymorpha* L. (tolice mnohotvárná, 2 lokality) a *Trifolium ambiguum* M. Bieb. (jetel kavkazský, 2 lokality) (Finn et al. 2013).

Ve všech třech letech byl výnos vyšetých druhů (celkový výnos bez biomasy plevelů) ve směsi vyšší než průměrný výnos monokultury, přičemž výnosová výhoda průměrné směsi byla 77 % nad průměrnou monokulturou. Nejpozoruhodnější bylo, že transgresivního nadvýnosu bylo dosaženo na 79 % parcel se směsí a výnosová výhoda průměrné směsi činila 18 % ve srovnání s monokulturou s nejvyšším výnosem (Finn et al. 2013). Na švýcarském pracovišti, kde se testoval jetel luční a j. plazivý, ukázalo srovnání napříč úrovněmi hnojení dusíkem, vysoký potenciál náhrady N-hnojiv – travinobylinné směsi obsahující 40-60 % jetele a dostávající 50 nebo 150 kg/ha N hnojiva dosáhly stejného výnosu jako travní monokultury hnojené 450 kg N/ha (Nyfeler et al. 2009). V rámci celoevropského pokusu byly výhody travinobylinných směsí překvapivě robustní, přetrvávaly během tří pokusných let, u různých

testovaných druhů jetelovin i v rozsáhlém klimatickém gradientu, který pokrývaly pokusné lokality a který zahrnoval zeměpisnou šířku od 40°44' s. š. (Sardinie, Itálie) po 69°40' s. š. (Tromsø, Norsko) (Finn et al. 2013; Sturludóttir et al. 2013).

Rovnoměrnost měla vysoce významný vliv na výnos a efekt diverzity (převýšení výkonnosti směsi nad výkonností očekávanou na základě průměrné výkonnosti monokultur) (Kirwan et al. 2007; Finn et al. 2013; Sturludóttir et al. 2013). Při nízkých hodnotách vyrovnanosti vedlo mírné zvýšení vyrovnanosti směsi k prudkému nárůstu efektu diverzity (Connolly et al. 2013). Tyto výhody zvýšení vyrovnanosti však vykazovaly rychlé nasycení a efekt diverzity zůstal relativně konstantní v širokém rozmezí středních až vysokých hodnot vyrovnanosti (Kirwan et al. 2007; Connolly et al. 2013; Finn et al. 2013; Sturludóttir et al. 2013), což svědčí o vysoké robustnosti efektu diverzity vůči změnám relativní početnosti jednotlivých druhů. Vzhledem k tomu, že vysoká vyrovnanost v těchto směsích byla úzce spojena s podílem jetelovin 35-65 %, jsou výsledky Finna et al. (2013) v souladu se zjištěním výrazného transgresivního převládnutí ve směsích v širokém rozmezí (30-80 %) podílu jetelovin v porostu (Nyfeler et al. 2009).

Tato zjištění naznačují, že jetelotravní směsi nabízejí velký potenciál pro zvýšení produkce i při relativně nízké druhové bohatosti. V celoevropském pokusu Finna et al. (2013) travinobylinné směsky předčily jak travní, tak jetelovinové monokultury. Vzhledem k tomu, že symbiotická fixace N₂ nemůže vysvětlit velmi výraznou výnosovou výhodu směsí oproti monokulturám jetelovin, nemohl být přístup k atmosférickému N₂ jediným faktorem způsobujícím zvýšené výnosy směsí. V pokusech s diverzitou se pozitivní interakce mezi N₂ fixujícími jetelovinami a N₂ nefixujícími druhy rostlin často podílely na účincích směsí na výnos biomasy výrazně více než interakce mezi ostatními funkčními skupinami (Spehn et al. 2002; Li et al. 2007; Temperton et al. 2007; Kirwan et al. 2009; Nyfeler et al. 2009). Nicméně i kombinace jiných znaků mohou přinést významné efekty diverzity (Van Ruijven & Berendse 2003; Roscher et al. 2008). V celoevropském experimentu směsi silně profitovaly z kombinace rychle se vyvíjejících druhů s druhy pomalu se vyvíjejícími, ale časově stálými (Kirwan et al. 2007; Finn et al. 2013). Pro kvantifikaci mechanismů komplementarity u různých funkčních znaků a jejich příspěvku k výnosu směsi je zapotřebí dalšího výzkumu. Tyto znalosti by umožnily navrhnout směsi, které kombinují druhy s vysokou komplementaritou různých znaků, což následně povede k optimalizaci využívání zdrojů prostřednictvím komplementarity nik (Hill 1990; Lüscher & Jacquard 1991). Takový výzkum by měl zahrnovat i jiné jeteloviny než j. luční a j. plazivý, na nichž je zatím založena většina důkazů. Zejména by měly být testovány jeteloviny, o nichž je známo, že se dobře uplatňují v chladných anebo suchých podmínkách. Rozšíření návrhů také odhalí, zda další zvýšení druhové bohatosti může vést k dalšímu zisku efektů diverzity a výnosů směsí (Suter et al. 2010; Connolly et al. 2013).

Nyfeler et al. (2011) pozorovali v travinobylinných směsích obsahující j. luční a j. plazivý stimulační účinky doprovodných trav na symbiotickou aktivitu jetele fixující N₂. Tento účinek byl tak silný, že množství N ze symbiózy bylo maximalizováno nikoli v porostech čistých jetelovin, ale ve směsích s 60-80 % jetelovin. Podíly 40-60 % jetelovin ve směsi byly

dostatečné k dosažení stejného množství N ze symbiocy jako v porostech čistých jetelovin. Tento stimulační efekt dobře zapadá do modelu sink/source regulace symbiotické fixace N₂. Aktivita symbiotické fixace N₂ jetelovin byla velmi vysoká v porostech s převahou trav, kde byla dostupnost minerálního N pro jeteloviny velmi nízká. To bylo patrné z toho, že konkurenční travní složka odebírala většinu minerálního N, který byl v půdě dostupný, zatímco jeteloviny vykazovaly jen velmi omezený odběr. V porostech s převahou jetelovin (> 60 % jetelovin) však byla aktivita symbiotické fixace N₂ snížena. To bylo způsobeno jednak tím, že jeteloviny měly dostatečný přístup ke zdrojům minerálního N kvůli nízkému zastoupení trav (Nyfeler et al. 2011), jednak výrazně nižší potřebou N celého porostu, protože porosty s převahou jetelovin byly méně produktivní než porosty s 30-60 % jetelovin (Nyfeler et al. 2009). Zdá se, že citlivost jetelovin na snížení jejich symbiotické fixace N₂ vykazuje mezidruhové rozdíly (Rasmussen et al. 2012). Obecně platí, že jeteloviny pěstované ve směskách (s přiměřeným zastoupením trav) získávají většinu N (> 80 %) ze symbiotické fixace N₂ (Boller & Nösberger 1987; Heichel & Henjum 1991; Carlsson et al. 2009; Oberson et al. 2013), z čehož vyplývá, že množství N získaného ze symbiocy obecně závisí na produkci sušiny jetelovin (Unkovich et al. 2010).

Jeteloviny byly často studovány na intenzivně obhospodařovaných travních porostech v produktivních půdních a klimatických podmínkách. V extenzivně obhospodařovaných nehnojených nebo málo hnojených travních porostech byly u řady druhů rovněž naměřeny vysoké hodnoty podílu N pocházejícího ze symbiocy (Carlsson et al. 2009; Roscher et al. 2011). Nízké hodnoty množství N pocházejícího ze symbiotické fixace N₂ však byly pozorovány při nízkých teplotách ve dvou pokusech v růstové komoře na živném roztoku (Kessler et al. 1990; Nesheim & Boller 1991). To souviselo nejen s nízkým růstem a celkovou akumulací N u j. plazivého, ale také s výrazným snížením podílu N odvozeného ze symbiocy. Autoři tedy dospěli k závěru, že za malý podíl fixace N₂ na výživě N j. plazivého při nízkých teplotách je zodpovědný především negativní vliv nízké teploty na procesy fixace N₂, nodulaci (Roughley & Dart 1970) a aktivitu nitrogenázy (Cralle & Heichel 1982). O symbiotické fixaci N₂ v okrajových podmínkách ve vysokých nadmořských výškách (Bowman et al. 1996) nebo vysokých zeměpisných šířkách bylo publikováno jen několik polních studií (Henry & Svoboda 1986; Sparrow et al. 1995). Jacot et al. (2000a, b) studovali význam symbiotické fixace N₂ pro jeteloviny a pro bilanci N celého travního ekosystému druhově bohatých polopřirozených pastvin v Alpách. Zkoumanými druhy jetelovin byly *Lotus corniculatus* L. (štírovník růžkatý), *Lotus alpinus* Schleicher (štírovník alpský), *Vicia sativa* L. (vikev setá), j. luční, j. plazivý, *Trifolium nivale* Sieber, *Trifolium thalii* Vil., *Trifolium badium* Schreber (jetel hnědý) a *T. alpinum* L. (jetel alpský). Podél výškového gradientu od 900 m n. m. až po výškovou hranici výskytu jetelovin ve 2600 m n. m. všechny druhy jetelovin uspokojovaly většinu svých potřeb dusíku ze symbiocy (59-90 %). To naznačuje, že symbiotická fixace N₂ je dobře přizpůsobena jak klimatickým, tak kyselým půdním podmínkám zkoumaných lokalit. Nicméně množství N získaného ze symbiocy výrazně klesalo s rostoucí nadmořskou výškou (z 18 na 1 kg N/ha/rok) v důsledku silného poklesu celkové

produktivity rostlinného společenstva a poklesu zastoupení jetelovin v porostu z 15 % na 4 %.

Tato zjištění a model regulace symbiotické fixace N_2 na ekosystémové úrovni (sink/source model) mají několik zásadních důsledků pro využívání atmosférického N_2 v travních systémech. Za prvé, ve srovnání s jetelovými monokulturami mají směsi trav a jetelovin potenciál fixovat více N_2 z atmosféry. Za druhé, neexistuje kompromis mezi vysokou produktivitou a vysokým ziskem symbioticky fixovaného N_2 , protože jsou pozitivně propojeny prostřednictvím poptávky po N (sink). Proto je pro stimulaci poptávky po N ze symbiomy rozhodující dostatečná dostupnost dalších živin, jako je P, K a S (Hartwig 1998, Brown et al. 2000, Tallec et al. 2009). Za třetí, velmi vysoké vstupy N do ekosystému prostřednictvím symbiomy mohou zvýšit riziko ztrát N do prostředí. Tyto nežádoucí ztráty N však lze omezit nebo jim zabránit, pokud je podíl trav v porostu dostatečný k zajištění vysoce konkurenčního příjmu minerálního N z půdy (Luscher et al. 2014).

3.2 Využití bylin v jetelovinotravních směsích

Novozélandské pastevní systémy jsou tradičně založeny na jílku vytrvalém s příměsí jetele plazivého (Kemp et al. 2002). V průběhu letních a podzimních měsíců však může být produkce pastvy s j. vytrvalým aj. plazivým omezena jak z hlediska výživné hodnoty, tak z hlediska produkce, což může vést ke snížení příjmu a užitkovosti zvířat (Burke et al. 2002, Moorhead et al. 2002). Proto jsou v těchto obdobích zajímavé alternativní druhy pícnin, zejména v suchých oblastech. Čekanka a jitrocel jsou vysoce výnosné, v létě aktivní vytrvalé byliny, které si mohou během teplého léta udržet vysoké nutriční hodnoty (Powell et al. 2007; Minneé et al. 2013; Lee et al. 2015). Vytrvalost čekanky i jitrocele se však výrazně snižuje, pokud jsou spásány v zimním období (Li et al. 1997a; Ayala et al. 2011), a proto nejsou příliš kompatibilní se zimně aktivními druhy trav.

Chovatelé ovcí a skotu používají různé kombinace čekanky obecné (*Cichorium intybus* L.), jitrocele kopinatého (*Plantago lanceolata* L.), jetele lučního a jetele plazivého jako specializované letní aktivní pastevní porosty pro zvýšení živočišné produkce. Tato směs bylin a jetele byla vyvinuta s cílem maximalizovat produkci píce a výživnou hodnotu po celé léto, především pro použití v sušších podmínkách, a proto neobsahuje travní druhy. Směs bylin a jetele se liší od jiných rozmanitých pastevních směsí, které obsahují hlavní podíl trav a menší podíl jiných druhů včetně bylin a jetelovin (Ruz-Jerez et al. 1991; Daly et al. 1996; Goh & Bruce 2005). Kromě toho je v porovnání s čistým porostem čekanky pravděpodobné, že směs bylin a jetele bude mít větší výnos, delší vegetační období a větší vytrvalost díky přísadce jitrocele.

Směs bylin a jetele může produkovat 9-15 t sušiny/ha/rok (Manawat), pokud je složena ze 40-60 % jitrocele, 20-40 % čekanky, 5-20 % jetele lučního a 0-10 % jetele plazivého (Cranston et al. 2015). Nicméně v sušších podmínkách bylo prokázáno, že čisté porosty čekanky a jitrocele poskytují výnos 7-16 t sušiny/ha/rok (Canterbury) (Hunter et al. 1994; Stewart 1996; Brown et al. 2005) a 8-19 t sušiny/ha/rok (Waikato) (Minneé et al. 2013; Lee et al. 2015). To naznačuje, že směs bylin a jetele by byla vhodná i v jiných oblastech (Nový

Zéland). Produkce směsi bylin a jetele se může projevit zejména během suchých let, a to díky tomu, že byliny mají větší odolnost vůči suchu než jílek vytrvalý a jetel plazivý (Nie et al. 2008). Směs bylin a jetele může mít zanedbatelný zimní přírůstek (Cranston et al. 2015). V rámci směsi bylin a jetele se růst jednotlivých druhů liší, neboť jitrocel začíná růst dříve na jaře a pokračuje později na podzim než ostatní druhy (Kemp et al. 2010), ale čekanka a jetel luční jsou během léta produktivnější než jitrocel aj. plazivý (Kemp et al. 2002; Li & Kemp 2005). Tyto sezónní rozdíly mají za následek změny v botanickém složení mezi jednotlivými ročními obdobími.

Jasnou výhodou směsi bylin a jetele je, že má v létě vyšší výživnou hodnotu ve srovnání s jílkem a jetelem. Směs bylin a jetele má obecně nižší obsah vlákniny, podobný obsah hrubého proteinu a vyšší procento stravitelnosti organické hmoty a obsah metabolizovatelné energie. Při výsevu čistého porostu může být obsah hrubého proteinu v jitroceli nízký (<15 %) (Lee et al. 2015; Pain et al. 2015), což může potenciálně omezovat živočišnou produkci. Obsah jetele ve směsi bylin a jetele však tento potenciální problém pravděpodobně zmírňuje (Sinhadipathige et al. 2012). Proto je směs bylin a jetele vhodnější jako specializovaná letně aktivní víceletá pícnina pro výkrm jehňat/skotu než čistě jetelový porost.

3.3 Vybrané druhy využívané v jetelotrávních směsích

Existuje celá řada druhů, které mají potenciální využití pícních směsí. V literární rešerši jsou blíže popsány pouze druhy, které byly použity v experimentu.

3.3.1 Vojtěška setá

Vojtěška setá je jedna z nejstarších a nejvýznamnějších víceletých bílkovinných pícnin. Pozitivně působí na strukturu a úrodnost půdy, a to díky obohacování půdy o dusík a ukládání živin z hlubších půdních horizontů do kořenového systému (Vorlíček 2004). Limitujícím faktorem pro její pěstování jsou půdní podmínky. Optimální jsou středně těžké půdy, které by měly mít v hlubších vrstvách dostatek vápníku, s optimálním pH od 6,8 do 7,2. Vhodná je jižní až jihozápadní expozice. Předpokladem úspěšného pěstování je také optimální poměr vody a vzduchu v půdě, propustnost spodiny a nižší hladina podzemní vody (Hrabě 2004). Kritická hranice spodní vody je 1,5 m od povrchu půdy. Vhodnými půdními druhy jsou černozemě, rendziny, hnědozemě (Velechovská 2022) a nivní a lužní půdy, naopak méně vhodnými jsou půdy jílovité, písčité, glejové i oglejené. Podmínky prostředí ovlivňují úspěšné založení porostu až ze 72 %, výsevni množství se na počtu rostlin/ha podílí zbylými 28 %. Při zakládání bez krycí plodiny je dostatečných 6–7 milionů klíčivých semen, při výsevu do krycí plodiny je nutno 7,5 – 8 milionů klíčivých semen. Vojtěška se seje většinou v březnu až dubnu do hloubky 1-2 cm, na lehčích půdách do hloubky 2-3 cm. Letní výsevy lze provést do poloviny srpna. Úspěšné přezimování a otužování je podmíněno dostatečnou tvorbou pupenů a zkrácených výhonů na kořenovém krčku (Rotrekl & Babinec 2006)

Vojtěšku lze sklízet několikrát ročně, což vede k vysoké produktivitě z hlediska výnosu píce. I proto se hojně využívá v chovu hospodářských zvířat, neboť jí lze zpracovávat na

senáž, siláž, nebo přímo zkrmovat (Peltekova & Broderick 1996; Ozkose 2018). V souvislosti s produkcí vojtěšky se velká pozornost věnuje výnosu i kvalitě píce, protože tyto dva aspekty určují obsah sušiny a nutriční hodnotu (Yang et al. 2021). Vyznačuje se vysokým obsahem dusíkatých látek a vysokou nutriční hodnotou (Klesnil 1978). Obsahuje také velké množství vitamínů, minerálních látek, především draslíku, fosforu, hořčíku a vápníku (Doležal & Skládanka 2008). Zařazení v osevním postupu by mělo být s odstupem 5 let po sobě, nejlépe jako druhá či třetí následná plodina po hnojené okopanině (Rotrekl & Babinec 2006).

Morfologie kořene odpovídá stepnímu původu, který ovlivnil její příznivé charakteristiky – mrazuvzdornost a suchovzdornost. V prvních letech dosahuje hloubky až 1,5 m, v dalších letech i více jak 5 m, v horní části je méně větvený. Pupeny jsou zakládány na kořenovém krčku ve vertikální poloze. Lodyhy jsou přímé, vystoupavé, lysé a dlouhé až 1 m. Listy má trojčetné, v horní třetině jsou lístky zubaté, prostřední lístek je na delším řapíku. Květenstvím je hrozen, květy jsou modrofialově zbarveny. Opylovací mechanismus květů je pružinový, k cizosprašení je třeba uvolnění tyčinek a pestíků, jejichž uvolnění vyvolá hmyz. Plodem je vícesemenný lusk (Pelikán et al. 2012).

Vojtěška má jarní charakter, pro tvorbu květů vyžaduje dlouhý den. Jednotlivé druhy dle svého původu vyžadují ve světelném stádiu 12–18hodinový den. Mimo délku dne, je důležitá i intenzita světla. Ke zpomalení až k zastavení vývoje důsledkem snížené intenzity světla může dojít během založení porostu do husté krycí plodiny, kdy může dojít až ke snížení světelného požitku až o 80–90 % z celkového záření (Rotrekl & Babinec 2006).

Tuto jetelovinu je možno pěstovat v kukuřičné, řepařské a na hlubších půdách i v teplejší bramborářské výrobní oblasti. Od vzejití do plného květu vyžaduje sumu teplot 1200–1300 °C. V následujících letech by suma teplot pro první seč měla být 800 – 900 °C, pro druhou seč 700 – 800 °C, od květu do zralosti semen je třeba dalších 800 – 900 °C. Teploty je třeba posuzovat v souvislosti s úhrnem srážek, vzdušnou a půdní vlhkostí. Vodní nasycenost půdy je doporučena na 70 % během tvorby lodyh, 80 % ve fázi butonizace a 40–50 % při kvetení (Rotrekl & Babinec 2006).

Vojtěška se využívá především pro pěstování na orné půdě, většinou jako monokultura, ale může se pěstovat ve vojtěškotravních či vojtěškojetelotravních směsích. Většina vojtěšky se pěstuje za účelem sklizně na seno nebo senáž, případně se jí využívá při pastevním využití (Undersander et al. 2011). Porost se zakládá buď jako čistosev, nebo do krycí plodiny (Rotrekl & Babinec 2006). Podmínkami úspěšného založení porostů jsou kvalitně provedená podmítka, hlubší podzimní orba, která pomáhá potlačovat vytrvalé plevele (Undersander et al. 2011), na jaře jemně zpracovaná vrstva na neprokypřené spodní části ornice a dostatečně urovnaný povrch bez hrud. Překypřenou půdu je potřeba před výsevem uválet, při sušších podmínkách je vhodné válení rýhovanými vály i po výsevu. (Rotrekl & Babinec 2006). Aby vojtěška přežila zimu, potřebuje po vyklíčení alespoň 6 týdnů růstu. Rostlina zpravidla přežije, pokud vytvoří kořenový krček před mrazy (Undersander et al. 2011).

Příjem dusíku má vojtěška zabezpečen z 60–90 % pomocí symbiotické fixace vzdušného kyslíku bakteriemi *Rhizobium meliloti*. Při pěstování na pozemcích, kde vojtěška

nebyla dlouhou dobu pěstována, nebo kde je menší biologická aktivita, je vhodné infikovat osivo kmeny rhizobií. U vojtěšky probíhá nodulace na kořeni prostřednictvím výměny signálních molekul mezi oběma symbiotickými partnery, poté *R. meliloti* napadá rostlinu pomocí infekčních vláken, která jsou iniciována ze stočených kořenových vlásků a která rostou směrem ke kůře rostliny. Současně dochází k dediferenciaci vnitřních korových buněk, které se často nacházejí před rostoucími infekčními vlákny, a dochází k indukci nodulárního primordia. Aktivita meristému uzliny, který je pak iniciován na vnější straně primordia uzliny, je příčinou dalšího růstu uzliny (Vasse et al. 1993).

Vojtěška na píci by se měla sklízet tak, aby bylo dosaženo maximálního výnosu při zachování vytrvalosti porostu. V prvním užitkovém roce by se porost měl využívat třemi sečemi a teprve v dalších užitkových letech je možno porost využívat čtyřmi sečemi. První seč je třeba provést v době, kdy první 2-3 listy odspodu lodyh začínají žloutnout, nejpozději však v počátku kvetení. Při kvetení již dochází ke snížení obsahu stravitelných živin, zvyšování vlákniny, rostliny začínají dřevnatět. Ostatní seče se provádí ve fázi butonizace. Pro dobré obrůstání porostu se doporučuje výška seče 4-6 cm (Rotrekl & Babinec 2006).

Úrodnost půdy je klíčovým faktorem určujícím produktivitu vojtěšky (Jia et al. 2009; Fan et al. 2016). Mnoho studií ukázalo, že úrodnost půdy je ovlivněna zavedením jetelovin do pěstebních systémů (Wu et al. 2003; Jia et al. 2006). Ukázalo se, že stáří porostu vojtěšky ovlivňuje poměr půdního organického uhlíku k celkovému dusíku v půdě (C:N) a půdního organického uhlíku k dostupnému fosforu v půdě (C:P) (Jia et al. 2006). Předpokládá se, že snížení výnosu vojtěšky při dlouhodobé produkci je způsobeno interakcí půdní vody a půdní úrodnosti. Správné využívání půdní vody a živin má zásadní význam pro udržitelnost zemědělství, zejména v suchých a polosuchých oblastech (Wang et al. 2021).

3.3.2 Štírovník růžkatý

Štírovník je trvalejší jetelovina s dlouhým křovitým kořenem, dosahující až 1 metru, který s věkem dřevnatí a má mnoho postranních větví tvořící hustou vláknitou síť. Lodyhy mohou být vzpřímené nebo poléhavé, vysoké až 1 m, jsou pevné, štíhlé, na průřezu kulovité. Listy jsou složité, každý se třemi koncovými a dvěma bazálními lístky, 6-20 mm dlouhé a 2-9 mm široké, celokrajové až drobně pilovité. Květenstvím je lusk 2-6 krátce stopkatých květů umístěných na vrcholu dlouhé, poměrně vzpřímené stopky vyrůstající z paždí horních listů. Květy jsou žlutě až měděně zbarveny, často červeně pruhované. Kalich se skládá z 5 spojených kališních lístků, 10 tyčinek a jednoduchého pestíku. Tobolky jsou 15-30 mm dlouhé, válcovité, hnědě až téměř černě zbarveny, nesené v pravém úhlu k vrcholu stopky. Semena jsou nepravidelně zaoblená a poněkud zploštělá, olivově až černě zbarveny, jsou často skvrnitá a lesklá (Turkington & Franko 1980).

Od 50. let 20. století se stal štírovník významnou plodinou pro výrobu sena a siláže v severní části USA a ve východní Kanadě (Seaney & Henson 1970). Štírovník je tolerantní k suchým, zamokřeným, zasoleným, kyselým i vápenatým půdám (Laskey & Wakefield 1978), a proto je vhodnou jetelovinou pro zvýšení produkce na chudších trvalých pastvinách

(Templeton et al. 1967). Snáší intenzivní pastvu a nezpůsobuje nadýmání pasoucích se hospodářských zvířat (Smith 1975).

Štírovník je přizpůsobený střední intenzitě světla – studie ukázaly, že nízká intenzita světla brzdí růst vrcholu i kořenů (Gist & Mott 1957), snižuje poměr listů ke stonku (Rhykerd et al. 1959) a snižuje listovou plochu (McKee 1962). Je přizpůsoben delším srážkám v mírných oblastech a letním nebo zimním sezónním deštům (Whyte et al. 1953). Naopak není dobře adaptován na extrémně vysoké teploty (Nelson & Smith 1969). Může se vyskytovat na všech půdách a stanovištích, které nejsou silně zastíněné, velmi kyselé, nebo trvale zamokřené, zatímco na chudých a suchých půdách ve vysokých nadmořských výškách má větší šanci než ostatní jeteloviny (Turkington & Franko 1980). Největší růst vykazuje na vlhkých, těžších, úrodných, vápenitých půdách o pH 6,5 (Smith 1975).

Štírovník má řadu morfologických znaků, které jsou významné pro jeho rozšiřování a přežívání. Jeho kulový hluboký kořen zvyšuje odolnost vůči suchu (Whyte et al. 1953) a jeho symbiotické bakterie *Bradyrhizobium japonicum* mohou vydržet až 19 let dehydratace (Foulds 1971).

Tuto jetelovinu lze vysévat na jaře nebo na podzim, samostatně nebo s pomalu rostoucí doprovodnou trávou. Čistě porosty poskytují kvalitní píci a jsou vhodné pro výrobu sena. Čistě porosty však řídnu rychleji než porosty smíšené. Ve směsích jsou vhodnými druhy bojínek, lipnice luční a sveřep, ale lze přimíchat i konkurenčně zdatnější trávy, jako je srha laločnatá či jílek vytrvalý (FAO 2014). Mísení s plodinami, jako je oves nebo ječmen, je možné za předpokladu, že se tyto plodiny včas posečou nebo spasou, aby nedošlo k zastínění a následnému úbytku rostlin štírovníku (Undersander et al. 1993). Štírovník vyžaduje dobře připravené seťové lůžko. Osivo může být před vysetím skarifikováno. Semena by neměla být zapravena hlouběji než 1,3 cm a pro usnadnění vzcházení by měly být kontrolovány plevele. Směsi trav a štírovníku jsou méně náchylné k zaplevelení než štírovník vysetý samostatně. Doprovodné trávy také zabraňují poléhání této jeteloviny (Grant & Marten 1985).

Po založení na kvalitních půdách dávají směsi štírovníku a trav výnos 10-17 t sušiny na hektar. Monokultury dosahují výnosu 6–14 t sušiny na hektar (Bullard & Crawford 1995). Takto vysokých výnosů nelze dosáhnout na chudých půdách (FAO 2014).

V závislosti na délce vegetačního období se štírovník seče dvakrát nebo třikrát v šestitýdenních intervalech (FAO 2014). První seč by měla být provedena při 10 % květu, druhá seč v polovině srpna. Doporučuje se jej nesekat během pozdního léta a do prvních silných mrazů, aby se podpořilo hromadění zásob v kořenech a následné jarní obrůstání (Heuzé et al. 2016).

3.3.3 Srha laločnatá

Srha je volně trsnatá vytrvalá tráva, dobře přizpůsobená mírnému pásmu. Vyznačuje se dobrými odnožovacími vlastnostmi a přizpůsobivostí různým podmínkám prostředí. Je rozšířena ve většině evropských zemí, v Severní Americe, jako jsou USA a Kanada, v Jižní Americe, Austrálii, na Novém Zélandu a v Asii. Ve středomořských klimatických podmínkách vykazuje odolnost vůči teplu a suchu, ale není tolerantní vůči zamokření a vlhkým půdám a je

jen mírně zimovzdorná. Využívá se na seno, siláž a pastvu a je vhodná pro smíšený výsev s vojtěškou setou nebo jetelem lučním na seno nebo jetelem plazivým na pastvu. Hlavní výhodou tohoto druhu je větší produkce píce v letním období ve srovnání s jinými pícinami, její kvalita píce je však nižší než u vysoce stravitelných trav, jako jsou např. jílek (*Lolium* spp.). Vzhledem ke své odolnosti vůči zastínění se v Evropě používá také k zakládání vegetačních krytů ve vinicích nebo sadech (Boller et al. 2010).

Bylo vyšlechtěno mnoho odrůd pro pozdní dozrávání, vyšší olistění, vyšší produktivitu, lepší odolnost vůči chorobám, širší přizpůsobivost a výživnou hodnotu (Hannaway et al. 1999). Vysokých výnosů vysoce kvalitní píce se dosahuje díky včasné mechanické sklizni a správě živin. Výnosy 6-7 tun sušiny na hektar za seč jsou možné při vysoké úrovni hospodaření a zavlažování nebo na hlubokých půdách. Oblasti s vyšší nadmořskou výškou mají krátké vegetační období a typické jsou výnosy 4,5 t/ha (Hannaway et al. 1999).

Díky svým růstovým vlastnostem se srha hodí na časně jarní pastviny, s výjimkou velmi vlhkých půd. Díky svému rychlému růstu a odnožování je vhodnější pro rotační pastvu než pro pastvu kontinuální. Frekvence a intenzita pastvy výrazně ovlivňují růst pastvin, ale při dostatečně dlouhém období obnovy v systémech rotační pastvy lze dosáhnout výnosů dosahujících úrovně mechanické sklizně. Díky vysoké rychlosti růstu při vysoké úrodnosti a rozsáhlému kořenovému systému je srha cenná v systémech recyklace živin. Například pokud má píce 3 % N (18,75 % hrubého proteinu), obsahuje 136 kg N. Vysoce produktivní trávy, jakou je právě srha, tak mohou při pěstování na hlubokých půdách s dostatečným zásobením vodou využívat vysoké dávky N, přesahující 312 kg N/ha/rok. V systémech aplikace hnoje a čistírenských kalů je proto srha ceněna pro svou schopnost produkovat vysoce kvalitní krmivo a zároveň využívat velké množství N, čímž chrání podzemní vody před kontaminací dusičnany (Hannaway et al. 1999).

Optimální podmínky pro růst jsou roční denní teploty od 4,3 °C do 23,8 °C, roční úhrn srážek od 480 mm do 750 mm, bohaté těžké a propustné až suché půdy s pH 4,5-8,2 (Duke 1983). Je tolerantní k zastínění, vysokým teplotám a suchu (Heuzé & Tran 2015), ale nesnáší nadměrnou vlhkost (FAO 2014).

Srha se může sklízet až čtyřikrát ročně a zůstává produktivní po dobu 4 až 8 let. Výnosy sena mohou být při dostatečném hnojení až 13,5 t/ha, bez hnojení 5-6 t/ha (Heuzé & 2015).

Jako hluboko kořenící vytrvalá tráva je srha výborným půdním pokryvem a může být využívána v rekultivačních programech, například k ochraně půdy proti erozi na vykácených lesních pozemcích nebo na svazích a k rekultivaci míst narušených těžbou (Quattrocchi, 2006). Jakmile se jednou usadí, lze ji pěstovat bez dodatečného hnojení a bez pesticidů. Srha je preferována hospodářskými zvířaty za předpokladu, že je dostatečně hnojena (Voisin 1988).

Srha se zapojuje pomaleji než jílek vytrvalý, ale rychleji než kostřava rákosovitá. Pomalejší zakořeňování do vzrostlého drnu je způsobeno vývojem rozsáhlejšího kořenového systému. Úplné vytvoření drnu může trvat 12-18 měsíců, ale lze ji sklízet mnohem dříve. Zakládání porostu srhy se provádí začátkem jara, nebo koncem léta, především v závislosti na typu půdy. Brzy na jaře mohou být půdy s jemnou strukturou pro kultivaci a výsev příliš

vlhké, zatímco na půdách s hrubší strukturou lze vysévat na jaře nebo na podzim, pokud je k dispozici zavlažování. Pomalé vzcházení při chladných teplotách na podzim činí v mnoha oblastech vhodnější jarní výsadbu, zejména tam, kde hrozí poškození mrazem (Hannaway et al. 1999).

Půda pro výsev by měla být na povrchu kyprá, ale pod povrchem pevná, aby byla zajištěna správná hloubka výsevu. Používají se co nejmenší rozteče mezi řádky. Osivo se vysévá 0,5 až 1 cm hluboko. Pokud je srha smíchána s jetelovinou, je vhodnější hloubka setí 0,5 cm. Při setí do suchého seťového lůžka lze použít pro lepší uchycení porostu přítlačné kolo nebo jiné zařízení na utužení půdy. Na připraveném seťovém lůžku dobře fungují dvoukotoučové secí stroje obilného typu s hloubkovým vedením. Úspěšnost výsevu lze zvýšit vláčením nebo válením. (Hannaway et al. 1999).

Sečení a pastva výrazně ovlivňují kvalitu, produktivitu a stálost píce. Kvalita je nejvíce ovlivněna fází růstu při sklizni. Pro získání vysoce kvalitní konzervované píce se srha sklízí na začátku metání. Odložení sklizně až do začátku květu zvyšuje výnos, ale snižuje kvalitu a odnožování. Protože srha klíčí a zakořeňuje pomaleji než některé jiné chladnomilné trávy, mohou být nové porosty vážně poškozeny nadměrnou nebo příliš brzkou pastvou. Před pastvou nebo sklizní by nové porosty měly být dobře zakořeněné a vysoké přibližně 25 až 30 cm. Pastva a sečení by měly zajistit vysoké množství kvalitní píce, rychlé obrůstání a dlouhodobé porosty. Těchto cílů lze dosáhnout pochopením mechanismů obrůstání trav a uplatňováním určitých důležitých zásad. Rozumné obhospodařování na začátku jara, kdy je tráva ve vegetační fázi, zajistí rychlé obrůstání. V případě pastvin zahrnuje správné obhospodařování v této fázi umožnění růstu rostlin do výšky 8 až 10 cm, pastvu do výšky 2 až 4 cm a zajištění doby obrůstání. V případě sena nebo siláže je třeba před mechanickou sklizní nechat rostliny dosáhnout fáze před metáním. Po každém cyklu pastvy nebo po mechanické sklizni se doporučuje přihnojit porost dusíkem v dávce 56 kg/ha/rok. Doba obnovy po seči nebo pastvě, která umožňuje opětovný růst do výšky 20 až 25 cm, se musí dodržet (Hannaway 1999).

3.3.4 Festulolium

Hybridy získané křížením travních druhů patřících do dvou rodů – kostřavy (*Festuca* L.) a jílku (*Lolium* L.), se nazývají Festulolium a ve světě se pěstují stále častěji. Jejich využití je pestré, od pícnin až po trávníky. Vzhledem k ploše, na které se kostřava a jílek pěstují, existuje velký potenciál pro rozšíření odrůdy Festulolium, která v mnoha ohledech předčí stávající odrůdy kostřavy a jílku (Kopecký et al. 2006).

Přednost hybridů Festulolium je dána úspěšnou kombinací žádoucích vlastností obou rodičovských druhů. Jílky, konkrétně jílek mnohokvětý italský (*Lolium multiflorum* Lam.) a jílek vytrvalý (*Lolium perenne* L.), jsou dva nejčastěji používané druhy pro produkci pícnin a rozvoj trávníků. Vyznačují se vysokým výnosem, dobrou chutností a stravitelností, rychlým vzcházením, sytě zelenou barvou, relativně jemnou strukturou a dobrou hustotou. Jsou však citlivé na abiotické a biotické stresy. Na druhé straně kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea* Schreb.), k. luční (*Festuca pratensis* Huds.) a k. rákosovitá var. *Glaucescens* jsou

známé dobrou perzistencí a tolerancí ke stresovým podmínkám. Kostřava rákosovitá je známá svým hlubokým kořenovým systémem a vynikající odolností vůči suchu, zatímco kostřava luční nese geny pro odolnost vůči mrazu a zimě (Jauhar 1993).

Jílky a kostřavy se v přírodě kříží, ale jejich kříženci jsou sterilní (Lewis 1975). Možnost získat fertillní hybridy v kontrolovaných podmínkách křížení otevřela cestu ke šlechtění vylepšených odrůd trav a před více než 40 lety byly v Evropě registrovány první odrůdy *Festulolium* 'Prior' a 'Elmet' (Lewis et al. 1973), následované odrůdami 'Kenhy' v USA (Buckner et al. 1977). 'Kenhy' se stal velmi oblíbeným pro vysoký výnos a byl dlouhou dobu používán s k. rákosovitou, nebo místo ní. Od té doby šlechtitelské programy po celém světě vytvořily řadu komerčně úspěšných hybridů *Festulolia* (Kopecký et al. 2006).

Aby bylo dosaženo vysoce kvalitního porostu, musí být primární porost sklizen v raném stádiu zralosti. Ačkoli je fáze růstu hlavním faktorem ovlivňujícím kvalitu píce, prostředí modifikuje vliv zralosti rostlin tím, že mění rychlost růstu, rychlost vývoje, výnos a kvalitu píce, rychlost stárnutí a množství odumřelého rostlinného materiálu. Roční, sezónní a environmentální rozdíly související se zeměpisnou polohou tedy mění kvalitu píce, i když jsou porosty sklizeny v podobných morfologických stádiích (Buxton & Fales 1994). Pokles kvality píce s věkem je především důsledkem snížení poměru listů a stonků (LSR) a poklesu kvality stonkové části v důsledku zvýšené lignifikace (Nelson & Moser 1994). Nedožralá stébla trav mají obecně vysokou kvalitu (Minson 1990), ale kvalita stébel klesá rychleji než kvalita listů, zejména s blížící se zralostí rostlin. O kolísání LSR u odrůd *Festulolia* během celého vegetačního období je známo jen málo. Vzhledem k tomu, že stébla trav jsou v krmné kvalitě variabilnější než listová pletiva, může být selekcí na kvalitu stébel možné výrazně zlepšit krmnou kvalitu trav (Illius & Gordon 1991), aniž by byl ohrožen výnosový potenciál. Šlechtění rostlin je mimořádně nákladově efektivní mechanismus pro zvýšení nutriční hodnoty pícnin. Podle Caslera a Junga (2006) může relativně malé zvýšení stravitelnosti sušiny *in vitro* vést k měřitelnému zlepšení užitkovosti zvířat a takového zvýšení lze dosáhnout snadněji než zvýšení výnosu píce (Casler 2000).

Základní rozdělení *festulolia* je na 2 typy – kostřavovité a jílkovité. Kostřavovité typy mají převážnou část genů kostřavy rákosovité. Jejich vlastnosti a způsob využití odpovídají kostřavě rákosovité. Při porovnání s kostřavou rákosovitou mají odrůdy *festulolia* tohoto typu vyšší kvalitu píce a stravitelnost. Vysokou kvalitu píce těchto odrůd potvrzuje vysoká stravitelnost vlákniny (NDF), překonávající i j. vytrvalý. V rámci kostřavovitých odrůd se profilují v současné době odrůdy vhodné zejména pro sečné využití na seno a senáž. Jedná se o odrůdy Felina, Hykor a Mahulena. Tyto odrůdy jsou charakteristické vysokým výnosem hmoty. Jejich využití je zejména v lučních směsích a v krátkodobých směsích na orné půdě. Na druhé straně se pěstují odrůdy pastevního typu, které mají hustější a jemnější drn. Mezi tento typ patří odrůdy Fojtan, Rebab, Honak a Hipast. Tyto odrůdy se uplatní zejména ve vytrvalých pastevních směsích (Müller 2017).

Další skupinou je jílkovité *festulolium*. Vzhledem k tomu, že existuje více druhů jílků, od mnohokvětého přes hybridní až po vytrvalý, existuje více druhů jílkových *festulolií*. V současnosti jsou největší skupinou odrůdy, které jsou charakteru j. mnohokvětého

italského – Bečva, Achilles, Hostyn, Perun, Perseus, Helus a Hyperon. Odrůda Lofa se podobá j. hybridnímu až vytrvalému. Oproti ostatním je nižší, s vyšší hustotou drnu. Jílkovitá festulolia se oproti j. mnohokvětému vyznačují vyšší vytrvalostí po dobu 3–5 let, zatímco jílek vydrží v porostu pouze 2 roky. Výhodou festulolií je i menší intenzita metání do druhé a další seče, což přináší lepší kvalitu píce. Je i možné pěstovat tyto odrůdy jako monokulturu. Velkou popularitu si tento způsob využití jílkových festulolií získává třeba v Maďarsku, kde se pěstují na ploše více jak 3000 ha. Zemědělci je sejí na podzim a na jaře využívají na 2–3 seče. Poté vysévají kukuřici, anebo připraví pozemek na ozimy. Produkce jílkových festulolií v tomto způsobu pěstování překonává i ozimé žito na senáž při výborné kvalitě píce s 18–20 % dusíkatých látek a vláknině na úrovni 20–24 % s vysokou stravitelností (Müller 2017).

Výsledky zkoušek užitné hodnoty ukazují, že u odrůdy Felina je průměrný výnos zelené hmoty 48,2 t/ha, výnos suché hmoty 13,6 t/ha. Výška porostu v 1. seči dosahovala průměrně 80 cm (ÚKZÚZ 2022).

3.3.5 Čekanka obecná

Čekanka obecná je vytrvalá bylina z čeledi hvězdnicovitých (*Asteraceae*), která pochází z Evropy, mnoha částí Asie, Afriky a Ameriky (Clapham et al. 2001). Čekanka se v Evropě pěstuje jako listová zelenina (Schoofs & de Lange 1988), v mnoha částech světa jako plodina pro výrobu fruktózy (Chubey & Dorrell 1977; Pollock & Chatteron 1988; Meijer & Mathijssen 1992) a její kořeny se často používají jako náhražka kávy (Taylor 1981). V zemědělství byla čekanka kdysi považována za plevel, protože se běžně vyskytovala podél cest a na pustých místech a byla běžná zejména v oblastech dřívějšího obdělávání půdy. V zemědělských plodinách proto může být obtížným plevellem (Kunelius & McRae 1999).

Čekanka se vyznačuje vysokou produkcí (Lancashire 1978; Hare et al. 1987; Belesky et al. 1999), vysokou kvalitou krmiva (Clark et al. 1990a; Barry 1998) a vysokým obsahem minerálních látek (Foster 1988; Hoskin et al. 1995). Má vyšší stravitelnost organické hmoty a dobrovolný příjem krmiva než travnaté pastviny na jaře, v létě a na podzim (Niezen et al. 1993; Barry et al. 1996). Kromě toho čekanka nezpůsobuje nadýmání při zkrmování skotu (Barry 1998) a ve srovnání s travinami snížila působení vnitřních parazitů u ovcí (Scales et al. 1995). Čekanka má ale i určité agronomické nedostatky. Rychlý růst na jaře (Hare et al. 1987; Clark et al. 1990b; Li et al. 1997a) vyžadující specifický management a omezená perzistence 3-7 let (Hume et al. 1995; Li et al. 1997b) zpomalily její rozšíření v některých zemědělských systémech. Zimní dormance (Rumball 1986) má za následek obtíže při výběru doprovodných druhů (Hare et al. 1987; Kemp et al. 2002).

Čekanka je aktivní v teplých ročních obdobích, ale v zimě je naopak neaktivní (Lancashire & Brock 1983). Je to růžicovitá rostlina s širokými rozprostřenými listy v zimě a vzpřímenějšími listy v teplých obdobích. Během první vegetační sezóny má obvykle jeden neporušený kořenový krček, který se od druhé vegetační sezóny rozděluje na více krčků (Hume et al. 1995; Li et al. 1997a) podobně jako některé jeteloviny s křlovým kořenem, např. vojtěška setá (Nelson & Smith 1968; Leach 1979).

Rychlý růst čekanky (až 150 kg sušiny/ha/den) na konci jara a začátkem léta je důsledkem rychlého vývoje jejích reprodukčních stonků (Hare et al. 1987; Matthews et al. 1990). Při teplém jaru rychle vytváří velké množství listů z koruny a z hlavních reprodukčních stonků, které se po zahájení kvetení koncem jara rychle prodlužují. Čekanka začíná kvést koncem jara a kvete až do léta (Hare et al. 1987). Rychle dozrává a v polovině jara vytváří dutý primární stonek, který od výšky přibližně 60 cm značně zesílí a dále roste do výšky přes 2 m, pokud není regulován reprodukční růst (Rumball 1986; Hare et al. 1987; Barry 1998). Defoliace potlačuje vývoj primárního reprodukčního stonku, ale stimuluje vývoj sekundárních stonků. Axilární výhony se však stávají reprodukčními bez ohledu na management defoliace (Li et al. 1998). Květní pupeny se tvoří v paždí horních listů hlavního stonku a primárních větví. Celková produkce květů činí v průměru 227 květů/rostlinu (Clapham et al. 2001). Květy jsou křížově opylovány převážně včelami medonosnými. Semena dozrávají 20 dní po opylení. HTS semen je 1,3-1,7 g (Hare 1986) a výnos se pohybuje od 200 do 500 kg/ha (Hare et al. 1990).

Čekanku odrůdy Puna lze vysévat na podzim nebo na jaře. Výsevek se doporučuje v rozmezí 1,5-3,0 kg/ha pro čisté porosty a méně než 1,5 kg/ha pro dvousložkové a složené směsi s jetelem bílým nebo ozimými travami (Li & Kemp 2005). V praxi však zemědělci obvykle dávají přednost vyšším výsevním dávkám až 5 kg/ha u pícnin, aby dosáhli vysoké počáteční hustoty porostu a dobrého potlačení plevelů. Jung et al. (1996) poznamenali, že při průměrné teplotě nižší než 14 °C dochází k pomalému růstu, takže podzimní výsevy musí být dostatečně časně, aby umožnily vzejití rostlin před zimou. Vynikající vitalita rostlin se projevila u jarních výsevů čekanky a potenciální krmná hmota činila v roce výsevu 7,5 t/ha.

Čekance se daří na dobře odvodněných půdách se střední až vysokou úrodností (Hare et al. 1987). Stejně jako všechny vysoce produktivní pícní druhy potřebuje čekanka k udržení vysoké produkce vysoký přísun živin, zejména na půdách s nízkou úrodností (Belesky et al. 2001). Standardní požadavky čekanky na živiny jsou fosfor (P) 20-30 mg/kg, draslík (K) >8 mg/kg a síra (S) >10 mg/kg (Moloney & Milne 1993). Upjohn et al. (2002) doporučují, aby udržovací dávka byla 25-40 kg P/ha, 20 kg K/ha a 20 kg S/ha na začátku jara pro udržení vysoké rychlosti růstu.

Vzhledem k tomu, že se nejedná o jetelovinu, je hnojení N v čistých porostech čekanky nezbytné, zejména během vývoje klíčících rostlin. Moloney & Milne (1993) doporučují 35 kg N/ha v srpnu a 20-25 kg N/ha na začátku prosince. Ameziane et al. (1995) zjistili, že nedostatečné množství N může snižovat poměr výhonů a kořenů tím, že se snižuje listová plocha výhonů, a Ameziane et al. (1997) zjistili, že nízký obsah N má za následek 30-35 % snížení asimilace oproti vyššímu přísunu N. Po 12 dnech od výsevu byl poměr sušiny výhonů a kořenů u rostlin pěstovaných při nízké koncentraci N méně než třetinový ve srovnání s rostlinami pěstovanými při vyšší koncentraci N.

Čekanka snáší široké rozmezí pH (4,8-6,5) (Barry 1998), ale nejlépe roste v rozmezí pH 5,6-6,0 (Crush & Evans 1990). Upjohn et al. (2002) uvedli, že čekanka obecná je schopna produkovat vysoce kvalitní píci na kyselých půdách, ale nespécifikovali pH. Crush & Evans (1990) zjistili, že koncentrace zinku (Zn), boru (B), mědi (Cu), manganu (Mn), síry (S) a

draslíku (K) v čekance výrazně klesají, ale vápník (Ca) se zvyšuje se zvyšujícím se pH půdy. Čekanka je bohatá na minerální látky, ale tam, kde je v půdě nedostatek mikroživin, jako je B, může být vhodné hnojení (Belesky et al. 2001).

3.3.6 Jitrocel kopinatý

Jitrocel kopinatý je 20–80 cm vysoká vytrvalá bylina bez stonků. Má silný oddenek a vláknité kořeny. Listy jsou uspořádány v husté růžici, jsou kopinaté 1-3 cm široké a lysé nebo řídce chlupaté. Řapíky jsou stejně dlouhé jako listy, tj. 10-20 cm. Květenství tvoří krátký klas s hustě vykvetlými bílými květy. Plodem je tobolka, 3-5 mm dlouhá a 1-3 semeny. Semena jsou žlutohnědá až tmavohnědá, někdy až černá. HTS činí 1-1,5 g a používají se jako zahušťovadlo v kosmetickém a zmrzlinářském průmyslu a jako želírovací prostředek pro tkáňové kultury. Produkce semen je nejvyšší na otevřených obdělávaných pozemcích, a naopak nejmenší produkce je na kosených nebo spásaných plochách. Semena jsou zralá za 2-3 týdny po opylení, snadno ulpívají na zvířatech nebo lidech, což podporuje jejich šíření. Mohou být také přenášena vodou, tzv. hydrochorie. V půdě mohou zůstat životaschopná až 60 let. Mají období dormance v délce jednoho až několika měsíců, které lze přerušit skladováním v suchu při teplotě 5 °C po dobu několika týdnů, nebo při teplotě 20 °C a dlouhé fotoperiodě, tj. 16 hodin. Při pěstování pro krmné účely je považován za kvalitnější krmivo nežli jitrocel velký. Výnosy speciálních odrůd dosahovaly na Novém Zélandu výnosu až 20 t/ha (Gurib-Fakim 2006).

Tato bylina pochází z Evropy a střední Asie. V současné době je kosmopolitně rozšířen v tropické a Jižní Africe, Austrálii, na Novém Zélandu, v Kanadě, Jižní Americe, Západní Indii a Madagaskaru. V USA je ve 28 státech považován za škodlivý plevel (Heuzé & Tran 2015). V podnebí tropického pásma může jitrocel kvést po celý rok a jeho životní cyklus může trvat 6 týdnů. V oblastech mírného pásma přezimují rostliny pod zemí na otevřených plochách nebo v podobě malých růžic. Dlouhověkost se liší v závislosti na regionu a na narušování stanoviště. Je známo, že jednotlivé rostliny přetrvávají nejméně 12 let. Starší rostliny vytvářejí silný oddenek produkující nové vzdušné výhonky, což vede ke shlukování. Genetické studie odhalily, že existuje několik pohlavních forem – oboupohlavní rostliny s dlouhými prašníky a životaschopným pylem, oboupohlavní rostliny s krátkým prašníkem a pylem se špatnou životaschopností a samičí rostliny s rudimentárními tyčinkami (Gurib-Fakim 2006).

Čisté porosty jitrocele kopinatého dobře reagují na hnojení, ale na smíšených pastvinách dusíkaté hnojivo zvyšuje konkurenci ostatních rostlin vůči jitrocelu. Jeho kořenový systém dokáže využívat hlubší vrstvy půdy než většina ostatních pastevních rostlin. Na smíšených pastvinách j. kopinatý rychle zakořeňuje a je přednostně spásán, což může vést k jeho vymizení v porostu, avšak květenstvím se zvířata vyhýbají (Gurib-Fakim 2006).

Krmný jitrocel je tolerantní k suchu a horku (Stewart 1996, Cranston et al. 2015) a v suchých pastevních systémech produkuje v létě a na podzim více sušiny než jetel plazivý (Moorhead & Piggot 2009). Jitrocel také obsahuje o 110 g/kg sušiny více nestrukturální vlákniny, o 26 g/kg sušiny méně rozpustného dusíku z celkového obsahu dusíku (Minneé et

al. 2019) a 1,5krát více makroživin (Mangwe et al. 2019) než jílek vytrvalý. Kromě toho má vysokou koncentraci sekundárních sloučenin, aucubinu a acteosidu (Navarrete et al. 2016) o kterých je známo, že se v tradičním j. vytrvalém a j. plazivém nevyskytují.

Nejpravděpodobnější využití jitrocele v zemědělských podnicích je jako součást smíšených pastevních porostů. Jeho přínos bude pravděpodobně největší tam, kde je růst trávy méně intenzivní a kde jsou v porostu mezery. Tyto podmínky se pravděpodobně vyskytují na suchých pastvinách s nízkou úrodností. Je nepravděpodobné, že by byl dominantním druhem, a lze očekávat, že se bude podílet méně než 20 % na porostu, s výjimkou míst, kde je růst trav nebo jetelovin slabý (Stewart 1996).

Jitrocel se přirozeně vyskytuje na kyselých půdách, v rozmezí pH 4,2-7,8 (Troelstra & Brouwer 1992) a roste dobře na půdách vhodných pro jílek a jetel plazivý (Voisin 1960). Vyskytuje se v širokém spektru půdních struktur a různým obsahem organické hmoty, ale na extrémně zasolených nebo silně zasolených půdách a bažinatých půdách neroste (Sawada et al. 1983; Mook et al. 1989; Troelstra & Brouwer 1992).

V přirozených travních porostech je jitrocel v podmínkách nízké úrodnosti běžnou složkou (Klapp 1949; Olff & Bakker 1991), neboť je výborně přizpůsoben prostředí s nízkým obsahem živin (Troelstra & Brouwer 1992). Zejména na půdách s nízkým obsahem fosforu nebo draslíku je jitrocel velmi častý (Watson & Nash 1960; Hoveland et al. 1976). Dobře reaguje na aplikaci dusíku, podporuje počet listů, růst výhonků a celkovou biomasu, ale má omezenější vliv na růst kořenů (Lambers et al. 1981; Freijssen & Otten 1987; Blackquiere & Koetsier 1988; Hirose et al. 1988). Dusíkatá hnojiva aplikovaná na smíšené travní porosty však trvale zvyšují podíl trav a snižují podíl jitrocele a dalších bylin (Kasper 1976; Romero & Demanet 1989) a fosforečná či draselná hnojiva mají jen malý bezprostřední přímý vliv na podíl jitrocele (Norman 1956; Voisin 1960; Kasper 1976). Konkurenční schopnosti jitrocele vůči travám závisí do značné míry na úrodnosti. Tam, kde je úrodnost nízká, může mít jitrocel konkurenční výhodu nad mělce kořenícími travami. Jitrocel je schopen využívat živiny z hlubších vrstev půdy a bylo zjištěno, že ve směsích se vytváří větší podíl kořenů v hloubce než v monokulturách. Tato diferenciací niky může směsím poskytnout až 1,5násobnou výnosovou výhodu oproti monokulturám (Newbery & Newman 1978; Berendse 1982, Berendse 1983; Troelstra & Berendse 1982). Tam, kde dochází ke konkurenci o živiny, zvýhodňuje povrchová aplikace hnojiv mělce kořenící trávy před hlouběji kořenícím jitrocelem (Berendse 1982).

Řada studií porovnávala roční a sezónní výnosy jitrocele s jinými krmnými druhy. Výsledky jasně ukazují, že za určitých podmínek může mít jitrocel výnos až 20 t/ha/rok a je stejně produktivní jako mnohé z běžných trav či jetelovin (Milton 1938; Milton 1943; Suckling 1960).

3.4 Předplodinová hodnota

Obavy z možného dopadu minerálních hnojiv na životní prostředí oživily zájem o využití jetelovin k posílení úrodnosti půdy v rámci střídání s obilovinami (Taylor 2008), ale vysoké nároky obilovin na dusík jsou v systémech s nižšími vstupy problémem (Gooding & Davies

1997). Včasné uvolňování reziduálního N (tj. během jarního vegetačního období) je pro produkci obilovin rovněž nezbytné. Doel (2013) zkoumal vliv různých rostlin zvyšujících úrodnost na výnos následné ozimé a jarní pšenice ve Velké Británii a zaznamenal výrazně vyšší výnosy po pěstování j. lučního. Moyo et al. (2015) zkoumali, jak mohou způsoby hospodaření a doprovodné trávy významně ovlivnit výnosy obilovin na stejném stanovišti.

Plodiny zvyšující úrodnost se obvykle dělí do dvou převládajících kategorií – fixátory N a držitele N. Do první zmíněné kategorie jsou zařazeny jeteloviny, které jsou schopny vytvářet vlastní N. V druhé kategorii jsou neluskovinné plodiny, které jsou schopny účinně odebírat a zadržovat N z půdního profilu (Cuttle et al. 2003).

Schopnost jetelovin získávat N z jiných zdrojů, než z minerálního N prokázal v 19. století Boussingault (Amarger 2001). Čeleď bobovité (*Fabaceae*) zahrnuje 16-19 000 druhů (Allen & Allen 1998) a pouze 10-15 % z nich bylo otestováno na nodulaci a schopnosti fixovat N, a pouze 1 % má zemědělský význam (Amarger 2001). Hlavní rody zemědělského významu jsou jetel, štirovník, vičenec, ptačí noha, vikev, kopyšník a hrách (Frame 2005). Rozmanitost bobovitých je taková, že zasahuje do všech odvětví zemědělství od pěstování tržních plodin na orné půdě a silážovatelných krmiv, až po okrajově tolerantní pastevní rostliny. Je to jediná skupina, která je schopna vyvolat tvorbu hlízek (Hardarson & Atkins 2003; Frame 2005).

Leguminózy jsou hlavním zdrojem přísunu dusíku do biosféry (Hardarson & Atkins 2003; Herder et al. 2010). Přínosy N ze symbiomy do půdy se liší, odhady se celosvětově pohybují v rozmezí 30-50 % (Vance 1997; Herridge et al. 2008; Herder et al. 2010). Vhodné a dobře řízené využívání biologické fixace N může snížit potřebu anorganického N a jeho ztráty (Drinkwater et al. 1998; Drinkwater & Snapp 2005; Espinoza et al. 2012).

Bakterie podílející se na biologické fixaci N se souhrnně označují jako Rhizobia (rody *Rhizobium*, *Allorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Sinorhizobium*, *Bradyrhizobium* a *Azorhizobium*) (Hardarson & Atkins 2003; Frame 2005, Gage 2004; Herder et al. 2010). Tyto bakterie mohou existovat jako volně žijící organismy v půdě, nebo v buňkách hlízek jetelovin jako symbionti vázající N (Gage 2004). Fixace N není omezena pouze na tuto skupinu bakterií, ale pouze tento symbiotický vztah vyvolává prostřednictvím infekce tvorbu benigních rostlinných hálek nebo hlízek (Amarger 2001; Hardarson & Atkins 2003; Herder et al. 2010).

Je velmi časté, že zemědělci vysévají směsi druhů. Úspěch tohoto postupu závisí na shodě růstových schopností, konkurenceschopnosti a vytrvalosti. Směs jetelovin nebo kombinace fixátorů a udržovatelů N mohou vyvolat agresivnější nodulaci, a tím zvýšit akumulaci N a výnos prostřednictvím zvýšené fixace (Bergkvist et al. 2011). Směsi také nabízejí možnost manipulovat s druhovým složením tak, aby odpovídaly struktuře uvolňování N požadavkům na příjem plodin (Flower et al. 2012).

Rozdíly v biologické fixaci a akumulaci dusíku lze přičíst potenciálu odrůdy, rozdílům ve stavu půdy a způsobu hospodaření v různých klimatických podmínkách (Stute & Posner 1993; Fageria & Baligar 2005; Zotarelli et al. 2012). Tyto faktory vyvolávají rozdílné reakce v rámci druhu i mezi druhy, tj. na přednostní příjem anorganického N a účinnost nodulace, což v konečném důsledku ovlivňuje biologickou fixaci N (Richards & Soper 1979; Hardarson et al. 1991; Hardarson & Atkins 2003; Herder et al. 2010; Espinoza et al. 2012). Určení plodin

s vysokým fixačním potenciálem pro zvyšování úrodnosti by tedy mělo být klíčovým kritériem agronomického výběru (Fageria 2007). Jako měřítko slouží závěr Ladha et al. (1988), že jeteloviny akumulují za ideálních podmínek 2,6 kg N/ha/den, přičemž roční produkce sušiny se pohybuje od 1 do více než 10 t/ha (Lathwell 1990), přičemž pod založeným travinobylinným porostem se hromadí biomasa o hmotnosti přibližně 10 t sušiny/ha (Eriksen 2001; Eriksen et al. 2004).

Fageria (2007) doporučil kritéria, která by měla druhy splňovat, aby dosáhly dvojího cíle – agronomické atraktivity a ekonomické životaschopnosti. Druhy by měly být rychle rostoucí, aby se plodiny vyseté na podzim zapojily před hlavním obdobím vyplavování a odvedly z půdního profilu přebytečné dusičnany, což je rozhodující pro snížení dusíku na podzim. Pro jarní výsev je rovněž důležité, aby plodiny intenzivně vzcházely a omezily tak potenciální invazi plevelů. Intenzivní vývoj klíčnicích rostlin vykazují jetel inkarnát (*Trifolium incarnatum* L.) a vikev huňatá (*Vicia villosa* Roth) (Cuttle et al. 2003; Frame 2005).

Literatura uvádí, že druhy vyseté ve směsích mají výhodu oproti monokulturám, a to díky zlepšení celkové produkce biomasy směsi (Tilman et al. 1997) a rozmanitosti a struktury makrofauny (Laossi et al. 2008). Směsi posilují synergii mezi procesy získávání a asimilace nadzemních a podzemních zdrojů, což je rozhodující pro udržení produktivity a snížení ztrát (Gathumbi et al. 2002; Chirwa et al. 2003).

Dusík je základní rostlinnou živinou, která je v centru rostlinného metabolismu. Plodiny, jako je pšenice ozimá, velmi citlivě reagují na přísun dusíku a v mírném pásmu Evropy je řídicím faktorem vývoje plodin a výnosu, protože voda obvykle není limitujícím faktorem fotosyntézy (Olesen et al. 2002). Klíčovými proměnnými pro stanovení účinnosti N u pšenice jsou výnos zrna spolu s celkovým příjmem N a indexem sklizně (Barraclough et al. 2010). Obecně má pšenice nižší efektivitu využití dusíku ve srovnání s jinými obilovinami, např. ječmenem. Pro příklad Delogu et al. (1998) uvádí, že ječmen využívá dusík na 63 %, zatímco pšenice na 49 %.

Tonitto et al. (2006) uvedli, že výnos obilnin souvisí s produkcí biomasy jetelovin. Nízká produkce biomasy může být reakcí na nevhodné hospodaření, nebo morfologii konkrétních druhů (Flower et al. 2012). Vliv řady druhů plodin zvyšujících úrodnost na výnos následné plodiny prokázali Stopes et al. (1996). Pěstování j. lučního, j. plazivého, tolíce dětelové (*Medicago lupulina* L.) a j. vytrvalého vedlo k výnosům ozimé pšenice 6; 5,2; 3,3 a 2,1 t/ha ve srovnání s kontrolou bez zeleného hnojení s výnosem 4,8 t/ha. Tato studie dospěla k závěru, že výnos pšenice ozimé (*Triticum aestivum* L.) byl vyšší po zeleném hnojení jetelovinami než po jílku. Kromě toho byl také učiněn závěr, že jednoleté zelené hnojení j. lučního, nebo j. plazivého postačuje ke zvýšení výnosu a k vyššímu obsahu dusíku v zrna. Avšak t. dětelová, ani j. vytrvalý neakumulovaly dostatečné množství N, aby umožnily čistou mineralizaci v míře schopné pokrýt plnou potřebu N pšenice, což bylo pravděpodobně způsobeno imobilizací reziduí, přednostní konkurencí, nebo nedostatečnou biologickou fixací dusíku. Tento pokus prokázal korelaci předplodiny s výnosem, ale s žádnými dalšími parametry včetně velikosti zrna, obsahu fosforu nebo draslíku (Stopes et al. 1996).

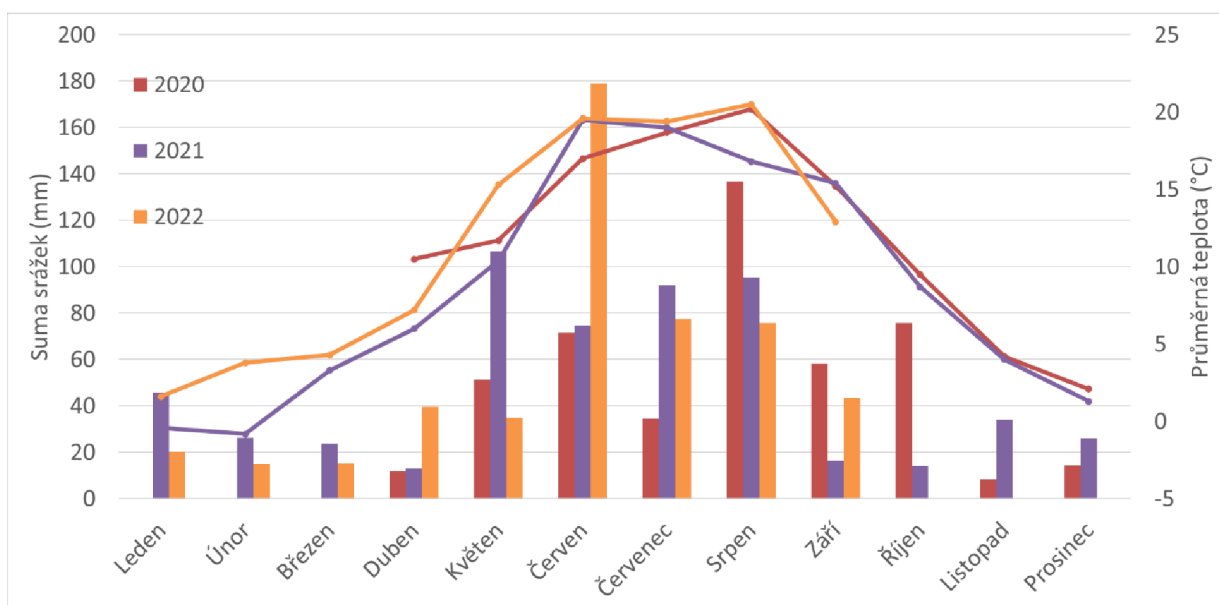
Z přehledu literatury vyplývá, že existuje minimum publikací o využití alternativních bylin v pícních porostech v ČR stejně jako o vzájemných interakcích mezi druhy ve vztahu k předplodinové hodnotě směsí, a to především v konvenčním zemědělství. Tato práce je však relevantní pro většinu zemědělců nezávisle na jejich současném výrobním systému. Z těchto důvodů byl realizován experiment popsáný v této práci. Tato práce je součástí mezinárodního dobrovolného projektu LegacyNet (<https://legacynet.scss.tcd.ie/index.php>), který byl založen za účelem posouzení výnosových přínosů vícedruhových pícních porostů a jejich vlivu na následné plodiny. Na více místech se provádí společný pokus, jehož hlavním předmětem jsou travní směsi složené z trav, jetelovin a bylin (od monokultur až po šest druhů) a následná plodina (obilovina nebo tráva), která odráží vliv složení směsí na předplodinovou hodnotu. Cílem projektu je shromáždit údaje z mezinárodní sítě experimentů, které umožní zobecnění přínosů vyšší diverzity pícních porostů, a to jak pro produkci píce, tak i následných plodin.

4 Metodika

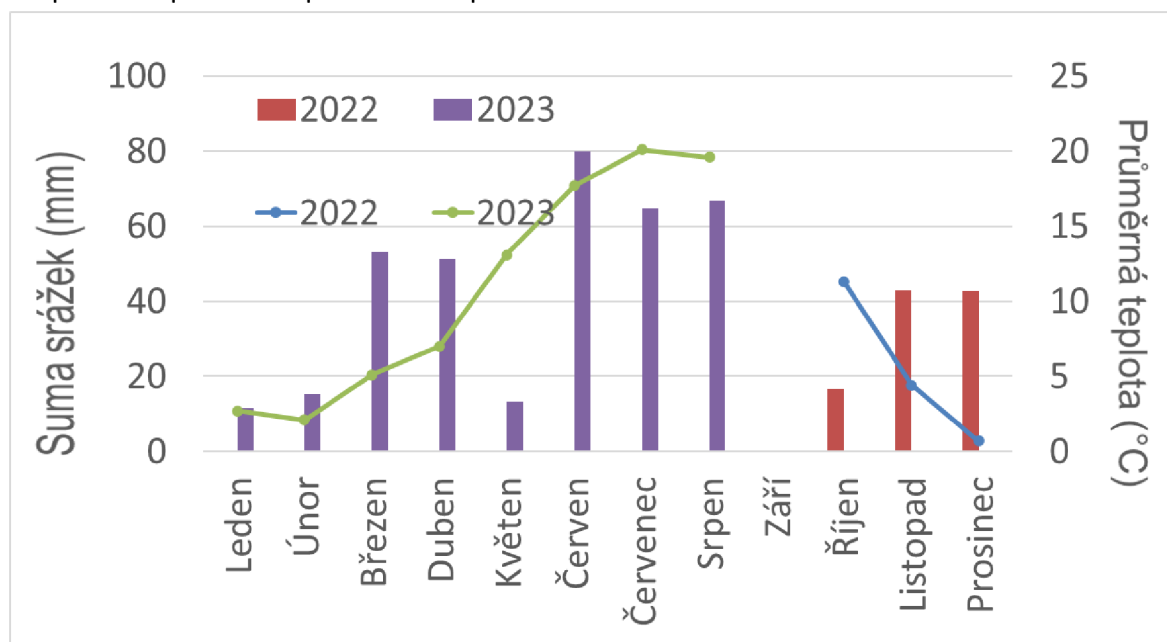
4.1 Charakteristika stanoviště

Polní parcelový pokus byl založen na výzkumné stanici v Červeném Újezdě v dubnu roku 2020. Tato lokace spadá do oblasti mírně teplé, mírně suché, převážně s mírnou zimou. Průměrná doba slunečního svitu je 1902 hodin, za vegetační období 1396 hodin. Klimatické podmínky podmiňují vznik hnědozemí, ilimerizovaných hnědozemí, vyluhování vrchních půdních horizontů a posun koloidních částic do spodiny. Půdní pH (H₂O) je 6,6 a obsah přijatelných živin (Melich 3) je u P 54, K 172, Ca 2515 a u Mg 163 mg/kg půdy. Území je součástí Bělohorské plošiny, terén pokusných ploch je jednoduchý, převážně s jižní expozicí, průměrná nadmořská výška je 405 m. n. m. Rovinný terén podmiňuje dobrý zásak srážkových vod, substráty mají dobrou vododržnost i dobrou vnitřní drenáž. Půda má mírný obsah humusu, neutrální reakci, střední sorpční kapacitu a nasycený koloidní komplex (FAPPZ 2024). Průměrné teploty a suma srážek během vegetačního období jsou zaznamenány v grafech č. 1 a 2.

Graf č. 1. Průměrné měsíční teploty a měsíční sumy srážek na stanici v Červeném Újezdě v průběhu polního experimentu s píceinami.



Graf č. 2 Průměrné měsíční teploty a měsíční sumy srážek na stanici v Červeném Újezdě v průběhu polního experimentu s pícninami



4.2 Varianty pokusu a charakteristika použitých odrůd

Pro první část pokusu bylo vybráno 6 botanických druhů, vždy dva ze skupin trav, jetelovin a bylin, viz tabulka č. 1. Druhy byly kombinovány v dvoukomponentních, tříkomponentních (jetelovina + tráva + bylina), čtyřkomponentních (2 druhy ze dvou botanických skupin) a šestikomponentních směsích (zahrnovaly všechny uvedené druhy). Podíl druhů ve směsích byl 50 % u dvoukomponentních směsí, 33 % u tříkomponentních směsí, 25 % u čtyřkomponentních směsí a 17 % u šestikomponentních směsí. Výsevky odpovídají podílu druhů ve směsi snížením výsevků oproti výsevkům v monokultuře, které jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Giulia je odrůda vojtěšky typu Flemish, která má vynikající vegetační vývoj, velmi vysoké výnosy, vysoký obsah bílkovin, vysokou vytrvalost a po každé seči vykazuje rychlý růst. Je vysoce tolerantní k chladu, suchu a hlavním chorobám (Mediterranea Sementi 2024).

Štírovník růžkatý je zastoupen středně ranou až pozdní odrůdou Taborak se střední odolností proti poléhání. Trs je střední až polorozkladitý, stonek je středně dlouhý, téměř holý, listy středně velké až velké. Odrůda je odolná proti napadení komplexem mykóz odumírání kořenů jetelovin, středně odolná proti napadení bílou hnilobou, komplexem listových skvrnitostí, padlí jetelovému a komplexu virových onemocnění. Výnos suché hmoty v prvním užitkovém roce je vzhledem k vytrvalosti nižší a ve druhém a dalším užitkovém roce středně vysoký (Tagro 2024).

Harvestar je vytrvalá pozdní odrůda srhy laločnaté. Vyznačuje se středně vysokým až vysokým výnosem zelené i suché hmoty ve všech užitkových letech, stravitelností a jemností listů, je středně odolná až odolná proti napadení plísní sněžnou. Má vysokou toleranci

k horku, chladu i stínu. Vhodná především pro pastevní využití, snáší nízké spásání. Jarní růst středně rychlý, hustota obrůstání po sečích středně vysoká. Nevýhodou je nižší odolnost proti napadení komplexem listových skvrnitostí trav (ÚKZÚZ 2016; Seed Service 2021).

Felina je odrůda festulolia typu kostřavy rákosovité. Hlavními znaky jsou vysoký výnos, vytrvalost, suchovzdornost a tolerance k vysoké hladině podzemní vody. Může být využita jako výnosnější náhrada kostřavy luční. V porovnání s kostřavou luční a rákosovitou mají tyto odrůdy festulolia lepší krmnou hodnotu – vyšší obsah cukrů a energie. Felina má rychlý jarní růst a dobrou produkci v letním období. Využívá se především v lučních směsích a v krátkodobých směsích na orné půdě (Müller 2017; DLF 2024).

Čekanka obecná odrůdy Puna má potencionální využití jako plodina s vysokou produkcí v období jara a léta, vegetativní růst je srovnatelný s vojtěškou. Byla vyšlechtěna na toleranci k houbě Sclerotinii, na aktivitu v chladném období a větší uniformitu (NSW Government 2024).

Atuan je pekařská polopozdní odrůda pšenice ozimé. Rostliny jsou nízké, středně odolné až odolné proti poléhání, zrno je středně velké až malé. Odrůda je odolná proti napadení padlím pšenice na listu, proti napadením padlím pšenice v klasu, středně odolná pro napadení komplexem listových skvrnitostí, feosferiovou skvrnitostí pšenice v klasu, hnědou rzivostí pšenice a proti napadení žlutou rzivostí pšenice. Dle provokačních testů je středně odolná až odolná proti napadení černou rzivostí trav, ale méně odolná proti vymrzání. Výnos zrna v neošetřené variantě pěstování v kukuřičné výrobní oblasti (KVO) je vysoký, v řepařské (ŘVO) a v bramborářské oblasti (BVO) středně vysoký. V ošetřené variantě pěstování je výnos v KVO a ŘVO velmi vysoký, v BVO vysoký. Pekařská jakost je chlebová (kategorie B), objemová výtěžnost pečiva nízká, obsah N látek nízký, hodnota Zelenyho testu středně vysoká, vaznost mouky středně vysoká, hodnota čísla poklesu je vysoký, objemová hmotnost středně vysoká (EAgri 2024).

4.3 Design parcelového pokusu

Experiment byl založen v sedmi blocích po 8 parcelách, celkově tedy 56 parcel. Parcely byly o rozměrech 8 × 1,25 metru se sklizňovou plochou 10 m². V pokusu bylo zařazeno celkem 33 variant, viz přílohy P1 a P2. Všechny varianty byly hnojeny v užitkových letech 40 kg N na jaře (24.3. 2021, 5.4. 2023), 20 kg N po první seči (10.6. 2021, 13.6. 2021) a 20 kg N po druhé seči (26.7. 2021, 4.7. 2023). U monokultury festulolia byla u třech parcel dávka zvýšena na 80 kg N na jaře, 60 kg po první seči a 40 kg po druhé seči. Během vegetace nebyly použity herbicidy, ani ošetření plečkou.

Tabulka č. 1: Botanické druhy, jejich odrůdy a výsevky použité v experimentu.

Druh	Odrůda	Zkratka v textu	Výsevek (kg/ha)
Vojtěška setá	Giulia	VS	20
Štírovník růžkatý	Taborak	ŠR	15
Srha říznačka	Harvestar	S	20
Kostřavovité festulolium	Felina	F	30
Čekanka obecná	Puna	Č	8
Jitrocel kopinatý	Ceres Tonic	J	10

4.4 Sklizně píce

Odplevelovací seč s cílem podpořit růst vysetých druhů nad jednoletými plevely, byla provedena 8. června 2020 ve fázi plné butonizace u vojtěšky a ve fázi metání u kostřavovitého festulolia. V říjnu roku 2020 byla provedena první sklizeň s průměrným výnosem 1,5 t/ha.

Před každou sklizní v užitkových letech 2021 a 2022 bylo vizuálně zhodnocené zastoupení druhů na každé parcele, které sloužilo k odhadu pokryvnosti jednotlivých druhů v porostu. Seče se prováděly na výšku strniště 5 cm. První seč v roce 2021 byla provedena 8.6. ve fázi plné butonizace u vojtěšky a metání festulolia. Následující druhá seč byla provedena 20. července a poslední třetí seč 30. srpna. Ve druhém užitkovém roce byly opět provedeny 3 seče.

V druhé a třetí seči v každém roce byl před sklizní z každé pokusné parcely odebrán vzorek o velikosti cca 300 g, který byl rozdělen na jednotlivé druhy, které byly na pozemku vysety, a plevele. Plevelné druhy nebyly identifikovány na druhovou úroveň. Vzorky jednotlivých druhů se sušily do konstantní hmotnosti a zváženy pro stanovení hmotnosti sušiny.

Z každé parcely byl v každé sklizni odebrán dílčí vzorek o hmotnosti 300-500 g pro stanovení kvality píce. Vzorky byly sušeny při 60 °C do konstantní hmotnosti a namlety v nožovém mlýně s použitím síta o velikosti 1 mm. Rozemletý materiál byl homogenizován a odebrán dílčí vzorek o hmotnosti nejméně 2 g sušiny. Vzorky byly analyzovány v CAU Kiel pomocí blízké infračervené spektroskopie (NIRS). Tyto analýzy NIRS poskytly odhady následujících parametrů: obsah N, uhlíku, acidodetergentní vlákniny (ADF), neutrálně detergentní vlákniny (NDF), popela, tuku a rozpustnost organické hmoty v pepsinu in vitro podle de Boevera (CDOMD).

4.5 Založení porostu pšenice ozimé

Po poslední seči 8.9. 2023 byl porost ukončen intenzivní kultivací kombinující talířový podmiřák a rotavátor. Příprava půdy byla provedena talířovým kypřičem 4.10. 2022 a porost pšenice byl založen 7. 10. s výsevkem 4 MKS a meziřádkovou vzdáleností 12,5 cm, načež

následovalo válení, aby se zajistil kontakt půdy s osivem. Pro pokus byla vybrána odrůda Atuan (B).

4.6 Odběr pšenice ozimé

Na jaře 28.3. 2023 byly odebrány vzorky půdy do 20 cm pro stanovení obsahu minerálního N v půdě, porost byl během dubna ošetřen postemergentním herbicidem Mustang a začátkem května přihnojen 40 kg N.

První odběr pšenice se uskutečnil 19.6. 2023, v době začátku kvetení (BBCH 63), kdy z každé parcely byly odebrány vzorky 10 rostlin z různých částí okrajové oblasti (aby se omezilo narušení a riziko polehnutí v hlavní sklizňové oblasti), seříznuty na úroveň země. Odebraný vzorek se rozdělil na 3 fragmenty – stébla, listy a klasy (viz příloha P5). Každý fragment byl vysušený v sušárně na 60 °C do konstantní hmotnosti, sušina byla pro každou frakci zvážena a sešrotována na 2 mm. Poté byly odebrány vzorky ze dvou řad o délce 80 cm v hraniční oblasti každé parcely, kde byl spočítán počet klasů a změřena jejich délka. Tento vzorek byl opět vysušený při 60 °C do konstantní hmotnosti, zvážen a rozemlet na 2 mm sítu.

Druhý odběr byl v době plné zralosti, ve dne 10.8. 2023. Odebírali se vždy z každé parcely 2 řádky o délce 80 cm. U každé rostliny byla změřena její délka. Vzorky byly poté rozděleny na klasy, stonky a listy. Z každé parcely byly spočítány a zváženy všechny odstraněné klasy. Zrna byla vysušena při 30 °C do konstantní hmotnosti, zváženy a poté rozemlety na 2 mm. Stonky a listy byly vysušeny při 60 °C do konstantní hmotnosti a rozemlety na 2 mm. Separace zrn z klasů byla provedena pomocí stacionární mlátičky viz příloha P6. Pro oddělení zrn od plev byl poté použit cyklónový mlýn s rotorem a prstencem od výrobce Barbender viz příloha P7. Zrna byla poté u každého vzorku zvážena. Ze vzorků byla stanovena délka klasů, počet klasů na metr čtvereční a výnosové podíly klasů, zrna, listů a stébel.

Sklizeň proběhla 15.8. parcelní sklízecí mlátičkou Wintersteiger (viz příloha P4), kdy byl zjišťován výnos zrna. Z každé parcely byl odebrán dílčí vzorek o hmotnosti nejméně 200 g (přesná hmotnost vzorku byla zaznamenána). Vzorky byly poté sušeny při teplotě 30 °C do dosažení konstantní hmotnosti. Po vysušení byly vzorky opět zváženy a rozděleny na vzorek o hmotnosti 100 g a na vzorek o hmotnosti 20 g. U vzorků o hmotnosti 100 g byla změřena hmotnost tisíce zrn (HTS) pomocí přístroje Laboratory Counter MK od výrobce Mezos viz příloha P8.

4.7 Statistické vyhodnocení

Vzhledem ke specifickému designu pokusu v rámci LegacyNet, kde všechny varianty nemají opakování byly vytvořeny skupiny variant a jejich efekt byl analyzován jednoduchou analýzou rozptylu. Kvalitativní parametry píce (CP, NDF) byly vyhodnoceny třífaktorovou analýzou rozptylu (varianta, pořadí seče, rok). Pro zjištění rozdílů mezi jednotlivými variantami byl použit Fischerův LSD test. Všechny analýzy byly provedeny

v programu Statistica 12.0. Vizualizace interakce jednotlivých komponent ve směsích na výnos píče a následné plodiny byly zpracovány pomocí DI models v programu R-studio.

5 Výsledky

5.1 Pícní směsi

Vliv vybraných kombinací druhů na výnos píce a vybrané nutriční parametry je uveden v tabulce č. 2. V prvním roce se výnosy pohybovaly v rozmezí od 10,76 t/ha do 15,5 t/ha a mezi jednotlivými varianty nebyl statisticky významný rozdíl. Naopak ve druhém roce se varianty již od sebe statisticky lišily. Výnosy se pohybovaly od 4,63 do 9,02 t/ha. Nejvyššího výnosu z monokultur dosáhla čekanka a srha, nejnižšího naopak jitrocel. Z binárních směsí měly nejvyšší výnosy F+Č a F+S. Naopak nejnižšího výnosu dosahovaly směsi vojtěšky s oběma travami. Z tříkomponentních směsí byla nejvýnosnější směs Č+F+VS, nejméně výnosná byla směs VS+S+J. U čtyřkomponentních byly nejvýnosnější směsi trav a jetelovin, poté trav a bylin a nejméně bylin a jetelovin.

Statisticky významné rozdíly byly i u jednotlivých kvalitativních parametrů. Monokultury jetelovin dosáhly nevyššího obsahu CP, štírovník obsahoval 22,3 % a vojtěška 19,1 %. Následovala tříkomponentní směs s jitrocelem obsahující 12,3 %. Nejnižší obsah byl u obou trav – 9,88 % u festulolia a 8,81 % u srhy. Nejvyšší obsah NDF byl u srhy a jetelotravní směsi, následováno šestikomponentní směsí s obsahem 56,1 %. Monokultura čekanky obsahovala ze všech variant nejméně NDF – 48,2 %. Avšak při přidání dalšího druhu se obsah NDF zvýšil na 51,5 %. Jitrocel obsahoval 51,5 % NDF, při přidání dalšího druhu se obsah zvýšil na 53 %.

Výsledky analýz DI models jsou uvedeny v grafech 3, 4 a 5. Pro tyto analýzy se celkovým výnosem se rozumí součet výnosu šesti sečí z let 2022 a 2023 vyjádřený jako tuny sušiny na hektar. V grafu č. 3 je znázorněn vliv počtu druhů ve směsi na výnos. Druhy jsou rozlišeny dle barev, kombinace jsou znázorněny pomocí výsečových grafů. V grafu je znázorněna i varianta festulolia s vyšší dávkou N, ta je zde zařazena pouze z důvodu projektu LegacyNet, nikoli kvůli zařazení v experimentu.

V grafu č. 4 je uveden efekt, jak jednotlivé druhy v modelu přispívají k výnosu. Negativní interakci prokázala směs obou bylin. Tato negativní interakce je i u čtyřkomponentních směsí trav s bylinami a jetelovin s bylinami, stejně tak i u šestikomponentní směsi, ovšem zde nebyla tak vysoká, jako u předchozích směsí. Směsi trav vykazovali vysokou pozitivní interakci, která se projevila u všech směsí, kde byly trávy zastoupeny. Totéž platí i o jetelovinách, zde je ovšem pozitivní interakce výrazně menší než u trav.

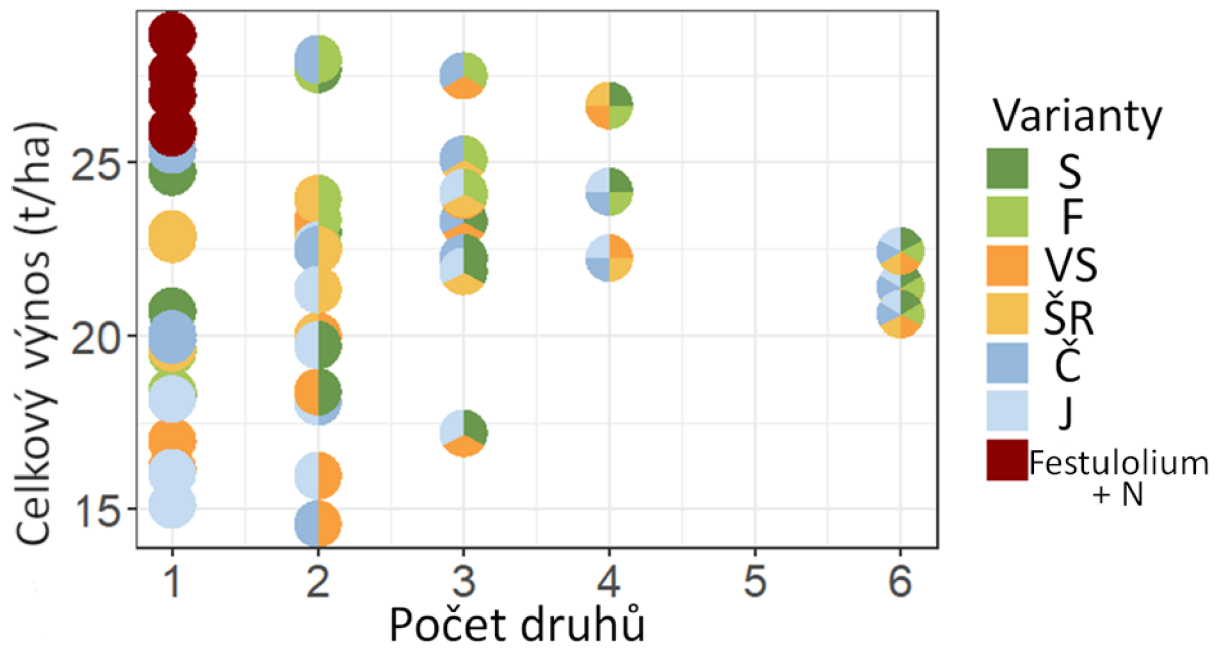
V grafu č. 5 je znázorněn ternární diagram, který vyjadřuje předpokládaný výnos při měnících se poměrech skupin druhů ve směsi: jetelovin (J), bylin (H) a trav (G). Nejnižšího výnosu by dosáhly směsi s největším zastoupením jetelovin, nejvyššího výnosu by dosáhly směsi složené převážně z bylin a trav.

Tabulka č. 2 Vliv složení pícních směsí na výnos a kvalitativní parametry

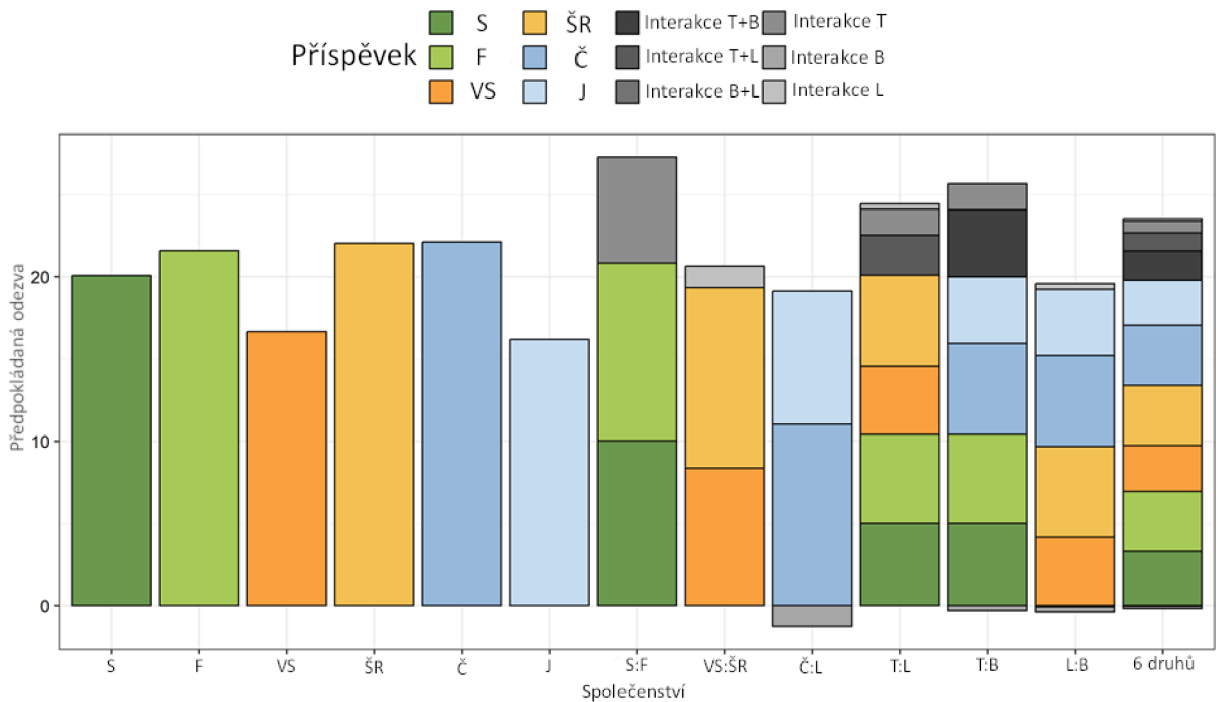
Rozdílné písmenné indexy značí signifikantní rozdíl Fisherova LSD testu mezi jednotlivými variantami uvnitř sloupců na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Varianta	Výnos (t/ha), r. 2021	Výnos (t/ha), r. 2022	CP (%)	NDF (%)
Čekanka	14,2	7,55 ^{abc}	12,2 ^{abc}	48,2 ^d
Binární směs s čekankou	15,1	8,13 ^{ab}	13 ^c	51,5 ^{ef}
Tříkomponentní směs s čekankou	15,5	9,02 ^{ab}	12,2 ^{abc}	54,5 ^{ab}
Jitrocel	11,8	4,63 ^d	11,1 ^a	50,1 ^{de}
Binární směs s jitrocelem	13,8	6,13 ^{cd}	12,1 ^{abc}	53 ^b
Tříkomponentní směs s jitrocelem	13,6	8,14 ^{ab}	12,3 ^{bc}	54,5 ^{ab}
Festulolium	14,6	6,61 ^{acd}	9,88 ^d	54,3 ^{ab}
Srha	13,3	6,69 ^{abc}	8,81 ^d	60,2 ^g
Štírovník	13,3	8,5 ^{acd}	22,3 ^f	45,4 ^c
Vojtěška	10,8	6,33 ^{acd}	19,1 ^e	45,4 ^c
Jetelovinotravní směsi	15,4	7,68 ^{abc}	11,2 ^a	58,8 ^g
Šestikomponentní směs	14,6	6,9 ^{abc}	11,5 ^{ab}	56,1 ^a
p-value	0,19	0,02	0,003	0,021

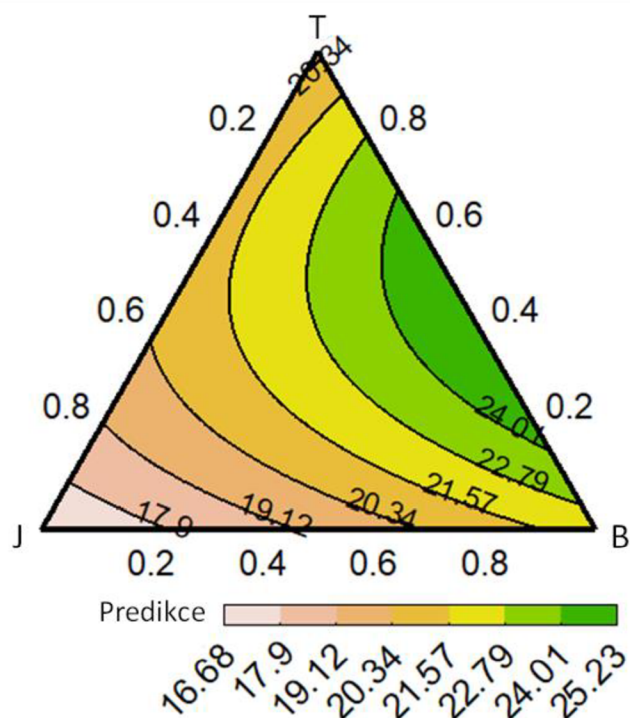
Graf č. 3: Vliv druhového složení směsi na celkový výnos píce.



Graf č. 4: Příspěvek jednotlivých druhů a jejich vzájemných kombinací k odhadovanému celkovému výnosu sušiny pícní směsi.



Graf č. 5: Ternární diagram vyjadřující vliv zařazení jetelovin, bylin a trav do pícní směsi s ohledem na celkový výnos sušiny.



5.2 Pšenice ozimá

5.2.1 První odběr

V tabulce č. 2 je uveden vliv předplodiny na počet klasů/m², výnos sušiny (g/kg), procentuální zastoupení klasů, listů a stébel z celkové sušiny a délku stébel (cm). Statisticky významný rozdíl můžeme vidět v počtech klasů/m², sušině, procentuálním zastoupení klasů a v délce rostlin (cm). Nejvyšší počet klasů měla varianta se štírovníkem růžkatým – 395 klasů/m², naopak nejnižší byla u varianty po šestikomponentní směsi– 267 klasů/m². Nejvyšší výnos sušiny byl u pšenice pěstované po ŠR – 1285 g/kg, nejnižší byl po šestikomponentní směsi – 802 g/kg. Nejvyšší procentuální zastoupení klasů dosahovali porosty pšenice po kostřavovitém festuloliu– 32 %, naopak nejnižšího zastoupení klasů dosáhla pšenice po ŠR – 27 % z celkové sušiny. Nejvyšší rostliny byly po předplodině se štírovníkem - 81 cm, naopak nejnižší byly po předplodině s festuloliem – 69 cm.

Tabulka č. 3 Vliv předplodiny na vybrané hodnoty pšenice ozimé
Rozdílné písmenné indexy značí signifikantní rozdíl Fisherova LSD testu mezi jednotlivými variantami uvnitř sloupců na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Varianta	Počet klasů/m ²	Sušina (g/kg)	Klasy (%)	Stébla (%)	Listy (%)	Délka R (cm)
Čekanka	357 ^{abc}	1197 ^{cd}	28 ^{ab}	42,8	29,2	79,7 ^a
Binární směs s čekankou	352 ^{abc}	1165 ^{cd}	28,1 ^{ab}	42,8	29	78,3 ^a
Tříkomponentní směs s čekankou	352 ^{abc}	1023 ^{abcde}	30,3 ^{cd}	40,7	29	77 ^{ad}
Jitrocel	373 ^{ac}	1118 ^{bcde}	27,4 ^a	42,1	30,6	80,3 ^a
Binární směs s jitrocelem	363 ^{ab}	1142 ^{cde}	27,3 ^a	43,1	29,6	78,8 ^a
Tříkomponentní směs s jitrocelem	316 ^{abd}	914 ^{abe}	30,4 ^{cd}	40,6	28,9	70,3 ^{bc}
Festulolium	296 ^{abd}	830 ^{ab}	32,2 ^d	40,1	27,7	69 ^b
Srha	371 ^{ab}	935 ^{abce}	29 ^{ab}	43,1	27,8	70,3 ^{bcd}
Štírovník	395 ^c	1285 ^d	27 ^a	42,1	30,9	81,3 ^a
Vojtěška	312 ^{abd}	1013 ^{abcde}	28 ^{ab}	41,6	30,3	76,3 ^{acd}
Jetelovinotravní směsi	288 ^{bd}	883 ^{ab}	27,5 ^a	42,9	29,6	75 ^{abcd}
Šestikomponentní směs	267 ^d	802 ^a	28,9 ^{ab}	40,4	30,8	69,7 ^{bc}
p-value	0,043	0,014	0,028	0,098	0,35	0,003

5.2.2 Druhý odběr

Výsledky analýzy rozptylu jsou uvedeny v tabulkách 3 a 4. V tabulce č. 3 je uveden vliv předplodiny na počet klasů/m², výnos sušiny (g/kg), procentuální zastoupení klasů, listů a stébel z celkové sušiny a délku rostlin (cm). výnos (t/ha) a HTS pšenice ozimé. Statisticky významný rozdíl můžeme vidět v počtech klasů/m², sušině a ve výnosu. Nejvyšší počet klasů měla varianta s jitrocelem – 429 klasů/m², naopak nejnižší byla u varianty po jetelotravní směsi – 341 klasů/m². Nejvyšší obsah sušiny byl u pšenice pěstované po tříkomponentní směsi s jíllem vytrvalým – 664 g sušiny/m², nejnižší byl po binární směsi s čekankou obecnou – 643 g sušiny/m².

V tabulce č. 4 je uveden výnos (t/ha), hmotnost tisíce semen (g), obsah dusíkatých látek (%), obsah škrobu (%) a obsah minerálního dusíku v půdě na jaře (kg/ha). Nejvyššího výnosu dosahovali porosty pšenice po štírovníku růžkatém – 8,003 t/ha, naopak nejnižšího výnosu dosáhla pšenice po festuloliu – 5,28 t/ha. Nejvyšší HTS dosáhla pšenice po tříkomponentní směsi s čekankou – 57,8 g, naopak nejnižší HTS byla po srze a štírovníku – 50,9 g. Obsah N látek nebyl u jednotlivých variant statisticky průkazný, průměrný obsah byl 10,4 %. Totéž platí i u škrobu, kde průměrný obsah činil 70,3 %. I v obsahu N v půdě nebyl statisticky významný rozdíl, zde se průměrný obsah rovnal 8,5 kg/ha.

V grafu č. 6 je uveden vliv předplodiny na výnos pšenice. Každý bod vyjadřuje složení směsi. Z monokultur dosáhly nejvyšší předplodinové hodnoty štírovník a oba druhy bylin.

Z binárních směsí měli nejvyšší předplodinovou odezvu směsi obou bylin, obou jetelovin a binární směs jetelovin a bylin. Naopak lze z grafu vyčíst, že po přidání jakékoliv trávy k jakémukoliv jinému komponentu, se předplodinová hodnota značně sníží, nejnižší byla u binární směsi srhy a vojtěšky. Tuto negativní interakci dokládá i graf č. 8, kde ve sloupcích T:B a T:J je černou barvou vyznačena negativní interakce těchto skupin druhů. Ze tříkomponentních směsí byla nejhodnotnější směs bylin a jetelovin, avšak i zde lze pozorovat velmi podobný trend, jako tomu bylo u binárních směsí, tj. při přidání trav k jiným komponentům se předplodinová hodnota začne snižovat. To opět potvrzuje graf č. 8. Nejhodnotnější čtyřkomponentní směs byla směs obou bylin s oběma jetelovinami. Zde se opět potvrzuje trend v předchozích případech, tj. s přídavkem trav se hodnota snižuje. Tento trend je potvrzen v grafu č. 7, který vyjadřuje předpokládaný výnos pšenice na základě procentuálního obsahu jetelovin (J), bylin (H) a trav (G). Z grafu lze vyčíst, že čím vyšší zastoupení trav ve směsi bude, tím více se bude snižovat předplodinová hodnota, čím vyšší zastoupení jetelovin ve směsi, tím se opět bude snižovat předplodinová hodnota, ovšem ne tak rapidně, jako je tomu u trav. Naopak při vyšším zastoupení bylin se bude předplodinová hodnota zvyšovat. U pětikomponentních směsí dosáhly nejvyšší předplodinové hodnoty směsi obsahující pouze jeden druh trav, kdy směsi s festuloliem měly o něco vyšší PH než směsi se srhou. Směs všech druhů byla na velmi podobné úrovni PH jako monokultura vojtěšky, binární směs festulolia a jitrocele, tříkomponentní směs obou bylin se srhou, čtyřkomponentní směs obou bylin, vojtěšky a srhy, a na velice podobné úrovni pětikomponentní směsi obou bylin, trav a štírovníku. Benefit diverzity není tak velký, jako tomu bylo u výnosu píce.

Tabulka č. 3: Vliv předplodiny na vybrané hodnoty pšenice ozimé
Rozdílné písmenné indexy značí signifikantní rozdíl Fisherova LSD testu mezi jednotlivými variantami uvnitř sloupců na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

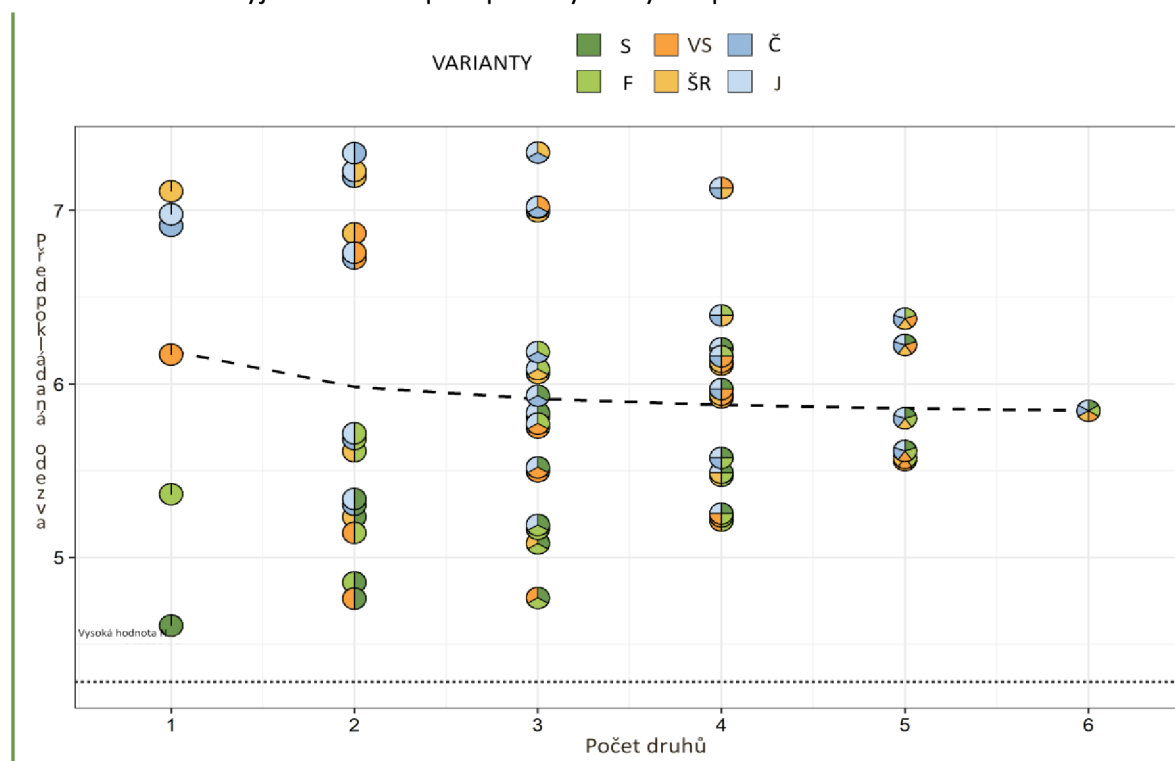
Varianta	Počet klasů/m ²	Sušina (g/kg)	Klasy (%)	Stébla (%)	Listy (%)	Délka R (cm)
Čekanka	421 ^{bc}	649 ^{ad}	66,3	18,1	15,5	74,3
Binární směs s čekankou	384 ^{abcd}	643 ^d	66,5	18,1	15,4	67,3
Tříkomponentní směs s čekankou	350 ^{ad}	658 ^{abc}	66,5	18,5	15	65,8
Jitrocel	429 ^c	651 ^{abd}	67,5	17,6	14,9	71,3
Binární směs s jitrocelem	382 ^{abcd}	651 ^a	66,7	18,2	15,2	70
Tříkomponentní směs s jitrocelem	412 ^{bc}	664 ^d	68	17,2	14,8	67,3
Festulolium	336 ^a	657 ^{abc}	69,5	16,8	13,7	59,3
Srha	373 ^{abcd}	656 ^{abc}	68,4	18	13,7	61,7
Štírovník	406 ^{bcd}	662 ^{cd}	63,7	18,5	16,5	74
Vojtěška	392 ^{abcd}	654 ^{abcd}	66	18,2	15,8	68,7
Jetelovinotravní směsi	341 ^a	653 ^{ad}	67,6	18,1	14,3	69,2
Šestikomponentní směs	363 ^{abd}	656 ^{abc}	69,1	16,3	14,6	68
p-value	0,033	0,038	0,064	0,122	0,214	0,166

Tabulka č. 4 Vliv předplodiny na vybrané hodnoty pšenice ozimé.

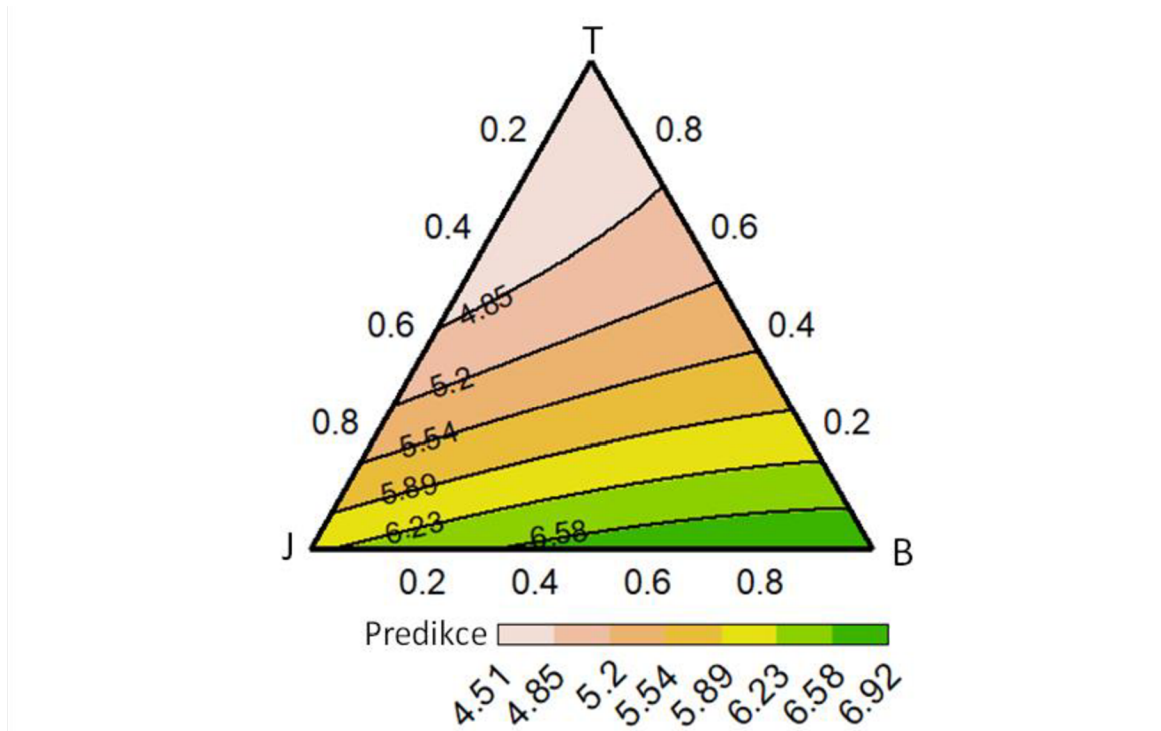
Rozdílné horní písmenné indexy značí signifikantní rozdíl Fisherova LSD testu mezi jednotlivými variantami uvnitř sloupců na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Varianta	Výnos (t/ha)	HTS (g)	N látky (%)	Škrob (%)	N v půdě (kg/ha)
Čekanka	7,3 ^{be}	53 ^{bc}	10,5	70,3	6,13
Binární směs s čekankou	7,34 ^{bde}	51,4 ^{ab}	10,8	70,4	8,53
Tříkomponentní směs s čekankou	6,59 ^{ade}	57,8 ^{ab}	10,4	70,5	8,05
Jitrocel	7,89 ^b	54,5 ^c	10,3	70,1	8,37
Binární směs s jitrocelem	7,7 ^b	52,8 ^{bc}	10,5	70,1	7,75
Tříkomponentní směs s jitrocelem	6,3 ^{acd}	51,9 ^{ab}	10,3	70	8,58
Festulolium	5,28 ^c	51,2 ^{ab}	10,6	70,1	10,7
Srha	5,88 ^{ac}	50,9 ^a	10,2	70,8	7,93
Štírovník	8 ^b	50,9 ^a	10,2	70,5	9,97
Vojtěška	6,91 ^{abde}	51,3 ^{ab}	10,1	70,2	8,37
Jetelovinotravní směsi	6,2 ^{ac}	52,2 ^{ab}	10,4	70,2	8,45
Šestikomponentní směs	5,89 ^{ac}	52,5 ^{ab}	10,3	70,1	8,63
p-value	0,02	0,017	0,67	0,815	0,7

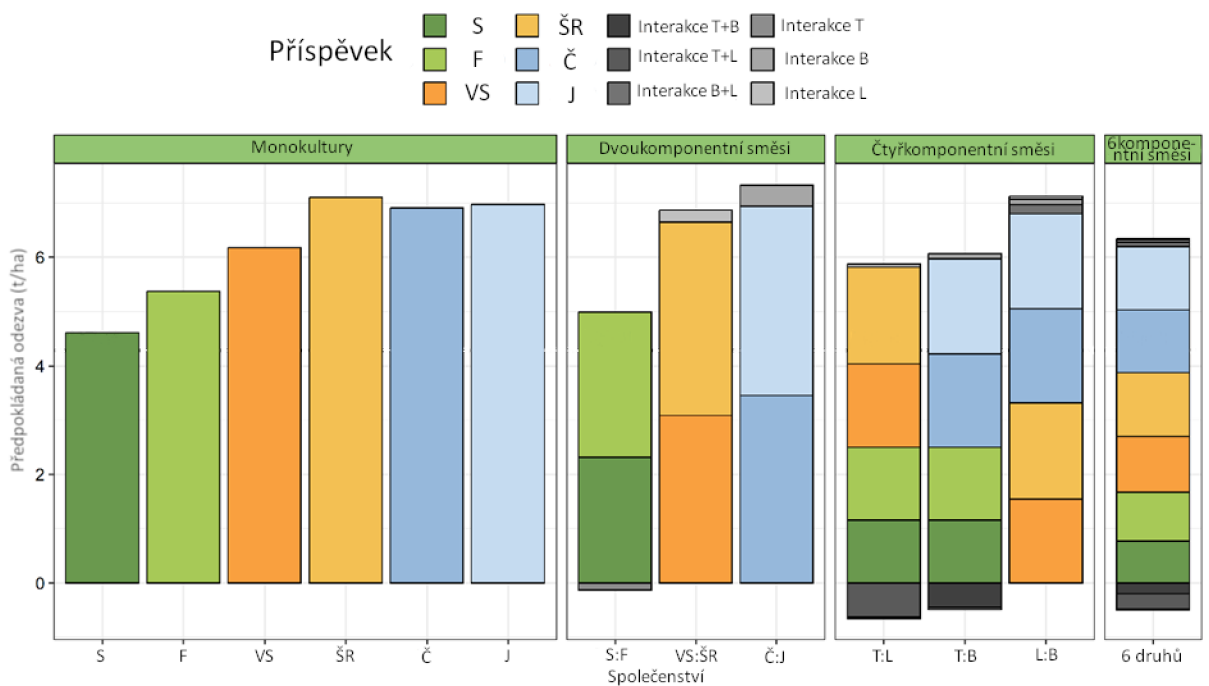
Graf č. 6: vyjádření vlivu předplodiny na výnos pšenice



Graf č. 7: Ternární diagram vyjadřující vliv interakce jetelovin, bylin a trav na výnos pšenice ozimé.



Graf č. 8 Modelové interakce druhů ve směsi vzhledem k výnosu pšenice ozimé



6 Diskuze

6.1 Pícní směsi

6.1.1 Výnos

Z hlediska kombinací druhů u pícních směsí se nejčastěji provádí studie se směsmi jetelovin a trav, ale existuje velmi málo studií, které by se zabývaly kombinacemi druhů jetelovin, trav a bylin, obzvláště v podmínkách střední Evropy. Z tohoto důvodu se tento experiment soustředí na směsi vybraných druhů jetelovin, trav a bylin. Předpokládá se, že tyto směsi by mohly mít vyšší výnos než monokultury.

Vojtěška setá dosáhla ročního výnosu 6,33 t/ha. Z důvodu slabšího porostu byl výnos nižší než průměrný výnos vojtěšky – 16 t/ha (Kraus & Bačová 2018). Klesnil (1978) uvádí, že vojtěška setá dokáže uplatnit svoje produkční schopnosti a poskytnout nejvyšší výnos hlavně v monokultuře.

Štírovník růžkatý měl výnos 8,5 t/ha/rok, což souhlasí se studií Grabber et al. (2014), kde průměrný výnos napříč různými lokacemi byl 7,6 – 9,1 t/ha v závislosti na odrůdě. Hamacher et al. (2021) zkoumali řadu pícních druhů z hlediska produktivity a kvality píce v klimatických podmínkách severního Německa. V prvním roce byl výnos štírovníku 1,8 t/ha, vojtěšky 2,7 t/ha, čekanky 1,6 t/ha a jitrocele 1,5 t/ha, ve druhém roce pak byly výnosy 1,2; 3,2; 1,1 a 0,9 t/ha. Nižší výnosy, než u našeho experimentu byly z důvodu absence hnojení N.

Festulolium dosáhlo výnosu 6,61 t/ha/rok, což odpovídá výsledkům užité hodnoty, kde se výnos pohyboval od 5,89 t/ha/rok do 15 t/ha/rok v závislosti na odrůdě a lokalitě (Říha 2015). Srha dosáhla výnosu 6,96 t/ha/rok. Průměrné výnosy z výsledků zkoušek užité hodnoty se pohybovaly od 7,15 do 11,46 t/ha, výnosy byly vyšší díky dostatku zimní vláhly a teplému počasí v jarním období (Fadrný 2007).

Monokultura jitrocele dosáhla nejnižšího výnosu, tj. 4,63 t/ha. Některé studie uvádí, že při určitých podmínkách, může být výnos jitrocele až 20 t/ha/rok (Milton 1938; Suckling 1960). Laser (2001) avšak uvádí, že nízký výnos jitrocele je způsoben zejména nízkou úrovní hnojení dusíkem. Avšak v našem pokusu je nižší výnos spíše z důvodu třísečného systému. Přidáním dalšího rostlinného druhu k jitroceli se zvýšil roční výnos na 6,13 t/ha. Směs má vyšší výnos převážně díky vzájemné interakci druhů ve směsi. K podobným výsledkům došli i Gariglio et al. (2006), kde binární směs jitrocele s kostřavou dosahovala ročních výnosů 6,49 t/ha. Vasileva & Vasilev (2020) uvádí, že binární směs jitrocele se srhou byla o 43 % výnosnější než monokultura byliny. Toto zvýšení výnosu potvrdili i ve svém experimentu Powell et al. (2007), kde se výnos ve směsi zvýšil až o 8 t/ha. Tříkomponentní směsi s jitrocelem dosáhly průměrně 8,14 t/ha/rok.

Čekanka dosáhla výnosu 7,55 t/ha/rok, což potvrdili Li & Kemp (2005), kteří uvádí celkový roční výnos čekanky ve druhém roce v rozmezí 4,3-9,4 t/ha/rok v závislosti na místě pěstování. Binární směsi s čekankou dosáhli výnosů 8,13 t/ha/rok. Binární směsi čekanky se srhou dosáhly ve 2. roce výnos 6,3 t/ha/rok, což bylo o 0,7 t/ha/rok méně, nežli v 1. roce

(Belesky et al. 1999). Tříkomponentní směsi s čekankou dosáhly nejvyššího výnosu, a to 9,02 t/ha/rok. Hume et al. (1995) uvádí výnos směsi čekanky, srhy a jetele plazivého ve 2. roce 11,9 t/ha, směsi čekanky, kostřavy rákosovité a jetele plazivého 14,1 t/ha. Kunelius & McRae (1999) uvádí výnos směsi čekanky, bojínku a vojtěšky 8,6 t/ha/rok. Nižší výnosy ve 2. roce potvrdilo více studií (Jung et al. 1996; Belesky et al. 1999; Kunelius & McRae 1999). Naopak jsou i studie, které uvádí vyšší výnos čekanky ve druhém roce, než v prvním (Li et al. 1997; Kemp et al. 2002). K rozdílným výsledkům došlo především kvůli odlišným klimatickým charakteristikám a způsobu pěstování.

Šestikomponentní směsi dosáhly výnosu 6,9 t/ha/rok. Deak et al. (2007) ve svém pokusu zařadili tři směsi, každou o 6 druzích. Směs se srhou, kostřavou, jílkem, lipnicí, jetelem lučným a plazivým dosáhla v průměru za 3 roky výnosu 10,3 t/ha, směs se srhou, jílkem, lipnicí, jetelem plazivým, štírovníkem a čekankou měla výnos 9,1 t/ha a směs složená ze srhy, kostřavy, vojtěšky, jetelem lučným, štírovníkem a čekankou měla výnos stejný jako 1. směs, tj. 10,3 t/ha.

Lze shrnout, že tradiční jetelovinotravní směsi měly nižší výnos než binární a tříkomponentní směsi s čekankou a tříkomponentní směs s jitrocelem, zařazení bylin do jetelotravních směsí se tedy jeví jako pozitivní. Dle ternárního grafu by ideální směs pro nejvyšší výnos píce měla obsahovat 20–70 % bylin, 40 – 80% trav a do 10% jetelovin.

6.1.2 NDF

Obě jeteloviny vykazaly nejnižší hodnotu NDF oproti jiným druhům a jejich kombinacím. K velmi podobným výsledkům došli i Pop et al. (2010), kde vojtěška obsahovala 42–48,3 % NDF, v závislosti na vegetační fázi. Ovšem Palmonari et al. (2014) došel ještě k nižšímu obsahu NDF, a to v rozmezí 40,4–41,4 %, opět v závislosti na vegetační fázi vojtěšky. Naopak Kenneth et al. (1999) uvádí obsah NDF u vojtěšky 53 %. Kaplan et al. (2009) uvádí obsah NDF u štírovníku v rozmezí 38–45,6 %, v závislosti na oblasti pěstování. Heuze & Trank (2015) uvádí průměrný obsah NDF 41,1 %, kdy nejnižší naměřená hodnota byla 33,6 % a nejvyšší 61 %.

Festulolium obsahovalo 54,3 % NDF. Podobné hodnoty uvádí Malinowska & Jankowski (2021), kde se NDF pohybovalo v rozmezí 51 % - 57 % v závislosti na hnojení a seči.

Srha obsahovala nejvyšší procento NDF, a to 60,2 %. Sosnowski et al. (2017) uvádí rozmezí NDF mezi 48 % - 55 %, ale Jankowska-Huflejt & Wróbel (2008) při analýze zjistili vyšší koncentraci NDF – 60 %.

Jetelovinotravní směsi obsahovaly 58,8 % NDF, což byla nejvyšší hodnota v rámci všech variant. Elgersma & Soegaard (2016) zakomponovali do své studie směs vojtěšky a sveřepu, kde byl obsah NDF v rozsahu 41–46 % (Xu et al. 2023). Ve směsi vojtěšky a jílku byl obsah NDF 42 %, ve směsi štírovníku s jílkem opět 42 % (Elgersma & Soegaard 2016). Spandl & Hesterman (1997) provedli pokus, při kterém zjišťovali rozdíly ve výnosu a kvalitě monokultury vojtěšky a binárních směsí vojtěšky se sveřepem bezbranným a s bojínkem lučným během 2 let. Oba travní druhy v kombinaci s vojtěškou snížili CP v průměru o 13 % a zvýšil NDF o 12 % při první sklizni, ale ne při dalších sklizních. Kvalita píce byla při druhé

sklizení vyšší u směsí než u monokultury vojtěšky. Směsi měly vyšší výnos pouze v první sklizni, v následujících sklizních ale naopak nižší.

Čekanka obsahovala 48,2 % NDF. Basaran et al. (2019) měli rozsáhlý výzkum v různých oblastech, kde pěstovali různé genotypy čekanky a uvádí rozsah NDF 44–51 % NDF. Binární směsi s čekankou dosahovaly průměrně 51,5 %, což je o 3,3 % více než monokultura. Ve směsi čekanky s jíllem uvádí Niderkorn et al. (2019) 42 % NDF. Hearn et al. (2022) uvádí ve stejné směsi nižší hodnoty, a to 30,4 – 36,9 %, ale i přesto je obsah NDF vyšší nežli monokultura jílku. Tříkomponentní směsi s čekankou dosáhly procentuálního obsahu NDF 54,5, což je o 3 % více než binární směsi a o 6,3 % více než monokultura čekanky. U směsi jílku, jitrocele a čekanky byl obsah NDF v rozmezí 30,5–38,3 %.

Jitrocel měl procentuální obsah NDF 50,1 %. Rosa et al. (2022) ve své studii uvádí 33,5 % ve vegetativní a 48,6 % NDF v generativní fázi. Heuzé & Trank (2015) uvádí podobnou průměrnou hodnotu, a to 41 %, kde minimum bylo 35,8 % a maximum 48,1 %. Binární směsi s jitrocelem obsahovaly v průměru 53 % NDF, což je o 2,9 % více než monokultura. Hearn et al. (2022) ve své studii použili binární směs jílku a jitrocele, kde se NDF pohybovala v rozmezích 30,4 – 37,8 %. Tříkomponentní směs obsahovala o 1,5 % více NDF než binární směs a o 4,4 % více než monokultura jitrocele.

Šestikomponentní směs obsahovala 56,1 % NDF. Hearn et al. (2022) u směsi jílku, jetele lučního, jetele plazivého, čekanky a jitrocele uvádí rozmezí NDF 29,2–34,3 %. Bryant et al. (2017) použili ve své studii směs jílku, jetele plazivého, sveřepe, čekanky, jitrocele a jetele lučního, jehož obsah NDF byl v rozmezí 30,8– 38,1 %. U druhé směsi ve složení kostřava + jetel plazivý + sveřep + čekanka + jitrocel + vojtěška kolísal obsah NDF v rozmezí 29 – 39,3 %.

V tomhle kvalitativním parametru byly byliny lepší, všechny varianty obsahující jednu z bylin měly nižší obsah NDF než běžné jetelovinotravní směsi.

6.1.3 CP

Množství hrubého proteinu (CP, crude protein) se mezi jednotlivými variantami lišilo, nejvyšší rozdíl byl mezi monokulturou srhy a monokulturou vojtěšky.

Monokultura srhy obsahovala pouze 8,81 % CP. Z Belesky (2006) vyplývá, že srha obsahuje nižší procento CP při výsevu v pozdním létě nežli na začátku léta. Ovšem Rawnsley et al. (2002) uvádí vyšší obsah CP, a to až 33 %. Tyto rozdíly mohly být způsobeny rozdílnými klimatickými podmínkami, odlišnou odrůdou, nebo i výsevem na jaře. Naopak Hannawey et al (1999) uvádí podobný obsah CP v závislosti na vegetační fázi, 8,4 – 18,4 %.

Festulolium taktéž dosáhlo menšího obsahu CP – 9,88 %. Dierking et al. (2008) uvádí obsah CP v prvním roce 17 %, ve druhém roce 13 % a ve třetím roce 12 %. Staniak & Harasim (2018) naopak uvádí podobný obsah, a to v rozmezí 8,8 – 18 % v závislosti na podmínkách a roce.

Vojtěška obsahovala 19,1 % CP. Hamacher et al. (2021) uvádí obsah CP 19,5 %. Staniak & Harasim uvádí obsah CP v rozmezí 16,2 - 24,4 v závislosti na podmínkách a seči, kdy při sušších podmínkách byl obsah vyšší. Palmonari et al. (2014) udává obsah CP ve velmi

podobném rozpětí, 17-20,8 % v závislosti na generativní fázi při seči. Z uvedených údajů lze tedy říct, že vojtěška v našem experimentu dosáhla průměrného obsahu dusíkatých látek.

Štírovník obsahoval více CP než vojtěška, a to 22,3 %. Hamacher et al. (2021) uvádí podobný obsah CP – 21,9 %. Kaplan et al. (2009) uvádí již menší obsah CP v rozmezí 17,2 – 20,9 % v závislosti na oblasti pěstování.

Jetelotravní směsi obsahovaly 11,2 % CP, tj. stejný obsah jako jitrocel. Směs sveřepu a vojtěšky obsahovala 14,5 – 21,1 % CP, v závislosti na hnojení a seči (Xu et al. 2023). Staniak & Harasim (2018) uvádí obsah CP ve směsi vojtěška + festulolium v rozmezí 11,1-21,6 % v závislosti na podmínkách růstu (ideální × stresové) a na seči. Směs vojtěšky a kostřavy obsahovala 15,9 % CP, směs kostřavy a štírovníku pak 14,5 % (Waldron et al. 2019).

Čekanka obsahovala 12,2 % CP, což je o poznání méně ve srovnání s předešlými monokulturami jetelovin, ale zároveň více nežli monokultury trav. Hamacher et al. (2021) uvádí ještě nižší obsah – 9,7 % CP. Basaran et al. (2019) uvádějí obsah CP v rozmezí 11,9 – 16,4 % v závislosti na použitém genotypu. Niderkorn et al. (2019) došli ve své studii k závěru, že čekanka obsahuje 14,2 % CP. Dvoukomponentní směsi s čekankou obsahovaly o 0,8 % více CP než monokultura čekanky. Binární směs čekanky a jílku vytrvalého dosahovala 17,7 – 22,2 % CP v závislosti na seči (Hearn et al. 2023). Tříkomponentní směsi obsahovaly stejné množství CP jako monokultura čekanky, tj. 12,2 %. Směs čekanky, jílku a jitrocele dosáhla obsahu 18,9 % CP (Hearn et al. 2023).

Jitrocel měl obsah 11,1 % CP. Hamacher et al. (2021) uvádí téměř stejný obsah – 11 %. Rosa et al. (2022) ve své studii došli k obsahu 13,3 a 10 %. Ovšem jitrocel může dosáhnout až 17 % obsahu dusíkatých látek (Ivarsson 2012). Binární směsi měli vyšší obsah CP – 12,1 %. Směs jílku a jitrocele obsahovala v průměru 19,1 % CP. Tříkomponentní směsi měli vyšší obsah jak oproti monokultuře, tak i binární směsi, pravděpodobně díky pozitivní interakci mezi druhy ve směsích – 12,3 %. Ovšem směs jílku, jetele plazivého a jitrocele obsahovala několikanásobně více CP - 21,5 % (Hearn et al. 2022).

Směs všech 6 druhů obsahovala 11,5 % CP. Hearn et al. (2022) ve své studii uvádí obsah CP u směsi jílku, jetele lučního, j. plazivého, jitrocele a čekanky průměrně 21,5 %. Bryant et al. (2017) ve své studii zkoumal dvě šestikomponentní směsi. První byla složena z jílku vytrvalého, jetele plazivého, sveřepe, čekanky, jitrocele a jetele lučního, ta obsahovala 16,3 % CP. Druhá směs byla složena z kostřavy rákosovité, jetele plazivého, sveřepe, čekanky, jitrocele a vojtěšky, ta dosáhla podobného obsahu – 16,1 % CP.

Zde měly binární a tříkomponentní směsi s bylinami vyšší obsah CP než jetelotravní směsi. Ale v porovnání s monokulturami jetelovin byl již obsah u směsí s bylinami nižší.

6.2 Předplodinová hodnota

6.2.1 Výnosotvorné prvky

Doel (2013) uvádí, že jetel luční, jetel plazivý a jejich směsi nejvíce ovlivnili produkční testované plodiny (pšenice ozimá a ječmen jarní) a to zvýšením výnosů biomasy a zrna.

Doel (2013) uvádí výnos pšenice ozimé po vojtěšce necelé 4 t/ha, po jetelotravní směsi 4,3 t/ha. V našem experimentu jsme dosáhli po vojtěšce výnosu 6,91 t/ha, po jetelotravní směsi pak 6,2 t/ha.

Nejvyššího výnosu dosáhla pšenice po štírovníku růžkatém, a to 8 t/ha. Takhle vysoký výnos mohl být způsoben kombinací vysokého počtu klasů/m² (406) s vysokým obsahem sušiny (662 g/kg). Stevenson & Kessel (1996) uvádí vyšší výnos pšenice po hrachu než po pšenici. Výnos pšenice byl o 43 % vyšší, pokud byl před pšenicí pěstován hrách. Fox et al. (2020) zkoumali vliv leguminóz na výnos jílku mnohokvětého a dospěli k závěru, že jílek po leguminózách měl o 2,15 a 1,73 t/ha větší výnos v porovnání s jílkiem po neleguminózním porostu.

Po vojtěšce byl výnos 6,91 t/ha. University of Minnesota (2021) uvádí zvýšený výnosový potenciál ve srovnání s následnými plodinami, kdy kukuřice po vojtěšce dosáhla výnosu 10,6 t/ha, zatímco po kukuřici měla výnos pouze 9,3 t/ha. Evans et al. (1991) zkoumali předplodinovou hodnotu lupiny a hrachu na výnos pšenice ozimé. Zlepšený výnos pšenice po lupině činil v průměru 0,9 t/ha a po hrachu 0,7 t/ha, což představuje zvýšení o 44, resp. 32 %. Reakce se lišily v závislosti na stanovišti, roce a jetelovině.

Nejnižší výnos byl po festulolii, a to 5,28 t/ha, což bylo způsobeno velice nízkým počtem klasů/m² (336), což byla jedna z nejnižších hodnot. Po srze měla pšenice výnos 5,88 t/ha, což je srovnatelné s výnosem po jetelotravní směsi (6,2 t/ha) a šestikomponentní směsi (5,89 t/ha), mezi těmito třemi variantami nebyl statisticky významný rozdíl. U těchto variant nebyl ani statisticky významný rozdíl v počtu klasů, obsahu sušiny a HTS. Grange et al. (2022) ve své studii uvádí výnos 5,4 t/ha u j. mnohokvětého po šestikomponentní směsi, ovšem použil jiné druhy, a i jinou následující plodinu, kvůli čemuž byl ve výsledcích nejvyšší rozdíl.

Po jitroceli byl výnos pšenice 7,89 t/ha. Výnos byl vysoký díky kombinaci vysokého počtu klasů (429/m²) a HTS, která dosáhla 54,5 g. Rauber et al. (2008) provedli pokus s brambory a podsevem jitrocele, kde výnos byl jitrocelem ovlivněn jen nepatrně. Po binárních směsích s jitrocelem byl výnos 7,7 t/ha, avšak mezi jitrocelem, binární směsí s jitrocelem a štírovníkem nebyl statisticky významný rozdíl. Tříkomponentní směsi s jitrocelem měli nižší předplodinovou hodnotu, nežli 4 zmíněné varianty. Výnos pšenice po této variantě byl 6,3 t/ha, s čímž souvisí i nižší HTS (51,9 g), která byla průkazně nižší než u monokultury jitrocele. Toto snížení výnosu lze vysvětlit jako negativní interakci mezi některými druhy použité ve směsích. Vzhledem k tomu, že zmíněný výnos byl průměrem všech binárních směsí, mohly se vyskytovat směsi, které byly výnosnější než monokultura či binární směs s jitrocelem. Samozřejmě zde platí i opak – mohou existovat směsi, které měly nižší výnos.

Po čekance byl výnos 7,73 t/ha, což je vyšší výnos, než průměrný výnos v roce 2023, který byl 6,61 t/ha. (EAgri 2023), a to pravděpodobně díky vysokému počtu klasů, který byl 421/m². Po tříkomponentní směsi s čekankou byl výnos ještě nižší - 6,59 t/ha, vliv na to měl zejména počet klasů (350/m²), který byl průkazně nižší než monokultura a binární směs s čekankou. Zde platí to stejné, co bylo zmíněno u jitrocele. Grange et al. (2022) ve svém pokusu zkoumal předplodinovou hodnotu jetelovin, trav a bylin na výnos jílku mnohokvětého, kde nejvyšší výnos byl po jeteli plazivém (6,5 t/ha), následován j. lučním (6,1

t/ha), poté čekankou (5,5 t/ha), bojínkem lučním (5,1 t/ha), jitrocelem kopinatým (4,8 t/ha), jílkem vytrvalým (4,5 t/ha) a vysoce hnojeným j. mnohokvětým (4,2 t/ha).

Z výsledků vyplývá, že jak monokultury, tak i směsi bylin měli vyšší PH s ohledem na výnos než jetelotravní směsi. Dle ternárního diagramu by se ideální pícní směs pro nejvyšší výnos pšenice měla skládat z podílu trav do 10 % a obsahovat alespoň 50 % bylin, přičemž zbytek směsi tvoří jeteloviny.

6.2.2 Kvalitativní prvky

Obsah dusíkatých látek v pšenici byl mezi variantami statisticky neprůkazný, obsah se pohyboval od 10,1 % do 10,8 %, z čehož vyplývá, že ani po jedné variantě nedosáhla pšenice na požadovanou potravinářskou kvalitu, kde je stanoven minimální obsah dusíkatých látek na 11,5 %. Ovšem varianty, kde pšenice dosáhla alespoň 10,5 % (čekanka, binární směs s čekankou a monokultura festulolia), již splňují normy na minimální obsah N látek u krmné pšenice (ČSN 46 1100-2 2001). Nejvyšší obsah byl po binární směsi s čekankou – 10,8 %, nejnižší po vojtěšce.

Obsah škrobu byl, stejně jako N látky, mezi variantami statisticky neprůkazný, pohyboval se v rozmezí 70 – 70,8 %. Velíšek & Hajšlová (2009) uvádí průměrný obsah škrobu 59-70 %, což souhlasí s našimi hodnotami. Nejvyšší byl po srze – 70,8 %, nejnižší po tříkomponentní směsi s jitrocelem.

7 Závěr

Ve své diplomové práci jsem se zabývala přínosem bylin do jetelotravních směsí a jejich předplodinovou hodnotu na pšenici ozimé. Zařazení bylin mělo statisticky průkazný vliv jak na výnos pícních směsí a jejich kvalitu, tak na jejich předplodinovou hodnotu.

Výsledky potvrdili, že:

- Směs jetelovin a trav měli nižší výnosy ve srovnání s binárními a tříkomponentními směsmi obsahující čekanku či jitrocel, přidáním bylin do pícních směsí lze tedy pozitivně ovlivnit výnos sušiny pícních směsí.
- Jeteloviny vykazují nižší obsah NDF ve srovnání s monokulturami bylinami, které vykazují vyšší obsah NDF, ovšem směsi obsahující byliny, tj. binární či tříkomponentní, již jetelotravní směsi v tomto parametru nepřekonal.
- Směsi s bylinami měly vyšší obsah CP než tradiční jetelotravní směsi, ale monokultury jetelovin měly vyšší obsah CP než směsi s bylinami.
- Pšenice po monokulturách bylin i jejich směsí měla vyšší výnos než po jetelotravních směsích a travní monokultuře.
- Pšenice měla vyšší HTS po monokultuře jitrocele než po jetelotravní směsi, ostatní varianty s bylinami nebyly v porovnání s jetelotravními průkazně odlišné.
- V prvním odběru měla pšenice více klasů po bylinách než po jetelotravních směsích, což platí i pro obsah sušiny, procentuální zastoupená klasů bylo vyšší po tříkomponentních směsích s bylinami než po jetelotravních směsích
- Ve druhém odběru měla pšenice vyšší počet klasů po obou monokulturách bylin než jetelotravní směsi.

Na základě výsledků lze doporučit zařazení bylin do jetelotravních směsí, a to jak z pohledu udržení výnosu, tak i jejich předplodinové hodnoty. Zpracovaná data z dalších zemí v rámci sítě LegacyNet pomohou určit vhodné poměry bylin ve směsích v různých půdně klimatických podmínkách.

8 Literatura

- Allen O, Allen E. 1981. The *Leguminosea*. University of Wisconsin Press. Madison.
- Amarger N. 2001. Rhizobia in the field. *Advances in Agronomy*. **73**: 109-168.
- Ameziane R, Deleens E, Noctor G, Morot-Gaudry JF, Limami MA. 1997. Stage of development is an important determinant in the effect of nitrate on photoassimilate (13C) partitioning in chicory (*Cichorium intybus*). *Journal of Experimental Botany*. **48**: 25-33.
- Ameziane R, Limami MA, Noctor G, Morot-Gaudry JF. 1995. Effect of nitrate concentration during growth on carbon partitioning and sink strength in chicory. *Journal of Experimental Botany*. **46**: 1423-1428.
- Annicchiarico P, Bozzo F, Parente G, Gusmeroli F, Mair V, Marguerattaz O, Orlandi D. 1995. Analysis of grass/legume mixtures to Italian alpine and subalpine zones through an additive main effects and multiplicative interaction model. *Grass and Forage Science*. **50**: 405-413.
- Ayala W, Barrios E, Bermudez R, Serron N. 2011. Effect of defoliation strategies on the productivity, population and morphology of plantain (*Plantago lanceolata*). *Pasture, Persistence, Symposium. Grassland Research and Practice Series*. **15**: 69-72.
- Barraclough PB, Howarth JR, Jones J, Lopez-Bellido R, Parmar S, Shepherd CE, Hawkesford MJ. 2010. Nitrogen efficiency of wheat: genotypic and environmental variation and prospects for improvement. *European Journal of Agronomy*. **33**: 1-11.
- Barry TN. 1998. The feeding value of chicory (*Cichorium intybus*) for ruminant livestock. *The Journal of Agricultural Science*. **131**: 251-257.
- Barry TN, Wilson PR, Kemp PD, Stafford KJ. 1996. Effects of grazing chicory (*Cichorium intybus*) and perennial ryegrass (*Lolium perenne*)/white clover (*Trifolium repens*) pasture upon the growth and voluntary feed intake of red and hybrid deer during lactation and post-weaning growth. *The Journal of Agricultural Science*. **127**: 387-401.
- Basaran U, Gulumser E, Dogrusoz MC, Mut H. 2019. The Variation for Dry Weight and Hay Quality in Turkish Origin Wild Chicory (*Cichorium intybus* L.) Genotypes. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. **29**: 187-194.
- Beare MH, Neely CL, Coleman DC, Hargrove WL. 1990. A substrate-induced respiration (SIR) method for measurement fungal, bacterial and total microbial biomass on plant residues. *Soil Biology and Biochemistry*. **22**: 585-594.
- Belesky DP, Fedders JM, Ruckle JM, Turner KE. 2002b. Bermudagrass–white clover–bluegrass sward production and botanical dynamics. *Agronomy Journal*. **94**: 575-584.
- Belesky DP, Fedders JM, Turner KE, Ruckle JM. 1999. Productivity, botanical composition, and nutritive value of swards including forage chicory. *Agronomy Journal*. **91**: 450-456.

- Belesky DP, Feldhake CM, Boyer D. 2002a. Herbage production and botanical composition of hill pasture as a function of clipping and site features. *Agronomy Journal*. **94**: 351-358.
- Belesky DP, Turner KE, Fedders JM, Ruckle JM. 2001. Mineral composition of swards containing forage chicory. *Agronomy Journal*. **93**: 468-475.
- Berendse F. 1982. Competition between plant populations with different rooting depths. III. Field experiments. *Oecologia*. **53**: 50-55.
- Berendse F. 1983. Interspecific competition and niche differentiation between *Plantago lanceolata* and *Anthoxanthum odoratum* in a natural hayfield. *Journal of ecology*. **71**: 379-390.
- Bergkvist G, Stenberg M, Wetterlind J, Bath B, Elfstrand S. 2011. Clover cover crops under-sown in winter wheat increase yield of subsequent spring barley – Effect of N dose and companion grass. *Field Crop Research*. **120**: 292-298.
- Biesmeijer JC, et al. 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*. **313**: 351-354.
- Blackquiere T, Koetsier C. 1988. The response of *Plantago lanceolata* L. and *P. major* L. spp. major to nitrate depletion. *Plant and soil*. **107**: 197-206.
- Brown H, Moot D, Pollock K. 2005. Herbage production, persistence, nutritive characteristics and water use of perennial forages grown over 6 years on a Wakanui silt loam. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. **48**: 423-439.
- Buckner RC, Burrus PB, Bush LP. 1977. Registration of Kenhy tall fescue. *Crop Science*. **17**: 672-673.
- Bullard MJ, Crawford TJ. 1995. Productivity of *Lotus corniculatus* L. (bird's foot trefoil) in the UK when grown under low-input conditions as spaced plants, monoculture or mixed swards. *Grass and Forage Science*. **50**: 439-446.
- Buxton DR, Fales SL. 1994. Plant environment and quality. In: Fahey GC Jr, editor, Forage quality, evaluation and utilization. ASA-CSSA-SSS International Annual Meetings.
- Boller BC, Nosberger J. 1987. Symbiotically fixed nitrogen from field-grown white and red clover mixed with ryegrasses at low levels of ¹⁵N-fertilization. *Plant and Soil*. **104**: 219-226.
- Boller B, Posselt UK, Veronesi F. 2010. *Fodder Crops and Amenity Grasses*. Springer New York. New York.
- Bowman ED, Schardt J, Schmidt SK. 1996. Symbiotic N₂-fixation in alpine tundra: ecosystem input and variation in fixation rates among communities. *Oecologia*. **108**: 3445-350.
- Brown L, Scholefield D, Jewkes EC, Preedy N, Wadge K, Butler M. 2000. The effect of sulphur application on the efficiency of nitrogen use in two contrasting grassland soils. *The Journal of Agricultural Science*. **135**: 131-138.

- Bryant RH, Miller ME, Greenwood SL, Edwards GR. 2017. Milk yield and nitrogen excretion of dairy cows grazing binary and multispecies pastures. *Grass and Forage Science*. **72**: 806-817.
- Burke JL, Waghorn GC, Chaves AV. 2002. Improving animal performance using forage-based diets. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. **62**: 267-272.
- Cardinale BJ, Wright JP, Cadotte MW, Carroll IT, Hector A, Srivastava DS, Loreau M, Weis JJ. 2007. Impacts of plant diversity on biomass production increase through time because of species complementarity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. **104**: 18123-18128.
- Carlsson G, Palmberg C, Jumpponen A, Scherer-Lorenzen M, Hogberg P, Huss-Danell K. 2009. N₂ fixation in three perennial *Trifolium* species in experimental grasslands of varied plant species richness and composition. *Plant Ecology*. **205**: 87-104.
- Casler MD. 2001. Breeding forage crops for increased nutritional value. *Advances in Agronomy*. **71**: 51-107.
- Casler MD, Jung HJG. 2006. Relationships of fibre, lignin, and phenolics to in vitro fibre digestibility in three perennial grasses. *Animal Feed Science and Technology*. **125**: 151-161.
- Chirwa TS, Mafongoya PL, Chintu R, Matibini J. 2003. Mixed fallows of coppicing and non-coppicing tree species for degraded Aerials in eastern Zambia. *Agroforestry Systems*. **59**: 243-251.
- Chubey BB, Dorrell DG. 1977. Chicory, another potential fructose crop. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*. **10**: 331-332.
- Clapham AR, Tutin TG, Moore DM. 1987. *Flora of the British Isles*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Clapham WM, Fedders JM, Belesky DP, Foster JG. 2001. Developmental dynamics of forage chicory. *Agronomy Journal*. **93**: 443-450.
- Clark DA, Anderson CB, Berquist T. 1990a. Growth rates of 'Grasslands Puna' chicory (*Cichorium intybus* L.) at various cutting intervals and heights and rates of nitrogen. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. **33**: 213-217.
- Clark DA, Anderson CB, Gao HW. 1990b. Liveweight gain and intake of Friesian bulls grazing 'Grasslands Puna' chicory (*Cichorium intybus* L.) or pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. **33**: 219-224.
- Connolly J, et al. 2013. An improved model to predict the effects of changing biodiversity levels on ecosystem function. *Journal of Ecology*. **101**: 344-355.
- Corbet SA, Williams IH, Osborne JL. 1991. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community. *Bee World*. **72**: 47-59.

- COST. 2001. Quality Legume-Based Forage Systems for Contrasting Environments. European Cooperation in Science and Technology. Available from <https://www.cost.eu/actions/852/#tabs+Name:Description> (accessed February 2024).
- Cralle HT, Heichel GH. 1982. Temperature and chilling sensitivity of nodule nitrogenase activity in unhardened alfalfa. *Crop Science*. **22**: 300-304.
- Cranston LM, Kenyon PR, Morris ST, Kemp PD. 2015. A review of the use of chicory, plantain, red clover and white clover in a sward mix for increased sheep and beef production. *Journal of New Zealand Grasslands*. **77**: 89-94.
- Crosthwaite J, Madden B, Connor KF. 1996. Native pasture and the farmer's choice—evaluation of management and sowing options. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. **39**: 541-557.
- Crush JR, Evans JPM. 1990. Shoot growth and herbage element concentrations of 'Grasslands Puna' chicory (*Cichorium intybus* L.) under varying soil pH. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. **51**: 163-166.
- Cuttle S, Shepherd M, Goodglass G. 2003. A Review of Leguminous Fertility-building Crops, with Particular Reference to Nitrogen Fixation and Utilization. Organic Research Centre, Elm Farm. Available from <https://efrc.com/organic-research-technical-leaflets/> (accessed February 2024).
- ČSN 46 1100-2. 2001. Obiloviny potravinářské – Část 2: Pšenice potravinářská. Český normalizační institut. Praha.
- Daly M, Hunter R, Green G, Hunt L. 1996. Comparison of multi-species pasture with ryegrass-white clover pasture under dryland conditions. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. **58**: 53-58.
- Deak A, Hall MH, Sanderson MA, Archibald DD. 2007. Production and nutritive value of grazed simple and complex forage mixtures. *Agronomy Journal*. **99**: 814–821.
- Delogu G, Cattivelli L, Pechioni N, Falcis D, Maggiore T, Stanca AM. 1998. Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat *European Journal of Agronomy*. **9**: 11-20.
- De Vries FT, Hoffland E, Van Eekeren N, Brussaard L, Bloem J. 2006. Fungal/bacterial ratios in grasslands with contrasting nitrogen management. *Soil Biology and Biochemistry*. **38**: 2092-2103.
- Dierking RM, Kallenbach RL, Kerley MS, Roberts CA, Lock TR. 2008. Yield and Nutritive Value of 'Spring Green' Festulolium and 'Jesup' Endophyte-Free Tall Fescue Stockpiled for Winter Pasture. *Crop Science*. **48**: 2463-2469.
- DLF. 2024. Felina. DLF Seeds & Science. Available from <file:///C:/Users/nati7/Downloads/FELINA.pdf> (accessed March 2024).

- Doel JM. 2013. Accumulation and Recovery of Nitrogen in Mixed Farming Systems Using Legumes and Other Fertility-Building Crops [PhD Thesis]. University of Coventry. London.
- Doležal P, Skládanka J. 2008. Vliv vegetačního stadia vojtěšky seté na chemické složení a in sacco stravitelnost organické hmoty. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. **56**: 55-64.
- Drinkwater LE, Wagoner P, Sarrantonio M. 1998. Legume based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. *Nature*. **396**: 262-265.
- Drinkwater LE, Snapp SS. 2005. Nutrients in agriculture: rethinking the management paradigm. Cornell University. Available from <https://ecommons.cornell.edu/items/1dc4f84c-0fe5-4aa5-9656-bb4f195dfdbc> (accessed February 2024).
- Duke JA. 1983. Handbook of Energy Crops. NewCROPS. Purdue university. Available from https://hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Dactylis_glomerata.html (accessed September 2023).
- EAgri. 2024. Databáze odrůd. Ministerstvo zemědělství. Available from <https://eagri.cz/public/app/sok/odrudyNouVF.do> (accessed March 2024).
- Elgersma A, Hassink J. 1997. Effects of white clover (*Trifolium repens* L.) on plant and soil nitrogen and soil organic matter in mixtures with perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Plant and Soil*. **197**: 177-186.
- Eriksen J. 2001. Nitrate leaching and growth of cereal crops following cultivation of contrasting temporary grassland. *Journal of Agricultural Science*. **163**: 271-281.
- Eriksen J, Vinther F, Soegaard K. 2004. Nitrate leaching and N² fixation in grassland of different composition, age and management. *Journal of Agricultural Sciences*. **142**: 141-142.
- Erismann JW, Van Eekeren N, De Wit J, Koopmans C, Cuijpers W, Oerlemans N, Koks BJ. 2016. Agriculture and biodiversity: a better balance benefits both. *AIMS Agriculture and Food*. **1**: 157-174.
- Espinoza S, Ovalle C, Zagal E, Matus I, Tay J, Peoples MB, del Pozo A. 2012. Contribution of legumes to wheat productivity in Mediterranean environments of central Chile. *Field Crops Research*. **133**: 150-159.
- Evans J, Fettel NA, Coventry DR, O'Connor GE, Walsgott DN, Mahoney J, Armstrong EL. 1991. Wheat response after temperate crop legumes in south-eastern Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*. **42**: 31-43.
- Fadrný M. 2007. Výsledky zkoušek z užitné hodnoty ze sklizně 2007. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Národní odrůdový úřad. Hradec nad Svitavou. Available

- ftom https://eagri.cz/public/web/file/114779/ZUH_srha_07.pdf (accessed March 2024).
- Fageria NK, 2007. Green Manuring in Crop Production. *Journal of Plant Nutrition*. **30**: 691-719.
- Fageria NK, Baligar VC. 2005. Role of cover crops in improving soil and row crop productivity. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. **36**: 2733-2757.
- Fan JW, Du YL, Wang BR, Turner NC, Wang T, Abbott LK, Stefanova K, Siddique KH, Li FM. 2016. Forage yield, soil water depletion, shoot nitrogen and phosphorus uptake and concentration, of young and old stands of alfalfa in response to nitrogen and phosphorus fertilization in a semiarid environment. *Field Crops Research*. **198**: 247-257.
- FAO. 2014. Grassland Index. Available from <https://web.archive.org/web/20170507160258/http://www.fao.org/ag/AGp/agpc/doc/Gbase/data/pf000344.htm> (accessed September 2023).
- Field Options. 2023. Key Herbs and Herbal Mixes. Available from <https://www.field-options.co.uk/products/grass-clover/key-herbs-and-herbal-mixes> (accessed September 2023).
- Finn JA, et al. 2013. Ecosystem function enhanced by combining four functional types of plant species in intensively managed grassland mixtures: a 3year continental-scale field experiment. *Journal of Applied Ecology*. **50**: 365-375.
- Fischer J, Lindenmayer DB, Manning AD. 2006. Biodiversity, ecosystem function, and resilience: Ten guiding principles for commodity production landscapes. *Frontiers in Ecology and the Environment*. **4**: 80-86.
- Flower KC, Cordingley N, Ward PR, Weeks C. 2012. Nitrogen, weed management and economicis with cover crops in conservation agriculture in a Mediterranean climate. *Field Crops Research*. **132**: 63-75.
- Foster L. 1988. Herbs in pastures. Development and research in Britain, 1850–1984. *Biological Agriculture & Horticulture*. **5**: 97-133.
- Foulds W. 1971. Effect of drought on three species of Rhizobium. *Plant and Soil*. **35**: 665-667.
- Fox A, Suter M, Widmer F, Luscher A. 2020. Positive legacy effect of previous legume proportion in a ley on the performance of a following crop of *Lolium multiflorum*. *Plant and Soil*. **447**: 497-506.
- Frame J. 2005. Forage Legumes for Temperate Grasslands. CRC Press. Florida.
- Freijssen AHJ, Otten H. 1987. A comparison of the responses of two *Plantago* species to nitrate availability in culture experiments with exponential nutrient addition. *Oecologia*. **74**: 389-395.

- Gage DJ. 2004. Infection and inversion of roots by symbiotic nitrogen-fixing rhizobia during nodulation of temperate legumes. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. **62**: 280-300.
- Gariglio JM, Brizuela MA, Cid MS, Cerono J. 2006. Seasonal and total forage accumulation of binary mixes of grasses and *Plantago lanceolata* cv. Ceres Tonic.
- Gathumbi SM, Ndufa JK, Giller KE, Cadish G. 2002. Do species mixtures increase above – and belowground resource capture in woody and herbaceous tropical legumes? *Agronomy Journal*. **94**: 518-526.
- Gist GR, Mott GO. 1957. Some effects of light intensity, temperature and soil moisture on the growth of alfalfa, red clover, and birdsfoot trefoil seedlings. *Agronomy Journal*. **49**: 33-36.
- Goh K, Bruce G. 2005. Comparison of biomass production and biological nitrogen fixation of multi-species pastures (mixed herb leys) with perennial ryegrass-white clover pasture with and without irrigation in Canterbury, New Zealand. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. **110**: 230-240.
- Gooding MJ, Davies WP. 1997. *Wheat Production and Utilization: Systems, Quality and the Environment*. CAB International. Wallingford.
- Grabber JH, Jokela WE, Lauer JG. 2014. Soil Nitrogen and Forage Yields of Corn Grown with Clover or Grass Companion Crops and Manure. *Agronomy Journal*. **106**: 952-961.
- Grange G, Brophy C, Finn JA. 2022. Legacy effects in a grassland-crop rotation enhanced by legume content. Pages 593-595 in Delaby L, Baumont R, Brocard V, Lavenant SL, Plantureux S, Vertes F, Peyraud JL, Editors. *Grassland at the heart of circular and sustainable food systems*. Proceedings of the 29th General Meeting of the European Grassland Federation Caen, France.
- Grant WF, Marten GC. 1985. Birdsfoot trefoil. In: *Forages, the science of grassland agriculture*. Iowa State Press. Iowa.
- Gurib-Fakim A. 2006. *Plant Resources of Tropical Africa*. Netherland. Available from https://prota.prota4u.org/protav8.asp?h=M26&t=Plantago_lanceolata&p=Plantago+major#MajorReferences (accessed October 2023).
- Hamacher M, Malish CS, REinsch T, Taube F, Loges R. 2021. Evaluation of yield formation and nutritive value of forage legumes and herbs with potential for diverse grasslands due to their concentration in plant-specialized metabolites. *European Journal of Agronomy*. **128**: 126307.
- Hannaway DB, et al. 1999. *Orchardgrass (Dactylis glomerata)*. Pacific NorthWest Extension Publications. USA.

- Hare MD. 1986. Development of 'Grasslands Puna' chicory (*Cichorium intybus* L.) seed and the determination of time of harvest for maximum seed yields. *Journal of Applied Seed Production*. **4**: 30-33.
- Hare MD, Rolston MP, Crush JR, Fraser T. 1987. Puna chicory – a perennial herb for New Zealand pastures. *Proceedings of the Agronomy Society of New Zealand*. **17**: 45-49.
- Hare MD, Rowarth JS, Archie WJ, Rolston MP, Guy BR. 1990. Chicory seed production: research and practice. *Proceeding of the New Zealand Grassland Association*. **52**: 91-94.
- Hardarson G, Atkins C. 2003. Optimising biological N₂ fixation by legume in farming systems. *Plant and Soil*. **252**: 41-54.
- Hardarson G, Danso SKA, Zapata F, Reichardt K. 1991. Measurements of nitrogen fixation in fababeans at different N fertilizer rates using ¹⁵N isotope dilution and 'A-value' methods. *Plant and Soil*. **131**: 161-168.
- Hartwig UA. 1998. The regulation of symbiotic N₂ fixation: a conceptual model of N feedback from the ecosystem to the gene expression level. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. **1**: 92-120.
- Hearn C, Egan M, Lynch MB, Fleming C, ODonovan M. 2023. Seasonal variations in nutritive and botanical composition properties of multispecies grazing swards over an entire dairy grazing season. *Grassland Research*. **1**: 221-233.
- Heichel GH, Henjum KI. 1991. Dinitrogen fixation, nitrogen transfer, and productivity of forage legume-grass communities. *Crop Science*. **31**: 202-208.
- Henle K, et al. 2008. Identifying and managing the conflicts between agriculture and biodiversity conservation in Europe—A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. **124**: 60-71.
- Henry GHR, Svoboda J. 1986. Dinitrogen fixation (acetylene reduction) in high-Arctic sedge meadow communities. *Arctic and Alpine Research*. **18**: 181-187.
- Herder GD, Isterdael GV, Beeckman T, Smet ID. 2010. The roots of a new green revolution. *Trends in Plant Science*. **15**: 600-607.
- Herridge GD, Isterdael GV, Beeckman T, Smet ID. 2010. The roots of a new green revolution. *Trends in Plant Science*. **15**: 600-607.
- Heuzé V, Tran G. 2015. Cocksfoot (*Dactylis glomerata*). *Feedipedia*, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. Available from <https://www.feedipedia.org/node/466> (accessed April 2024).
- Heuze V, Tran G, Noziere P, Lebas F. 2016. Birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*). *Feedipedia*, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. Available from <https://www.feedipedia.org/node/280> (accessed September 2023).

- Hill J. 1990. The three C's – competition, coexistence and coevolution – and their impact on the breeding of forage crop mixtures. *Theoretical and Applied Genetics*. **79**: 168-176.
- Hille Ris Lambers J, Harpole WS, Tilman D, Knops J, Reich PB. 2004. Mechanisms responsible for the positive diversity-productivity relationship in Minnesota grasslands. *Ecology Letters*. **7**: 661-668.
- Hirose T, Freijssen AHJ, Lambers H. 1988. Modelling of the responses to nitrogen availability of two *Plantago* species grown at a range of exponential nutrient addition rates. *Plant, cell and environment*. **11**: 827-834.
- Hooper DU, et al. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*. **75**: 3-35.
- Hooper DU, Dukes JS. 2004. Overyielding among plant functional groups in a long-term experiment. *Ecology Letters*. **7**: 95-105.
- Hoskin SO, Stafford KJ, Barry TN. 1995. Digestion, rumen fermentation and chewing behavior of red deer fresh chicory and perennial ryegrass. *The Journal of Agricultural Science*. **124**: 289-295.
- Houdek I. 2009. Jak nejlevněji vyrobit kvalitní píci pro dojnice ke konzervaci. *Náš chov*. **3**: 54-55.
- Hoveland CS, Buchanan GA, Harris MC. 1976. Response of weeds to soil phosphorus and potassium. *Weed science*. **24**: 194-201.
- Hrabě F. 2004. *Trávy a jetelovino-trávy v zemědělské praxi*. Vydavatelství Petr Baštan. Olomouc.
- Hunter R, Knight T, Hayes G, Allan B. 1994. Evaluation of dryland forage species for lowland Marlborough and Mid Canterbury. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. **56**: 149-153.
- Hume DE, Lyons TB, Hay RJM. 1995. Evaluation of 'Grasslands Puna' chicory (*Cichorium intybus* L.) in various grass mixtures under sheep grazing. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. **38**: 317-328.
- Illius AW, Gordon IJ. 1991. Prediction of intake and digestion in ruminants by a model of rumen kinetics integrating animal size and plant characteristics. *Journal of Agricultural Science*. **116**: 145-157.
- Ivarsson E. 2012. *Chicory (Cichorium intybus L) As Fibre Source in Pig Diets [PhD Thesis]*. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala.
- Jacot KA, Luscher A, Noseberger J, Hartwig UA. 2000a. The relative contribution of symbiotic N₂ fixation and other nitrogen sources to grassland ecosystems along an altitudinal gradient in the Alps. *Plant and Soil*. **225**: 201-211.

- Jacot Ka, Luscher A, Nosberger J, Hartwig UA. 2000b. Symbiotic N₂ fixation of various legume species along an altitudinal gradient in the Swiss Alps. *Soil Biology and Biochemistry*. **32**: 1043-1052.
- Jankowska-Huglejt H, Wróbel B. 2008. Evaluation of usefulness of forages from grasslands in livestock production in examined organic farms. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. **53**: 103-108.
- Jauhar PP. 1993. Cytogenetics of the Festuca-Lolium complex, relevance to breeding, monographs on theoretical and applied genetics. Springer. New York.
- Jia Y, Li F, Wang X. 2006. Soil quality responses to alfalfa watered with a field micro-catchment technique in the Loess Plateau of China. *Field Crops Research*. **95**: 64-74.
- Jia Y, Li FM, Zhang ZH, Wang XL, Guo R, Siddique KHM. 2009. Productivity and water use of alfalfa and subsequent crops in the semiarid Loess Plateau with different stand ages of alfalfa and crop sequences. *Field Crops Research*. **114**: 58-65.
- Jung GA, Shaffer JA, Varga GA, Everhart JR. 1996. Performance of 'Grasslands Puna' chicory at different management levels. *Agronomy Journal*. **88**: 104-111.
- Kaplan M, Atalay AI, Medjekal S. 2009. Potential nutritive value of wild birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) plants grown in different sites. *Livestock Research for Rural Development*. **21**.
- Kasper J. 1976. The effect of fertilisation rates on the development and chemical composition of common herbs in perennial grass stands. *Rostlinná výroba*. **22**: 639-650.
- Kemp PD, Kenyon PR, Morris ST. 2010. The use of legume and herb forage species to create high performance pastures for sheep and cattle grazing systems. *Revista Brasileira de Zootecnia*. **39**: 169-174.
- Kemp DR, Michalk DL, Goodacre M. 2002. Productivity of pasture legumes and chicory in central New South Wales. **42**: 15-25.
- Kessler W, Boller C, Nosberger J. 1990. Distinct influence of root and shoot temperature on nitrogen fixation by white clover. *Annals of Botany*. **65**: 341-346.
- Kirwan L, Connolly J, Finn JA, Brophy C, Lushcer A, Nyfeler D, Sebastia MT. 2009. Diversity-interaction modeling: estimating contributions of species identities and interactions to ecosystem function. *Ecology*. **90**: 2032-2038.
- Kirwan L, et al. 2007. Evenness drives consistent diversity effects in intensive grassland systems across 28 European sites. *Journal of Ecology*. **95**: 530-539.
- Klapp E. 1949. Permanent pastures of west and south Germany. A sociological and ecological study. *Zeitschrift fur Acker und Pflanzenbau*. **91**: 346-373.
- Klesnil A. 1978. Intenzivní výroba píce. SZN Praha. Praha.

- Klimeš F. 1997. Lukařství a pastvinářství – Ekologie travních porostů. Jihočeská univerzita. České Budějovice.
- Kopecký D, Loureiro J, Zwierzykowski Z, Ghesquiere M, Doležel J. 2006. Genome constitution and evolution in *Lolium* × *Festuca* hybrid cultivars (Festulolium). Theoretical and Applied Genetics. **113**: 731-742.
- Kraus P, Bačová I. 2018. Výsledky zkoušek užité hodnoty ze sklizně 2018 – vojtěška. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Národní odrůdový úřad. Brno. Available from https://eagri.cz/public/web/file/613962/ZUH_18_vojteska_R.pdf (accessed April 2024).
- Kunelius HT, McRae KB. 1999. Forage chicory persists in combination with cool season grasses and legumes. Canadian Journal of Plant Science. **79**: 197-200.
- Ladha JK, Watanabe I, Saono S. 1988. N fixation by leguminous green manure and practices for its enhancement in tropical lowland rice. Pages 165-183 in The International Rice Research Institute, editor. Sustainable agriculture: Green manure in rice farming. The International Rice Research Institute. IRRI. Los Banos.
- Lambers H, Posthumus F, Stulen I, Lanting L, van Dijk S, Hofstra R. 1981. Energy metabolism of *Plantago lanceolata* as dependent on the supply of mineral nutrients. Physiologia plantarum. **51**: 85-92.
- Lancashire JA. 1978. Improved species and seasonal pasture production. Proceedings of the Agronomy Society of New Zealand. **8**: 123-127.
- Lancashire JA, Brock JL. 1983. Management of new cultivars for dryland. Proceedings of the New Zealand Grassland Association. **44**: 61-73.
- Laossi KR, et al. 2008. Effects of plant diversity on plant biomass production and soil macrofauna in Amazonian pastures. Pedobiologia. **51**: 397-407.
- Laser H. 2001. Factors Influencing the Yield Proportions of *Plantago lanceolata* L. and *Taraxacum officinale* Web. in *Lolium perenne* L. Swards. International Grassland Congress Proceedings. University of Kentucky.
- Laskey BC, Wakefield RC. 1978. Competitive effect of several grass species and weeds on the establishment of birdsfoot trefoil. Agronomy Journal. **70**: 146-148.
- Lathwell DJ. 1990. Legume green manures. TropSoils Bulletin Number 90-01. Soil Management Collaborative Research Support Program. North Carolina State University.
- Leach GJ. 1979. Lucerne survival in south-east Queensland in relation to grazing management systems. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. **19**: 208-215.
- Lee JM, Jemmingson NR, Mineé EMK, Clark CEF. 2015. Management strategies for chicory (*Cichorium intybus* L.) and plantain (*Plantago lanceolata* L.): Impact on dry matter yield, nutritive characteristics and plant density. Crop and Pasture Science. **66**: 168-183.

- Lewis EJ. 1975. *Festuca* L. × *Lolium* L. = *Festulolium* Aschers and Graebn. In: Stace CA (ed) Hybridization and the flora of the British Isles. Academic. London.
- Lewis EJ, Tyler BF, Chorlton KH. 1973. Development of *Lolium-Festuca* hybrids. Annual Report of the Welsh Plant Breeding Station for 1972.
- Li GD, Kemp PD. 2005. Forage Chicory (*Cichorium intybus* L.): A Review of Its Agronomy and Animal Production. *Advances in Agronomy*. **88**: 187-222.
- Li GD, Kemp PD, Hodgson J. 1997a. Herbage production and persistence of Puna chicory (*Cichorium intybus* L.) under grazing management over 4 years. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. **40**: 51-56.
- Li GD, Kemp PD, Hodgson J. 1997b. Regrowth, morphology and persistence of Grasslands Puna chicory (*Cichorium intybus* L.) in response to grazing frequency and intensity. *Grass and Forage Science*. **52**: 33-41.
- Li GD, Kemp PD, Hodgson J. 1998. Morphological development of forage chicory under defoliation in the field and glasshouse. *Australian Journal of Agricultural Research*. **49**: 69-78.
- Li L, Li SM, Sun JH, Zhou LL, Bao XG, Zhang HG, Zhang FS. 2007. Diversity enhances agricultural productivity via rhizosphere phosphorus facilitation on phosphorus-deficient soils. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. **104**: 11192-11196.
- Luscher A, et al. 2008. Benefits of sward diversity for agricultural grasslands. *Biodiversity*. **9**: 29-32.
- Luscher A, Jacquard P. 1991. Coevolution between interspecific plant competitors? *Trends in Ecology and Evolution*. **6**: 355-358.
- Luscher A, Mueller-Harvey I, Soussana JF, Rees RM, Peyraud JL. 2014. Potential of legume-based grassland–livestock systems in Europe: a review. *Grass and Forage Science*. **69**: 206-228.
- Luscher G, et al. 2015. Strikingly high effect of geographic location on fauna and flora of European agricultural grasslands. *Basic and Applied Ecology*. **16**: 281-290.
- Malinowska E, Jankowski K. 2021. The Effect of Tytanit Foliar Application and Different Nitrogen on Fibre Fraction Content and the Feed Value of *Festulolium braunii*. *Agronomy*. **11**: 1612.
- Mangwe MC, Bryant RH, Beck MR, Beale N, Bunt C, Gregorini P. 2019. Forage herbs as an alternative to ryegrass-white clover to alter urination patterns in grazing dairy systems. *Animal Feed Science and Technology*. **252**: 11-22.
- Marquard E, Weigelt A, Temperton VM, Roscher C, Schumacher J, Buchmann N, Fischer M, Weisser WW, Schmid B. 2009. Plant species richness and functional composition drive overyielding in a six-year grassland experiment. *Ecology*. **90**: 3290-3302.

- Matthews PNP, Kemp PD, Austin GM. 1990. The effect of grazing management on the growth and reproductive development of chicory. *Proceedings of the Agronomy Society of New Zealand*. **20**: 41-43.
- Mawdsley JL, Bardgett Rd. 1997. Continuous defoliation of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) and white clover (*Trifolium repens*) and associated changes in the microbial population of a upland soil. *Biology and Fertility of Soils*. **24**: 52-58.
- McKee GW. 1962. Some effects of daylength on seedling growth and nodulation in Birdsfoot trefoil. *Crop Science*. **2**: 315-317.
- McKenzie BA, Valentine I, Matthew C, Harrington KC. 1999. Plant interactions in pastures and crops. *New Zealand pasture and crop science*. Oxford University Press. Auckland, New Zealand.
- Mediterranea Sementi. 2024. Alfalfa. *Mediterranea Sementi, Teramo*. Available from <https://www.mediterraneasementi.it/en/semi/erba-medica/> (accessed March 2024).
- Meijer WJM, Mathijssen EWJM. 1992. Crop characteristics and inulin production in chicory. *European Journal of Agronomy*. **1**: 99-108.
- Milton WE. 1938. The yield of certain miscellaneous herbs compared with grasses when grown in drills. *Welsh Journal of Agriculture*. **14**: 196-202.
- Milton WE. 1943. The yield of ribwort plantain (ribgrass) when sown in pure plots and with grass and clover species. *Welsh journal of agriculture*. **17**: 109-116.
- Minneé EMK, Chapman DF, Pinxterhuis IJB, Kuhn-Sherlock B. 2019. Meta-analyses comparing the nutritional composition of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) and plantain (*Plantago lanceolata*) pastures. *Journal of New Zealand Grasslands*. **81**: 117-124.
- Minneé EMK, Clark CEF, Clark DA. 2013. Herbage production from five grazable forages. *New Zealand Grassland Association*. **75**: 245-250.
- Minson DJ. 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press. San Diego.
- Moloney SC, Milne G. 1993. Establishment and management of Grasslands Puna chicory used as a specialist, high quality forage herb. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. **55**: 113-118.
- Mommer L, van Ruijven J, de Caluwe H, Smit-Tiekstra AE, Wagemaker CAM, Ouborg NJ, Bogemann GM, van der Weerden GM, Berendse F, de Kroon H. 2010. Unveiling below-ground species abundance in a biodiversity experiment: a test of vertical niche differentiation among grassland species. *Journal of Ecology*. **98**: 1117-1127.
- Mook JH, Haeck J, van der Toorn J, van Tienderen PH. 1989. Comparative demography of *Plantago*, observations on eight populations of *Plantago lanceolata*. *Acta Botanica Neerlandica*. **38**: 67-78.

- Moorhead AJE, Judson Hg, Stewart AV. 2002. Liveweight gain of lambs grazing 'Ceres Tonic' plantain (*Plantago lanceolata*) or perennial ryegrass (*Lolium perenne*). Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. **62**: 171-173.
- Moorhead AJE, Piggot GJ. 2009. The performance of pasture mixes containing Ceres Tonic plantain (*Plantago lanceolata*) in Northland. Proceedings of the New Zealand Grassland Association. **71**: 195-199.
- Moyo H, Davies WP, Cannon ND, Conway JS. 2015. Influences of one-year red clover ley management on subsequent cereal crops. Biological Agriculture and Horticulture. **31**: 193-204.
- Müller M. 2017. Festulolium – více než 2 v 1. Agromanuál. <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/festulolium-vice-nez-2-v-1> (accessed September 2023).
- Mytton LR, Cresswell A, Colbourn P. 1993. Improvement in soil structure associated with white clover. Grass and Forage Science. **48**: 84-90.
- Navarette S, Kemp PD, Pain SJ, Back PJ. 2016. Bioactive compounds, acubin and acteoside, in plantain (*Plantago lanceolata* L.) and their effect on in vitro rumen fermentation. Animal Feed Science and Technology. **222**: 158-167.
- Nelson CJ, Moser LE. 1994. Plant factors affecting forage quality. In: Fahey GC Jr, editor, Forage quality, evaluation and utilization. ASA-CSSA-SSS International Annual Meetings.
- Nelson CJ, Smith D. 1969. Growth of birdsfoot trefoil and alfalfa, IV. Carbohydrate reserve levels and growth analysis under two temperature regimes. Crop Science. **9**: 589-591.
- Nesheim L, Boller BC. 1991. Nitrogen fixation by white clover when competing with grasses at moderately low temperatures. Plant and Soil. **133**: 47-56.
- Newbery DMcC, Newman EI. 1978. Competition between grassland plants of different initial sizes. Oecologia. **33**: 361-380.
- Niderkorn V, Martin C, Bernard M, Le Morvan A, Rochette Y, Baumont R. 2019. Effect of increasing the proportion of chicory in forage-based diets on intake and digestion by sheep. Animal. **13**: 718-726.
- Nie ZN, Miller S, Moore GA, Hackney BF, Boschma SP, Reed KFM, Mitchell M, Alberttsen TO, Clark S, Craig AD. 2008. Field evaluation of perennial grasses and herbs in southern Australia. 2. Persistence, root characteristics and summer activity. Australian Journal of Experimental Agriculture. **48**: 424-435.
- Niezen JH, Barry TN, Hodgson J, Wilson PR, Ataja AM, Parker WJ, Holmes CW. 1993. Growth responses in red deer calves and hinds grazing red clover, chicory or perennial ryegrass/white clover swards during lactation. The Journal of Agricultural Science. **121**: 255-263.

- Norman MJT. 1956. Intervals of superphosphate application to downland permanent pasture. *Journal of agricultural science*. **47**: 157-171.
- NSW Government. 2024. Chicory. Department of Primary Industries. Available from <https://www.dpi.nsw.gov.au/agriculture/pastures-and-rangelands/species-varieties/pf/factsheets/chicory> (accessed March 2024).
- Nyfeler D, Huguenin-Elie O, Suter M, Frossard E, Connolly J, Luscher A. 2009. Strong mixture effects among four species in fertilized agricultural grassland led to persistent and consistent transgressive overyielding. *Journal of Applied Ecology*. **46**: 683-691.
- Nyfeler D, Huguenin-Elie O, Suter M, Frossard E, Luscher A. 2011. Grass-legume mixtures can yield more nitrogen than legume pure stands due to mutual stimulation of nitrogen uptake from symbiotic and non-symbiotic sources. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. **140**: 155-163.
- Oberson A, Frossard E, Buhlmann C, Mayer J, Mader P, Luscher A. 2013. Nitrogen fixation and transfer in grass-clover leys under organic and conventional cropping systems. *Plant and Soil*. **371**: 237-255.
- Olesen JE, Rasmussen IA, Askegaard M, Kristensen K. 2002. Whole – rotation dry matter and nitrogen grain yields from the first course of an organic farming crop rotation experiment. *Journal of Agricultural Science*. **139**: 361-370.
- Oloff H, Bakker JP. 1991. Long-term dynamics of standing crop and species composition after the cessation of fertiliser application to mown grassland. *Journal of applied ecology*. **28**: 1040-1052.
- Ozkose A. 2018. Effect of environment x cultivar interaction on protein and mineral contents of alfalfa (*Medicago sativa* L.) in central Anatolia, Turkey. *Sains Malaysiana*. **47**: 551-562.
- Pain SJ, Corkran JR, Kenyon PR, Morris ST, Kemp PD. 2015. The influence of season on lambs' feeding preference for plantain, chicory and red clover. *Animal Production Science*. **55**: 1241-1249.
- Palmonari A, Fustini M, Canestrari G, Grilli E, Formigoni A. 2014. Influence of maturity on alfalfa hay nutritional fractions and indigestible fiber content. *Journal of Dairy Science*. **97**: 7729-7734.
- Pelikán J, Hutýrová H, Knotová D, Raab S, Nedělník J, Vymyslický T, Minjariková P. 2012. Rostliny čeledi *Fabaceae* LINDL. (bobovité) České republiky. *Zemědělský výzkum Troubsko*. Troubsko.
- Peltekova VD, Broderick GA. 1996. In vitro ruminal degradation and synthesis of protein on fractions extracted from alfalfa hay and silage. *Journal of Dairy Science*. **79**: 612-619.

- Piano E, Annicchiarico P. 1995. Interference effects in grass varieties grown as a pure stand, complex mixtures and binary mixtures with white clover. *Journal of Agronomy and Crop Science*. **174**: 301-308.
- Pollock CJ, Chatterton NJ. 1988. Fructans in: Preiss J (Ed.), "The Biochemistry of Plant. A comprehensive Treatise, Volume 14. Carbohydrates". Academic Press Inc. San Diego.
- Pop IM, Radu-Rusu CG, Simeanu D, Albu A, Popa V. 2010. Characterization of the Nutritional Value of Alfalfa Harvested at Different Stages of Vegetation Using Cell Walls Content Based Methods. University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine. Iasi, Romania. basar
- Powell AM, Kemp PD, Jaya IKD, Osborne MA. 2007. Establishment, growth and development of plantain and chicory under grazing. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. **69**: 41-45.
- Quattrocchi U. 2006. CRC World dictionary of grasses: common names, scientific names, eponyms, synonyms, and etymology. CRC Press, Taylor and Francis Group. USA.
- Rasmussen J, Soegaard K, Pirhofer-Walzl K, Eriksen J. 2012. N₂-fixation and residual N effect of four legume species and four companion grass species. *European Journal of Agronomy*. **36**: 66-74.
- Rauber R, Liebenau S, Friedrichs E, Schmidtke K. 2008. Agronomic effects of underseeding organically grown potatoes with *Plantago lanceolata* L. *Pflanzenbauwissenschaften*. **12**: 32-40.
- Rawnsley RP, Donaghy DJ, Fulkerson WJ, Lane PA. 2002. Changes in the physiology and feed quality of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) during regrowth. *Grass and Forage Science*. **57**: 203-211.
- Raymond ATG. 2009. Vegetable Seed Production. CABI Publishing.
- Rhykerd CL, Langston R, Mott GO. 1959. Influence of light on the foliar growth of alfalfa, red clover and birdsfoot trefoil. *Agronomy Journal*. **51**: 199-201.
- Richards JE, Soper RJ. 1979. Effect of N fertilizer on yield, protein content and symbiotic N fixation in fababean. *Agronomy Journal*. **71**: 807-811.
- Robinson GS, Jacques WA. 1958. Root development in some common New Zealand pasture plants: effect of pure sowings of some grasses and clovers on the structure of a Tokomaru silt loam. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. **1**: 199-216.
- Romero YO, Demanet FR. 1989. Improvement of naturalised pastures in the dry coastal and interior sectors of Region IX. *Agricultura tecnica*. **49**: 24-30.
- Rosa MMD, Sandoval E, Luo D, Pacheco D, Jonker A. 2022. Effect of feeding fresh forage plantain (*Plantago lanceolata*) or ryegrass-based pasture on methane emissions, total-tract digestibility, and rumen fermentation of nonlactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. **105**: 6628-6638.

- Roscher C, Temperton VM, Scherer-Lorenzen M, Schmitz M, Schumacher J, Schmid B, Buchmann N, Weisser WW, Schulze ED. 2005. Overyielding in experimental grassland communities – irrespective of species pool or spatial scale. *Ecology Letters*. **8**: 419-429.
- Roscher C, Thein S, Schmid B, Scherer-Lorenzen M. 2008. Complementary nitrogen use among potentially dominant species in a biodiversity experiment varies between two years. *Journal of Ecology*. **96**: 477-488.
- Roscher C, Thein S, Weigelt A, Temperton VM, Buchmann N, Schulze ED. 2011. N₂ fixation and performance of 12 legume species in a 6 year grassland biodiversity experiment. *Plant and Soil*. **341**: 333-348.
- Rotrekl J, Babinec J. 2006. Je obtížné efektivně pěstovat vojtěšku? *AGRO*. **11**: 55-57.
- Roughley RJ, Dart PJ. 1970. Growth of *Trifolium subterraneum* L. selected for sparse and abundant nodulation as affected by root temperature and *Rhizobium* strain. *Journal of Experimental Botany*. **21**: 776-786.
- Rumball W. 1986. 'Grasslands Puna' chicory (*Cichorium intybus* L.). *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*. **14**: 105-107.
- Ruz-Jerez B, Ball P, White R, Gregg P. 1991. Comparison of a herbal ley with a ryegrass-white clover pasture and pure ryegrass sward receiving fertiliser nitrogen. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. **53**: 225-230.
- Ryan MH, Small DR, Ash JE. 2000. Phosphorus controls the level of colonisation by arbuscular mycorrhizal fungi in conventional and biodynamic irrigated dairy pastures. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. **40**: 663-670.
- Říha P. 2015. Výsledky zkoušek užitné hodnoty ze sklizně 2015, rok zásevu 2012, 2013, 2014. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Národní odrůdový úřad. Hradec nad Svitavou. Available from https://eagri.cz/public/web/file/464770/ZUH_Festulolium_15.pdf (accessed March 2024).
- Salomon JA, Schaefer M, Alpehi J, Smid B, Scheu S. 2004. Effects of plant diversity on Collembola in an experimental grassland ecosystem. *Oikos*. **106**: 51-60.
- Sanderson Ma, Soder KJ, Muller LD, Klement KD, Skinner H, Goslee SC. 2005. Forage Mixture Productivity and Botanical Composition in Pastures Grazed by Dairy Cattle. *Agronomy Journal*. **97**: 1465-1471.
- Sarathchandra SU, Ghani A, Yeates GW, Burch G, Cox NR. 2001. Effect of nitrogen and phosphate fertilizers on microbial and nematode diversity in pasture soils. *Soil Biology and Biochemistry*. **33**: 953-964.
- Sawada S, Sugai M, Hirmori H. 1983. Water status and physical properties of soil and vegetation at habitats of some *Plantago* species. *Japanese journal of ecology*. **33**: 149-160.

- Scales GH, Knight TL, Saville DJ. 1995. Effects of herbage species and feeding level on internal parasites and production performance of grazing lambs. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. **38**: 237-247.
- Schmid B, Hector A, Saha P, Loreau M. 2008. Biodiversity effects and transgressive overyielding. *Journal of Plant Ecology*. **1**: 95-102.
- Schoofs J, de Langhe E. 1988. Chicory (*Cichorium intybus* L.) in: Bajaj YPS (Ed.), "Biotechnology in agriculture and forestry 6. Crops II". Springer-Verlag. Berlin.
- Sears PD. 1950. Soil fertility and pasture growth. *Journal of the British Grassland Society*. **5**: 267-280.
- Seayney RR, Henson PR. 1970. Birdsfoot trefoil. *Advances in Agronomy*. **22**: 119-157.
- Seed Service. 2021. Charakteristika druhů a odrůd trav. SEED SERVICE s. r. o., Vysoké Mýto. Available from <https://seedservice.cz/clanky/charakteristika-druhu-a-odrud-trav> (accessed March 2024).
- Sheaffer CC, Miller DW, Marten GC. 1990. Grass dominance and mixture yield quality in perennial grass–alfalfa mixtures. *Journal of Production Agriculture*. **3**: 480-485.
- Sinhadipathige SC, Kenyon PR, Kemp PD, Morris ST, Morel PCH. 2012. Can herb-clover mixes increase lamb liveweight gains in spring? *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. **74**: 137-142.
- Sleugh B, Moore KJ, George JR, Brummer EC. 2000. Binary legume-grass mixtures improve forage yield, quality, and seasonal distribution. *Agronomy Journal*. **92**: 24-29.
- Smith D. 1975. Forage management in the north. Kendall/Hunt Pub. Dubuque.
- Sohlenius B, Bostrom S, Sandor A. 1987. Long-term dynamics of nematode communities in arable soil under four cropping systems. *Journal of Applied Ecology*. **24**: 131-144.
- Sosnowski J, Matsyura A, Jankowski K, Przytula M. 2017. Cell wall fractions in the biomass of *Dactylis glomerata* and *Festuca pratensis*. *Ukrainian Journal of Ecology*. **7**: 66-70.
- Spandl E, Hesterman OB. 1997. Forage Quality and Alfalfa Characteristics in Binary Mixtures of Alfalfa and Bromegrass or Timothy. *Crop Science*. **37**: 1581-1585.
- Sparrow SD, Cochran VL, Sparrow EB. 1995. Dinitrogen fixation by seven legume crops in Alaska. *Agronomy Journal*. **87**: 34-41.
- Spehn EM, Joshi J, Schmid B, Diemer M, Korner C. 2000. Above-ground resource use increases with plant species richness in experimental grassland ecosystems. *Functional Ecology*. **14**: 326-337.
- Spehn EM, et al. 2002. The role of legumes as a component of biodiversity in a cross-European study of grassland biomass nitrogen, *Oikos*. **98**: 205-218.

- Staniak M, Harasim E. 2018. Changes in nutritive value of alfalfa (*Medicago × varia* T. Martyn) and Festulolium (*Festulolium braunii* (K. Richt) A. Camus) under drought stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*. **204**: 456-466.
- Stevenson FC, van Kessel C. 1996. The nitrogen and non-nitrogen rotation benefits of pea to succeeding crops. *Canadian Journal of Plant Science*. **76**: 735-745.
- Stewart AV. 1996. Plantain (*Plantago lanceolata*) – a potential pasture species. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. **58**: 77-86.
- Stopes C, Millington S, Woodward L. 1996. Dry matter and nitrogen accumulation by three leguminous green manure species and the yield of a following wheat crop in an organic production system. *Agriculture, Ecosystem and Environment*. **57**: 189-196.
- Sturludottir E, Brophy C, Belanger G, Gustavsson AM, Jorgensen M, Lunnan T, Helgadottir A. 2013. Benefits of mixing grasses and legumes for herbage yield and nutritive value in Northern Europe and Canada. *Grass and Forage Science*. **69**: 229-240.
- Stute JK, Posner JL. 1993. Legume cover option for grain rotations in Wisconsin. *Agronomy Journal*. **85**: 1128-1132.
- Suckling FET. 1960. Productivity of pasture species on hill country. *New Zealand journal of agricultural research*. **3**: 579-591.
- Suter D, Huguenin-Elie O, Nyfeler D, Luscher A. 2010. Agronomically improved grass-legume mixtures: higher dry matter yields and more persistent legume proportions. *Grassland Science in Europe*. **15**: 761-763.
- Tagro. 2024. Taborak. T A G R O Červený Dvůr, s.r.o., Měšice. Available from <http://www.tagro.cz/PDF/%C5%A0t%C3%ADrovn%C3%ADk%20r%C5%AF%C5%BEkat%C3%BD%20TABORAK.pdf> (accessed March 2024)
- Talleg T, Diquélou S, Avice JC, Lesuffleur F, Lemauiel-Lavenant S, Cliquet JB, Ourry A. 2009. Availability of N and S affect nutrient acquisition efficiencies differently by *Trifolium repens* and *Lolium perenne* when grown in monoculture or in mixture. *Environmental and Experimental Botany*. **66**: 309-316.
- Taylor NL. 2008. A Century of Clover Breeding Developments in the United States. *Crop Science*. **48**: 1-13.
- Taylor NL. 2008. Registration of 'FreedomMR' Red Clover. *Journal of Plant Registrations*. **2**: 205-207.
- Taylor RL. 1981. *Weeds of Roadsides and Waste Ground in New Zealand*. The Caxton Press. Christchurch, New Zealand.
- Temperton VM, Mwangi PN, Scherer-Lorenzen M, Schmid B, Buchmann N. 2007. Positive interactions between nitrogen-fixing legumes and four different neighbouring species in a biodiversity experiment. *Oecologia*. **151**: 190-205.

- Templeton WC, Buck CF, Wattenburger DW. 1967. Persistence of bird sfoot trefoil under pasture conditions. *Agronomy Journal*. **59**: 385-386.
- Tilman D. 1999. The ecological consequences of challenges in biodiversity: A search for general principles. *Ecology*. **80**: 1455-1474.
- Tilman D, Lehman CL, Thomson KT. 1997. Plant diversity and ecosystem productivity: theoretical consideration. *Proceedings of the National Academy of Science*. **94**: 1857-1861.
- Tisdall JM, Oades JM. 1979. Stabilisation of soil aggregates by root systems of ryegrass. *Australian Journal of Soil Research*. **17**: 429-441.
- Tonitto C, David MB, Drinkwater LE: 2006. Replacing bare fallows with cover crops in fertilizer-intensive cropping systems: A meta-analysis of crop yield and N dynamics. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. **112**: 58-72.
- Trenbath BR. 1974. Biomass productivity of mixtures. *Advance in Agronomy*. **26**: 177-210.
- Troelstra SR, Berendse F. 1982. Root CEC 86 determinations to establish root biomasses of two plant species grown in mixtures. *Plant and soil*. **64**: 277-281.
- Troelstra SR, Brouwer R. 1992. Mineral nutrient concentrations in the soil and in the plant. In: Kuiper PJC, Bos M. *Ecological Studies Analysis nad Synthesis*, Vol. 89, *Plantago: a multidisciplinary study*. Springer-Verlag. Berlin.
- Turkington R, Franko GD. 1980. The biology of Canadian weeds. 41. *Lotus corniculatus* L. *Canadian Journal of Plant Science*. **60**: 965-979.
- Undersander D, Cosgrove D, Cullen E, Grau C, Rice ME, Renz M, Sheaffer C, Shewmaker G, Sulc M. 2011. *Alfalfa management guide*. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science of America, Inc. Madison, USA.
- Undersander D, et al. 1993. Birdsfoot trefoil for grazing and harvested forage. North Central Regional Extension Publication 474.
- University of Minnesota. 2021. Managing the rotation from alfalfa to corn. University of Minnessota Extension. Available from <https://extension.umn.edu/corn-cropping-systems/managing-rotation-alfalfa-corn> (accessed April 2024).
- Unkovich MJ, Baldock J, Peoples MB. 2010. Prospects and problems of simple linear models for estimating symbiotic N₂ fixation by crop and pasture legumes. *Plant and Soil*. **329**: 75-89.
- Upjohn B, Kemp D, Parker M. 2002. Chicory, Agfact P2.5.40. NSW Government, Department of Primary Industries. Available from <https://www.dpi.nsw.gov.au/agriculture/pastures-and-rangelands/species-varieties/pf/factsheets/chicory> (accessed September 2023).

- Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2016. Jeteloviny a trávy. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Národní odrůdový úřad. Available from <https://pro-bio.cz/wp-content/uploads/2016/12/JetelovinyTravy2016.pdf> (accessed March 2023).
- Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2022. Výsledky zkoušek užitné hodnoty ze sklizně 2022, rok zásevu 2020, 2021. Available from https://eagri.cz/public/web/file/715557/ZUH_22_festulolium6nL.pdf (accessed September 2023).
- Van Eekeren N, Van Liere D, De Vries F, Rutgers M, De Goede R, Brussaard L. 2009. A mixture of grass and clover combines the positive effects of both plant species on selected soil biota. *Applied Soil Ecology*. **42**: 254-263.
- Van Ruijven J, Berendse F. 2003. Positive effects of plant species diversity on productivity in the absence of legumes. *Ecology Letters*. **6**: 170-175.
- Vance P. 1997. Nitrogen Fixation Capacity. Pages 375-407 in McKersie BD & Brown DCW, editors. *Biotechnology and the improvement of forage legumes*. Oxford University Press. Oxford.
- Vasileva V, Vasilev E. 2020. Agronomic characterization and the possibility for potential use. *Pakistan Journal of Botany*. **52**: 565-568.
- Vasse J, Billy F, Truchet G. 1993. Abortion of infection during the *Rhizobium meliloti*-alfalfa symbiotic interaction is accompanied by a hypersensitive reaction. *The Plant Journal*. **4**: 555-566.
- Velechovská J. 2022. Vojtěška z pohledu agrotechniky. *Úroda*. Available from <https://uroda.cz/vojteska-z-pohledu-agrotechniky/> (accessed April 2024).
- Velíšek J, Hajšlová J. 2009. *Chemie potravin I*. OSSIS. Tábor.
- Viketoft M, Palmborg C, Sohlenius B, Huss-Danell K, Bengtsson J. 2005. Plant species effects on soil nematode communities in experimental grasslands. *Applied Soil Ecology*. **30**: 90-103.
- Voisin A. 1960. *Better Grassland Sward, Ecology, Botany and Management*. Crosby Lockwood. London.
- Voisin A. 1988. *Grass productivity*. Island Press. USA.
- Vorlíček Z. 2001. Jetelovinotravní směsky a jejich využití. ProfiPress. Available from <https://uroda.cz/jetelovinotravni-smesky-a-jejich-vyuziti/> (accessed September 2023).
- Vorlíček Z. 2004. Morfologické, biologické a hospodářské charakteristiky vojtěšky seté. In: *Trávy a jetelovinostrávy v zemědělské praxi*. Agrární obzor Olomouc. Olomouc.
- Waldron BL, Bingham TJ, Creech E, Peel MD, Miller R, Jensen KB, ZoBell DR, Eun JS, Heaton K, Snyder DL. 2019. Binary mixtures of alfalfa and birdsfoot trefoil with tall fescue:

- Herbage traits associated with the improved growth performance of beef steers. *Grassland Science*. **66**: 74-87.
- Wang L, Xie J, Luo Z, Niu Y, Coulter JA, Zhang R, Lingling L. 2021. Forage yield, water use efficiency, and soil fertility response to alfalfa growing age in the semiarid Loess Plateau of China. *Agricultural Water Management*. **243**.
- Watson SJ, Nash MJ. 1960. *The conservation of grass and forage crops*. Oliver and Boyd. London.
- White TA, Barker DJ, Moore KJ. 2004. Vegetation diversity, growth, quality and decomposition in managed grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. **101**: 73-84.
- Whyte RO, Nillson-Leissner G, Trumble HC. 1953. *Agricultural Studies, 21. Legumes in agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Italy.
- Wilson DB, Clark RD. 1960. Performance of four irrigated pasture mixtures under grazing by sheep. *Canadian Journal of Plant Science*. **41**: 533-543.
- Wu T, Schoenau JJ, Li F, Qian P, Malhi SS, Shi Y. 2003. Effect of tillage and rotation on organic carbon forms of chernozemic soils in Saskatchewan. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. **166**: 328-335.
- Xu R, Shi W, Kamran M, Chang S, Jia Q, Hou F. 2023. Grass-legume mixture and nitrogen application improve yield, quality, and water and nitrogen utilization efficiency of grazed pastures in the loess plateau. *Frontiers in Plant Science*. **14**: 1-17.
- Yang CF, et al. 2021. Identification of genetic loci associated with crude protein content and fiber composition in alfalfa (*Medicago sativa* L.) using QTL mapping. *Frontiers in Plant Science*. **12**
- Yeates GW, Shepherd TG, Francis GS. 1998. Contrasting response to cropping of populations of earthworms and predacious nematodes in four soils. *Soil and Tillage Research*. **48**: 255-264.
- Zannone L, Assemat L, Rottili P, Jacquard P. 1983. An experimental study of intraspecific competition within forage crops. *Agronomie*. **3**: 451-459.
- Zemenchik RA, Albrecht KA, Shaver RD. 2002. Improved nutritive value of kura clover-and birdsfoot trefoil with grass monocultures. *Agronomy Journal*. **94**: 1131-1138.
- Zotarelli L, ZAtorre NP, Boddey RM, Urquiaga S, Jantalia CP, Franchini JC, Alves BJR. 2012. Influence of no-tillage and frequency of a green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks. *Field Crops Research*. **132**: 185-195.

9 Samostatné přílohy

Tabulka P1: plánek pokusu

18	6	34	34	30	18H	6	X
32	5	4	8	1	33	17	34
3	33	25	1	2	14	6	26
4	24	29	3	12	3	31	34
5	21	10	15	34	13	33	7

23	2	28	19	11	16	27	5
2	1	4	22	5H	9	19	20

Tabulka P2: Přehled variant, jejich druhové složení a výsevek (g/parcelu)

Parcela	Varianta	Festulolium	Srha	Vojtěška	Štírovník	Čekanka	Jitrocel
1	1	30	0	0	0	0	0
2	1	30	0	0	0	0	0
3	1	30	0	0	0	0	0
4	2	0	20	0	0	0	0
5	2	0	20	0	0	0	0
6	2	0	20	0	0	0	0
7	3	0	0	20	0	0	0
8	3	0	0	20	0	0	0
9	3	0	0	20	0	0	0
10	4	0	0	0	15	0	0
11	4	0	0	0	15	0	0
12	4	0	0	0	15	0	0
13	5	0	0	0	0	8	0
14	5	0	0	0	0	8	0
15	5	0	0	0	0	8	0
16	6	0	0	0	0	0	10
17	6	0	0	0	0	0	10
18	6	0	0	0	0	0	10
19	7	15	10	0	0	0	0
20	8	0	0	10	7,5	0	0
21	9	0	0	0	0	4	5
22	10	15	0	10	0	0	0
23	11	15	0	0	7,5	0	0
24	12	15	0	0	0	4	0

25	13	15	0	0	0	0	5
26	14	0	10	10	0	0	0
27	15	0	10	0	7,5	0	0
28	16	0	10	0	0	4	0
29	17	0	10	0	0	0	5
30	18	0	0	10	0	4	0
31	19	0	0	10	0	0	5
32	20	0	0	0	7,5	4	0
33	21	0	0	0	7,5	0	5
34	22	10	0	6,7	0	2,7	0
35	23	10	0	6,7	0	0	3,3
36	24	10	0	0	5	2,7	0
37	25	10	0	0	5	0	3,3
38	26	0	6,7	6,7	0	2,7	0
39	27	0	6,7	6,7	0	0	3,3
40	28	0	6,7	0	5	2,7	0
41	29	0	6,7	0	5	0	3,3
42	30	7,5	5	5	3,75	0	0
43	31	7,5	5	0	0	2	2,5
44	32	0	0	5	3,75	2	2,5
45	33	5	3,3	3,3	2,5	1,3	1,7
46	33	5	3,3	3,3	2,5	1,3	1,7
47	33	5	3,3	3,3	2,5	1,3	1,7
48	34	30	0	0	0	0	0
49	34	30	0	0	0	0	0
50	34	30	0	0	0	0	0
51	34	30	0	0	0	0	0
52	34	30	0	0	0	0	0

P3: porost pšenice před sklizní



P4: průběh sklizně



P5: Separace listů od stébel v laboratoři ČZU



P6: stacionární mlátička



P7: cyklónový mlýn s rotorem a prstencem



P8: počítadlo HTS



