

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra pícninářství a trávnickářství



**Vliv dlouhodobého hnojení na výnos a výšku porostu
vojtěšky seté**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Petra Švadlenková

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

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "*Vliv dlouhodobého hnojení na výnos a výšku porostu vojtěšky seté*" 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 11.4.2014

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu doc. Ing. Josefu Haklovi, Ph.D. za rady a pomoc, kterou mi věnoval při vypracování této práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Janě Konečné za pomoc při zpracování výsledků a Ing. Evě Kunzové, CSc. za poskytnutí přístupu k pokusům VURV Ruzyně.

SOUHRN

Vojtěška setá patří mezi jednu z nejvíce pěstovaných píce, ceněnou pro svůj vysoký výnos.

Cílem této práce bylo v rámci zahajovacího experimentu posoudit vliv dlouhodobého hnojení na výnos a výšku porostu vojtěšky seté. Dlouhodobý pokus byl založen roku 1955 ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby v Praze – Ruzyni. Hodnocený porost vojtěšky seté byl založen v roce 2012 jako podsev do ječmene jarního. V roce 2013 byla výška porostu měřena v každé seči talířovým měřidlem v 6 opakováních z 12 variant: nehnojená kontrola, hnojení minerálními hnojivy ve dvou úrovních dávek (N, P, K), pouze organické hnojení (hnůj, kejda skotu, kejda skotu a sláma) a z variant hnojených kombinací minerálních a organických hnojiv ve dvou úrovních dávek minerálních hnojiv. Výnos byl stanoven pomocí parcelového sklízecího. Vzorky pro charakteristiku porostu byly odebrány z plochy o velikosti 12,5 x 50 cm ve 4 opakováních.

V rámci každé skupiny variant podle organického hnojení byl zjištěn vyšší výnos a výška porostu vojtěšky seté u variant hnojených vyššími dávkami minerálních hnojiv proti variantám nehnojeným. Nejvyšší výška porostu měřená talířovým měřidlem (RPM) byla zaznamenána u variant hnojených kejdou skotu a kejdou skotu a slámou v kombinaci s nižšími dávkami minerálního hnojení u 2. seče.

Byla prokázána nízká závislost výnosu vojtěšky seté na výšce porostu měřené pomocí RPM. Při porovnání obou sečí jsou korelace mnohem nižší u 1. seče ($r^2 = 10,6 \%$, $p = 0,024$) proti 2. seči ($r^2 = 47,5 \%$, $p = < 0,001$).

Jednotlivé varianty hnojení nemají vliv na hustotu lodyh. Významný vliv byl prokázán na délku lodyh a výnos porostu v sušině. Nejvyšších výnosů dosahovaly varianty hnojené kombinací minerálních hnojiv v různých dávkách a organického hnojení.

Z výsledků vyplývá, že dlouhodobé hnojení má vliv na výšku i výnosy porostu vojtěšky, kdy nejvyšší výšky a výnosy píce bylo dosaženo při kombinaci hnojení minerálními a organickými hnojivy. Talířové měřidlo dobře zaznamenávalo rozdíly ve výšce porostu, resp. v délce lodyh. Ve vztahu k výnosu píce byla zaznamenána průkazná pozitivní korelace, ale s nižší těsností závislosti.

Klíčová slova: pícniny, talířové měřidlo, fixace dusíku, fosfor, draslík

SUMMARY

Alfalfa is one of the most commonly grown forage crops, appreciated for its high yields.

The aim of this study was to assess in an initial experiment the effects of long-term fertilisation on the yield and the height of alfalfa crops. A long-term experiment was launched in 1955 at the Crop Research Institute in Prague – Ruzyně. The assessed alfalfa crop was established in 2012 as an undersowing to spring barley. In 2013 the crop height was measured in each cut with a rising plate meter (RPM) in six repetitions in 12 variants: unfertilised check, application of mineral fertilisers at two dose levels (N, P, K), organic fertilisation only (manure, semi-liquid cattle manure and semi-liquid cattle manure with straw), and in variants fertilised with a combination of mineral and organic fertilisers at two levels of doses of mineral fertilisers. The yield was determined using a plot harvester. Growth characteristic samples were collected from an area the size of 12.5×50 cm in four repetitions.

In each group of variants depending on organic fertilisation, those variants to which larger doses of mineral fertilisers were applied showed higher yield and height of the alfalfa crop compared to unfertilised variants. The greatest crop height measured with a rising plate meter (RPM) was recorded in variants fertilised with semi-liquid cattle manure and with semi-liquid cattle manure combination with straw, combined with lower doses of mineral fertilisation in second cut.

The effect of the crop height measured with an RPM on the alfalfa yield proved to be low. When comparing the two cuts, the correlation is a lot less close in the first cut ($r^2 = 10.6 \%$, $p = 0.024$) compared to the second cut ($r^2 = 47.5 \%$, $p \leq 0.001$).

What fertilisation variant was used had no effect on the stem density. It had a significant effect on the stem height and yield of the crop in dry matter. Highest yields were achieved from variants fertilised with a combination of mineral fertilisers in varying doses and organic fertilisation.

The results show that long-term fertilisation does have an effect on both the height and the yield of alfalfa crop, with the greatest forage height and yield achieved when applied was a combination of mineral and organic fertilisers. The rising plate meter recorded differences in the crop height or stem length well. In respect of the forage yield, a demonstrable correlation was identified, but less pronounced.

Keywords: forage, rising plate meter, nitrogen fixation, phosphorus, potassium

OBSAH

1	ÚVOD	1
2	CÍL PRÁCE	2
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE	3
3.1	Vojtěška setá	3
3.1.1	Historie vojtěšky seté.....	3
3.1.2	Morfologické a biologické vlastnosti	3
3.1.2.1	Kořeny	3
3.1.2.2	Lodyha	4
3.1.2.3	List	5
3.1.2.4	Květ.....	5
3.1.2.5	Plod	5
3.1.2.6	Semena.....	5
3.1.3	Klimatické a půdní podmínky.....	6
3.1.4	Založení porostu	6
3.1.5	Agrotechnika.....	7
3.1.6	Sklizeň	7
3.2	Výživa a hnojení	8
3.2.1	Dusík.....	8
3.2.2	Fosfor	9
3.2.3	Draslík.....	9
3.2.4	Vápník.....	10
3.2.5	Hnojení organickými hnojivy	10
3.3	Produkce, kvalita a výnos píce vojtěšky seté	10
3.3.1	Talířové měřidlo (RPM)	11
4	MATERIÁL A METODY	13
4.1	Charakteristika půdních a klimatických podmínek stanoviště	13
4.2	Charakteristika použité odrůdy	13
4.3	Charakteristika porostu a metodika odběru vzorků	15
4.3.1	Charakteristika porostu	15
4.3.2	Charakteristika hnojení a metodika odběru vzorků	16
4.4	Statistické vyhodnocení získaných dat	17
5	VÝSLEDKY	18
5.1	Vliv variant hnojení na výšku porostu vojtěšky seté v průběhu nárůstu u 1. a 2. seče	18

5.1.1	Vliv variant bez organického hnojení hnojených rozdílnými dávkami minerálního hnojení na výšku porostu.....	18
5.1.2	Vliv variant hnojených hnojem v kombinaci s rozdílnými dávkami minerálního hnojení na výšku porostu.....	20
5.1.3	Vliv variant hnojených kejdou skotu v kombinaci s rozdílnými dávkami minerálního hnojení na výšku porostu	21
5.1.4	Vliv variant hnojených kejdou skotu a slámou v kombinaci s rozdílnými dávkami minerálního hnojení na výšku porostu	22
5.2	Vztah mezi výnosem píče a výškou porostu v závislosti na variantě hnojení	24
5.3	Charakteristika porostu vojtěšky seté	29
6	DISKUZE	33
6.1	Vliv variant hnojení na výšku porostu vojtěšky seté v průběhu nárůstu u 1. a 2. seče	33
6.2	Vztah mezi výnosem píče a výškou porostu v závislosti na variantě hnojení	33
6.3	Charakteristika porostu	34
7	ZÁVĚR	35
8	SEZNAM LITERATURY	36
8.1	Internetové zdroje	39

1 ÚVOD

Vojtěška setá patří mezi nejstarší kulturní jetelovinu pro produkci píce. Produkční význam jetelovin spočívá v relativně stálých výnosech, nezávislých díky schopnosti symbiotické fixace na výživě dusíkem, v dobré kvalitě produkované píce s vysokým obsahem dusíkatých látek, ale i vitamínů a minerálních prvků. Ve výrobní oblasti kukuřičné a řepařské je vojtěška pro produkci kvalitní píce vedle kukuřice rozhodující pícninou. Cennou vlastností jetelovin, zejména vojtěšky je vysoká výnosová stabilita v nížinných oblastech i při horších povětrnostních podmínkách. Jeteloviny mají velký význam nejen pro zvyšování úrodnosti půdy a produktivnosti osevních postupů, ale i z hlediska celkové bilance dusíku v zemědělské výrobě. Široká škála pozitivních účinků řadí jeteloviny k nejvýrazněji zlepšujícím plodinám.

Na dynamiku růstu, strukturu porostu a výnosy má vliv řada faktorů, mezi nimi i množství dodávaných hnojiv do půdy. Statistiky ze současné zemědělské praxe ukazují, že se výrazně omezilo vápnění a hnojení P a K. Chybí údaje o tom, jaký je dopad absence hnojení na porosty jetelovin. Existuje velmi málo prací zabývajících se hnojením jetelovin. Výsledky pokusu vlivu dlouhodobého hnojení na výnos a výšku porostu bude možné dále využít jak v zemědělské praxi, tak i pro další výzkum.

2 CÍL PRÁCE

Tato práce si kladla za cíl stanovit vliv různých variant dlouhodobě aplikovaných organických a minerálních hnojiv v různých dávkách na výnos a výšku porostu vojtěšky seté na základě založeného pokusu.

Cílem této práce bylo potvrdit nebo vyvrátit hypotézu:

H_A: Různá úroveň dlouhodobého minerálního a organického hnojení ovlivňuje výnos a výšku porostu vojtěšky seté.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Vojtěška setá

3.1.1 Historie vojtěšky seté

Vojtěška setá je jedna z nejstarších a nejdůležitějších píce. V současnosti je nejpěstovanější vikvovitou pícninou, jejíž celková osevní plocha je odhadována na 33 milionů hektarů (Hrabě et al., 2006). V roce 2012 byla nejpěstovanější pícninou na orné půdě v ČR hned po kukuřici (ČSÚ, 2013). Převážná většina údajů se shoduje v tom, že byla zavedena do kultury ve střední Asii, především v nynějších oblastech Íránu, a to asi před 2500 lety (Klesnil et al., 1965). V ČR je poměrně mladou pícninou (17. století), nejrychleji začaly její osevní plochy stoupat teprve počátkem 20. století (Šantrůček et al., 2003a).

Vojtěška setá byla jednou z prvních krmiv, která byla domestikována. Na rozdíl od většiny ostatních krmných pícnin, vojtěška je obvykle pěstována v čisté monokultuře, i když může být ve směsích s ostatními pícninami a travami (Frame et al., 1998).

3.1.2 Morfologické a biologické vlastnosti

3.1.2.1 Kořeny

Kořenový systém vojtěšky seté tvoří kulový kořen dosahující při jarní setbě na podzim v roce výsevu hloubky 1,5 m, více se větví při letním výsevu v orniční části, dosahuje v ostatních letech značných hloubek 5 i více metrů, což jí umožňuje dobře si osvojovat živiny. Celkové množství kořenové hmoty váhově dosahuje přibližně výnosu suché píce. Při vzcházení rostlin po zasetí se zpočátku 4krát rychleji vyvíjí kořenová soustava než nadzemní část (Šantrůček et al., 2003a). Zakořeňování vojtěšky je v prvních deseti týdnech po zasetí pomalé, a proto jsou v této době mladé rostliny zvláště citlivé na přísušky. V dalších letech se kořeny dále vyvíjejí a rostou a mohou dosáhnout na propustných půdách (spraše) hloubky 10 až 15 m. Mohutnost kořenového systému je ovlivňována různými faktory, hlavně půdními a agrotechnickými (Klesnil et al., 1965).

Kořenová hmota se po zaorání pomalu rozkládá v celém půdním profilu, vojtěšku lze po sobě na stejném pozemku na úrodných půdách opětovně pěstovat za 2-3 roky (Šantrůček et al., 2003a).

Největší podíl kořenové hmoty se rozprostírá ve svrchních horizontech do hloubky 40-50 cm. Přitom je v ornici uloženo 30 – 60 % celkové kořenové hmoty. Množství kořenové hmoty a její rozvrstvení závisí dále na stáří porostu (Klesnil et al., 1965). Boční kořeny

vytvářejí množství tenkých kořínků, rozložených především ve vrchní vrstvě půdy a tvořících hustou síť. Na tenkých kořincích nacházíme hlízky, jejichž pletivo je vyplněno baktériemi schopnými fixovat vzdušný dusík (Hrabě et al., 2004).

Jako ostatní jeteloviny i vojtěška se vyznačuje intenzivní sekreční a exkreceční činností kořenů, jež příznivě ovlivňuje rozvoj půdní mikroflóry. Rovněž intenzita kořenového dýchání je vysoká (Klesnil et al., 1965).

Spodní část hlavní lodyhy bezprostředně přiléhající ke kořeni se nazývá kořenovým krčkem (odnožovacím uzlem). Na kořenovém krčku se zakládají pupeny, ze kterých se následně vytvářejí lodyhy. S postupným stářím vojtěšky je kořenový krček vtahován do půdy a v závislosti na druhu vojtěšky může úroveň zatažení dosáhnout 30-50 i více milimetrů. Hlubší zatažení kořenového krčku do půdy podmiňuje vyšší odolnost vůči vyzimování (Hrabě et al., 2004).

Stavba kořenového krčku a způsob obrůstání vojtěšky podmiňují menší konkurenční schopnost vojtěšky vůči plevelům a travám. Zvláště nebezpečné jsou takové druhy, které zarůstají kořenový krček, omezují obrůstání a posléze vojtěšku potlačují (Klesnil et al., 1965).

Kořeny i kořenový krček bývají často napadeny chorobami houbového původu i bakteriálními, které snižují výnosnost, životnost rostliny, a tím i vytrvalost porostů (Šantrůček et al., 2003a).

Svým původem se vojtěška řadí k rostlinám stepním – xerofilním. Nadzemní orgány však nemají typické znaky xerofilie. Přitom spotřeba vody u vojtěšky je značná (Klesnil et al., 1965).

3.1.2.2 Lodyha

Pro iniciaci růstu lodyh z pupenů potřebuje vojtěška prokypřenou půdu. Ostatní lodyhy mohou vyrůstat nejen z pupenů, ale v jarním období i z přezimujících zkrácených výhonků (10-50 mm), případně z nodů lodyh strniště po sečích (10 % počtu lodyh) (Šantrůček et al., 2003a).

Počet lodyh na rostlině vojtěšky je závislý na podmínkách růstu a vzrůstu rostliny od 2-3 do několika desítek na jedné rostlině. Lodyhy jsou vzpřímené nebo polovzpřímené a mohou dosáhnout délky přes 1 m (Hrabě et al., 2004). Lodyhy vytvářejí v průměru 12 – 15 internodií (článků). V uzlinách (nodech) se lodyha rozvětjuje. Počet větví na jedné lodyze je proměnlivý a podle odrůdy se pohybuje od 4 do 8. Z více nahloučených uzlin na nejspodnějších částech lodyhy může vojtěška po sečích rovněž obrůstat. Přesto však vojtěška

obrůstá převážně z kořenového krčku a pouze kolem 10 % lodyh vyrůstá z nejspodnějších uzlin stniště (Klesnil et al., 1965).

3.1.2.3 List

List vojtěšky je trojčetný, jednotlivé lístky sedí na krátkých stopečkách, střední lístek je nejdelší. Lístky mají různý tvar i v rámci jedné rostliny a mohou být okrouhlé, elipsovité, vejcovité apod. V nižším patře bývají lístky okrouhlejší, ve vyšším patře naopak užší. Vrchní část jednotlivých lístků je zoubkovaná. Barva lístků je světle až tmavě zelená; na řapících u báze jsou vytvořeny palisty (Hrabě et al., 2004).

3.1.2.4 Květ

Květenství tvoří protáhlý, popřípadě kulovitý hrozen. Délka hroznu se pohybuje od 1 do 6 cm. Vojtěška setá má řídký, protáhlý, delší hrozen (Klesnil et al., 1965). Kvítky jsou přisedlé na krátkých květních stopkách, na jejichž bázi jsou dva nitkovité listeny. Kvítek má zelenou zoubkovanou číšku s kališními lístky. Korunka motýlkovité stavby je složena z pěti plátků. Květ vojtěšky je oboupohlavní, má pestík a 10 tyčinek, z nichž 9 je srostlých a tvoří sloupeček, desátá je volná. Pro zajištění vysoké biologické hodnoty semen vyžaduje vojtěška opylení cizím pylem (Hrabě et al., 2004).

3.1.2.5 Plod

Plodem je vícesemenný lusk, který vytváří spirálu o dvou až čtyřech závitech. Počet semen v lusku je závislý na jeho délce. Vojtěška setá obsahuje v lusku se 2 – 4 závitů 5 – 7 semen i více. Počet semen je podmíněn především opylením. V semeníku je 9 – 12 vaječných buněk, z nichž se však jen část oplodní a vytvoří vyvinuté semeno (Klesnil et al., 1965).

3.1.2.6 Semena

Semeno vojtěšky je tvořeno poměrně silným obalem (slupkou) a v něm uloženým zárodkem. Obal semene vojtěšky bývá často tvrdý, takže semena nejsou schopna nabobtnat a nestejně klíčí. Hovoříme o tzv. tvrdosemennosti. Množství tvrdých semen může u vojtěšky dosahovat i 60-70 % (Hrabě et al., 2004). Semeno vojtěšky je žlutě zbarvené. Průměrná délka semene je 1,5 až 2,5 mm, šířka 1-1,5 mm. V 1 kg osiva vojtěšky seté je 400 až 550 tisíc semen (Klesnil et al., 1965).

3.1.3 Klimatické a půdní podmínky

Vojtěšku na píci lze pěstovat v podmínkách kukuřičné a řepařské oblasti na půdách hlubokých s propustnou spodinou a hladinou podzemní vody alespoň 1,5 m pod povrchem. V bramborářské oblasti ji lze pěstovat na pozemcích s neutrální až slabě kyselou půdní reakcí, hlubokou ornici a jižní nebo jihovýchodní expozicí, do nadmořské výšky asi 500 m při 1,5 až 2letém využití (Vorlíček et Rotrekl, 1996). Vojtěšce jako stepní plodině vyhovují teplejší polohy a lehčí půdy (Jamriška, 1988). Reakce půdy nejlépe vyhovuje v rozmezí pH 6,5-7,2 i v hlubších půdních vrstvách. Nejlépe vyhovují půdy jílovitohlinité, hlinité až písčito-hlinité; oglejené i glejové (Šantrůček et al., 2003a). Výběr vhodné odrůdy vojtěšky může být nástroj pro zlepšení vývinu vojtěšky ve zhoršených půdních podmínkách (Hakl et al., 2012).

Vojtěšku zařazujeme v osevním postupu minimálně s odstupem pěti let po sobě, nejlépe jako druhou nebo třetí následnou plodinu po hnojené okopanině. Nevhodné jsou silně zaplevelené pozemky, především vytrvalými pleveli a zamořené kokoticí. V systému zpracování půdy je nutno počítat s včas provedenou a ošetřenou podmínkou, hlubší orbou se zapravením hnojiv do profilu ornice a mimořádnou pozornost je třeba věnovat předseťové přípravě. Půda dobře připravená pro setí má být přiměřeně kyprá, v profilu ornice jemně zpracovaná, 20 až 30 mm pod povrchem utuženější pro seťové lůžko a na povrchu kypřejší a drobtovitá (Vorlíček et Rotrekl, 1996).

Vojtěška klíčí již při 5 °C, při teplotě půdy 10-12 °C vzchází za 7-10 dní. Rostliny jsou velmi náročné na světlo, patří k rostlinám dlouhodobým. Snese mrazy až -25 °C a pod sněhovým příkrovem teploty až do -40 °C. Počátkem jara mladé výhonky mohou být poškozeny i jarními mrazíky při -4 °C (Šantrůček et al., 2003a).

3.1.4 Založení porostu

Podmínky prostředí determinují úspěšné založení porostu ze 72%, výsevní množství se na počtu rostlin na provozních plochách podílí zbývající měrou. Při zakládání porostu bez krycí plodiny stačí vysévat 6-7 mil. klíčivých semen (12-14 kg.ha⁻¹), při použití pícní krycí plodiny 7,5-8 mil. klíčivých semen (15-16 kg.ha⁻¹). Nevhodná je povrchová setba naširoko i společná s krycí plodinou. Nejlépe vyhovuje setí vojtěšky napříč řádků krycí plodiny. Vojtěšku pro pícní účely sejeme nejčastěji do řádků o vzdálenosti 75-150 mm (Šantrůček et al., 2003a). Mattera et al. (2013) uvádí, že snížení mezery mezi řádky na

optimální vzdálenost je postup, který umožňuje výhodnější prostorové uspořádání vojtěšky a má pozitivní vliv na produkci píce.

Min et al. (2000) zjistili, že vysoká hustota rostlin nezlepšila výnos a kvalitu píce ve srovnání s nízkou hustotou.

3.1.5 Agrotechnika

Ošetřování porostů vojtěšky za vegetace spočívá v počátečních fázích vývinu v udržení bezplevelného porostu a šetrné sklizni krycí plodiny s ohledem na podsev. Mechanické ošetření u mladého porostu v 1. roce neprovádíme (Šantrůček et al., 2003).

Jarní vláčení je u zapojené kultury vojtěšky účelné. Včasné vláčení, které se musí zajistit před obrůstáním vojtěšky z pupenů na kořenovém krčku, zvyšuje tvorbu nových lodyh. Platí to zejména o pupenech, které jsou uloženy několik centimetrů pod zemí a orůstají jedině tehdy, zvýší-li se k nim přístup vzduchu, popřípadě rozptýleného světla (Klesnil et al. 1965).

Nicméně Šantrůček et al. (2003b) ve svém pokusu zjistili, že na kultivovaných plochách byl na konci čtvrtého roku vegetace nižší počet rostlin na m² a nižší počet lodyh na m² ve srovnání s kontrolní variantou bez ošetření vibračními nebo hřebenovými branami.

Vláčení a zejména pak intenzivní kypření půdy na vojtěškovém honu se musí zajistit na jaře velmi časně. Opoždění tohoto zásahu by mohlo omezit obrůstací schopnost vojtěšky v první seči, protože křehké obrůstací pupeny by se mohly poškodit (Klesnil et al., 1965).

Časté přejezdy po porostech vedou k celkovému snížení výnosu sena u vojtěšky ročně v průměru o 1-1,5 t.ha⁻¹. Za dobu vegetace je pravděpodobné, že některé rostliny mohou být přejety až 20krát. Vláčením vojtěškových porostů, které je opodstatněné z hlediska kypření odnožovací zóny kořenového krčku, se odplevelováním porostu zvyšuje podíl rostlin napadených chorobami kořenů (1,3-2krát), počet lodyh se snižuje o 3-18 % oproti nevláčeným pozemkům (Šantrůček et al., 2003a).

3.1.6 Sklizeň

První seč provádíme zpravidla v době, kdy první 2-3 listy začínají žloutnout. Výška seče má být 40-60 mm. Důležitý je odstup mezi předposlední a poslední sečí, který by měl činit z důvodů nahromadění zásobních látek v kořenech a kořenovém krčku nejméně

8-9 týdnů. Počínaje kvetením dochází ke stárnutí vojtěšky a snižuje se obsah stravitelných živin, zvyšuje se obsah vlákniny hlavně v lodyhách, které dřevnatěji (Šantrůček et al., 2003a).

Seč blíž k zemi je možnost jak zvýšit výnos vojtěšky v krátkodobém produkčním krmeném systému, který je zavlažován a hnojen (Shen et al., 2013).

3.2 Výživa a hnojení

Vojtěška pěstovaná na píci má vysokou potřebu živin. Na 10 tun sena je potřeba 26 až 35 kg fosforu, 150-160 kg draslíku a 200-240 kg vápníku. I když je vojtěška schopna využívat splavené živiny z hlubších vrstev, je nutné základní živiny dodávat (Vorlíček et Rotrekl, 1996).

V současné době se v zemědělské praxi hnojí velmi málo, dopad na výnos jetelovin a ukazatele výnosu jetelovin (hustotu rostlin, délku lodyh, stlačenou výšku porostu atd.) nikdo nesledoval.

3.2.1 Dusík

Na hnojení dusíkem se názory autorů rozcházejí. Dusík si vojtěška osvojuje z 60-90 % symbiózou hlízkových bakterií, přičemž minerální dusík dodávaný do půdy snižuje přednost jetelovin – využívání vzdušného dusíku, což je ovšem závislé na mnoha faktorech. Pravidelné hnojení vojtěšky dusíkem je v ČR neúčinné a neekonomické, a to i v méně příznivých pedoklimatických podmínkách pro činnost rhizobií. Podporuje zplevelení porostů (Šantrůček et al., 2003a). Jamriška et al. (1998) dodávají, že při hnojení dusíkem dochází k redukci kořenové hmoty, k snížení trvanlivosti porostu, popřípadě ke snížení kvality píce. Aplikací dusíku bezprostředně před setím vzniká riziko poškození klíčících rostlin. Dusíkaté hnojení bývá většinou efektivní pouze tam, kde jsou nepříznivé podmínky pro činnost rhizobií (Jamriška et al., 1998).

Píce i nehnojených vojtěšek obsahuje více dusičnanů a může být označena jako podmíněčně zkrmitelná, na což má vliv i předcházející hnojení N-hnojiv v osevním postupu. Ani tzv. „startovací dávka“ dusíku v 1. roce vegetace porostu (25-30 kg.ha⁻¹) nemá žádný vliv na výnosy (Šantrůček et al., 2003a).

Nicméně Vasileva et al. (2011) zjistili v nádobovém pokusu při dávkách minerálního dusíku 120 a 160 mg N.kg půdy⁻¹, že se zvýšila produkce sušiny o 17 a 23% v podmínkách

s optimální vlhkostí a v podmínkách s nedostatkem vody o 9% v dávce 80 mg N.kg půdy⁻¹. Obsah hrubé vlákniny v kořenové hmotě v podmínkách s nedostatkem vody se nejvíce zvýšil v nehnojené a hnojené variantě nízkými dávkami minerálního dusíku (Vasileva et al., 2013).

3.2.2 Fosfor

Fosfor postupuje pomalu půdním profilem, který činí obvykle jen několik centimetrů ročně. Obsah fosforu v sušině rostlin vojtěšky pod 0,23 % bývá považován za nedostatečný. Horní hranice zpravidla nepřesahuje 0,4 %. Na středně zásobených půdách, tj. nad 46 mg.kg⁻¹ P.ha⁻¹, je třeba dodat na tvorbu výnosu 8-10 t sena vojtěšky 30-40 kg P.ha⁻¹ za rok zásobním hnojením k předplodině. Zapravením vyšších dávek hnojiv, bezprostředně před setím vojtěšky, může dojít k poškození klíčících semen (Šantrůček et al., 2003a).

Berg et al. (2005, 2007) uvádí, že hnojení fosforem a draslíkem zvyšuje výnosy vojtěšky oproti nehnojeným pozemkům, což potvrzuje i Lissbrant et al. (2009), a to navzdory mírnému snížení krmné výživové hodnoty vojtěšky.

3.2.3 Draslík

Podle zásobení půd draslíkem může jeho obsah v sušině vojtěšky kolísat v širokém rozmezí 1,24-4,15 %, přičemž za dostatečný obsah K na počátku květu z hlediska rostlin jsou považovány hodnoty 1,25-2,3 %. Obsah draslíku není stálý, pohybuje se obvykle v 1. roce vegetace v průměru okolo 3 % K, ve 2. roce 2,3 % K, ve 3. roce 1,8 % K. V průběhu roku s přibývajícimi etapami ontogeneze klesá obsah K v píce od 1. do 3. (4.) seče o 20-30 (40 %) za současného zvyšování obsahu vápníku. Nejvyšší obsah K v píce na jaře souvisí s jeho zpřístupněním v procesu zvětrávání i v průběhu zimy, kdy odběr K rostlinami téměř neprobíhá. Vojtěška na tvorbu 1 t sušiny odčerpá 17-30 kg K, z něhož část zůstává v nesklizených zbytcích strniště a kořenech. Na hlinitých a jílovitohlinitých půdách s malým až středním obsahem draslíku (do 150 mg K.ha⁻¹ zeminy) je na místě podzimní zásobní hnojení k předplodině na celou dobu využívání porostu. Na půdách s dobrou zásobou přístupného K a jeho obsahu na 2% v sušině píce je možné silně omezovat dávky draselných hnojiv, případně hnojení zcela vypustit. Na lehkých půdách s obsahem K do 110 mg.kg⁻¹ zeminy doporučujeme rozdělení celkové dávky draselných hnojiv na dvě dílčí, druhou podle

možností aplikovat po 1. seči 2. vegetačního roku. Každoroční hnojení vojtěškových porostů v brzkém jarním období nemá na půdách s dobrým obsahem K i P vliv na výnos píce, je produkčně i ekonomicky neefektivní (Šantrůček et al., 2003a).

Berg et al. (2007) zjistili, že pozemky hnojené draslíkem, ale nehnojené fosforem měly vyšší hustotu rostlin. Macolino et al. (2013) udávají, že draslík má pozitivní vliv na výnos píce, maximálního výnosu bylo dosaženo při aplikaci $300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ bez nepříznivých účinků na kvalitu píce

3.2.4 Vápník

Vojtěška je velmi citlivá na půdní reakci a na obsah vápníku v půdě. Optimální pH půdy se nachází v rozmezí 6,8 až 7,2. Půdy s pH pod 6,0 nejsou pro pěstování vojtěšky vhodné ani po silném vápnění (Rotrekl et Vorlíček, 1996).

Na lehčích půdách je vhodný vápenec v dávkách $1-3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, na těžších pálené vápno $0,5-2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Dolomitický vápenec současně doplňuje zásoby hořčíku (Šantrůček et al., 2003a).

3.2.5 Hnojení organickými hnojivy

Zvlášť na chudých půdách reaguje vojtěška pozitivně na organické hnojení k předplodině. Vojtěška reaguje pozitivně na močůvku nebo na chlévský hnůj, ale následující výskyt plevelů a trav způsobuje obvykle pokles úrodnosti v dalších letech (Jamriška, 1988).

3.3 Produkce, kvalita a výnos píce vojtěšky seté

Vojtěška předčí výnosem živin ostatní víceleté pícniny především v teplejších a sušších oblastech, kde je schopna zabezpečit si dostatečný přísun vody z hlubších vrstev půdy (Hrabě et al., 2004).

Volenec et al. (1987) udává, že výnos u vojtěšky vychází ze tří výnosotvorných prvků, a to počtu rostlin na plochu, počtu lodyh na rostlině a průměrné hmotnosti lodyhy. Lissbrant et al. (2009) zjistili, že se zvyšujícím se stářím porostu dochází u vojtěšky ke změnám ve struktuře porostu a výnos často klesá.

Kvalita píce vojtěšky je dána především poměrem listů a lodyh. Ve fázi tvorby květních poupat (butonizace) jsou v píci lodyhy a listy zastoupeny zhruba stejným dílem, postupně však dochází k rychlému žloutnutí, opadu spodních pater lístků a změnám tohoto poměru. Listy obsahují až 70% proteinu z jeho celkového obsahu v rostlině a také převážnou část karotenu. Vysoký je obsah vápníku, fosforu, draslíku a dalších makroprvků. Cenný je obsah vitamínů, z nichž nejvíce je zastoupen betakaroten, dále vitamíny B₁, B₂, D, E, C a K (Hrabě et al., 2004).

Kvalita a stravitelnost se v podstatě nemění a činí přibližně 80%. Nejvyššího výnosu cenných stravitelných dusíkatých látek dosáhneme ve fázi zakládání květenství. Píci lze stážovat nebo také horkovzdušně sušit (Šantrůček et al., 2003a).

Podle podmínek a stáří porostu se optimální počet rostlin na 1 m² pohybuje po prvním přezimování v rozmezí 150-240, přičemž by se v první seči mělo vytvořit 1000-1500 lodyh na 1 m² (Šantrůček et al., 2003a).

Hustotu porostu ovlivňují různé faktory. Založení porostu má v tomto směru rozhodující postavení. Počet rostlin podmiňuje kvalita předsadbové přípravy půdy, biologická hodnota osiva, výsevek, způsob založení porostu, povětrnostní podmínky po dobu celého vegetačního období, ošetřování a využívání porostu i konkurence mezi rostlinami. Počet rostlin se výrazně snižuje s věkem porostu (Jamriška, 1988).

3.3.1 Talířové měřidlo (RPM)

Talířové měřidlo (obr. 1) je jednoduchý nástroj používaný pro měření stlačené výšky porostu a odhad výnosu travních porostů (Castle, 1976). V poslední době se RPM často používá na pastvinách k popisu nízké stupnice stlačené struktury spaseného porostu pastvin (Corell et al., 2003) a sečených luk (Honsová et al., 2007).

Pro předpověď maximální délky vojtěšky může být stlačená výška úspěšně použita pro vývojové etapy před kvetením a pro výšku do 80 cm, bez ohledu na hustotu nebo pořadí seče. RPM může být také použit pro podobné pícniny se vzpřímenými nebo polovzpřímenými lodyhami, s posouzením hmotnosti disku a jeho průměru. Hodnoty stlačené výšky mají vztah k výnosu porostu. Délka lodyh má vztah ke kvalitě píce (Hakl et al., 2012).

RPM by mohl být vhodný pro hodnocení různě hnojených porostů. Proto bylo cílem práce vyzkoušet RPM v různě hnojených porostech vojtěšky a dále porovnat vztah stlačené výšky s výnosem porostu.

Obr. č. 1 Měření stlačené výšky pomocí RPM (Ruzyně, 2013)



4 MATERIÁL A METODY

4.1 Charakteristika půdních a klimatických podmínek stanoviště

Dlouhodobý stacionární pokus byl založen na orné půdě ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby v Praze – Ruzyni roku 1955. Jedná se o oblast v nadmořské výšce 360 m. n. m. Dlouhodobá průměrná roční teplota je 8,2 °C, průměrný roční úhrn srážek činí 422 mm.

Naměřené teploty a množství srážek v průběhu pokusu jsou uvedeny v grafu č. 1. Hodnoty jsou za období od 1. 4. 2013 do 31. 7. 2013. Jsou převzaty z meteorologické stanice nacházející se ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby v Praze – Ruzyni na 50°05' severní šířky a 14°17,9' východní délky.

Půda v dané lokalitě je hnědozem modální.

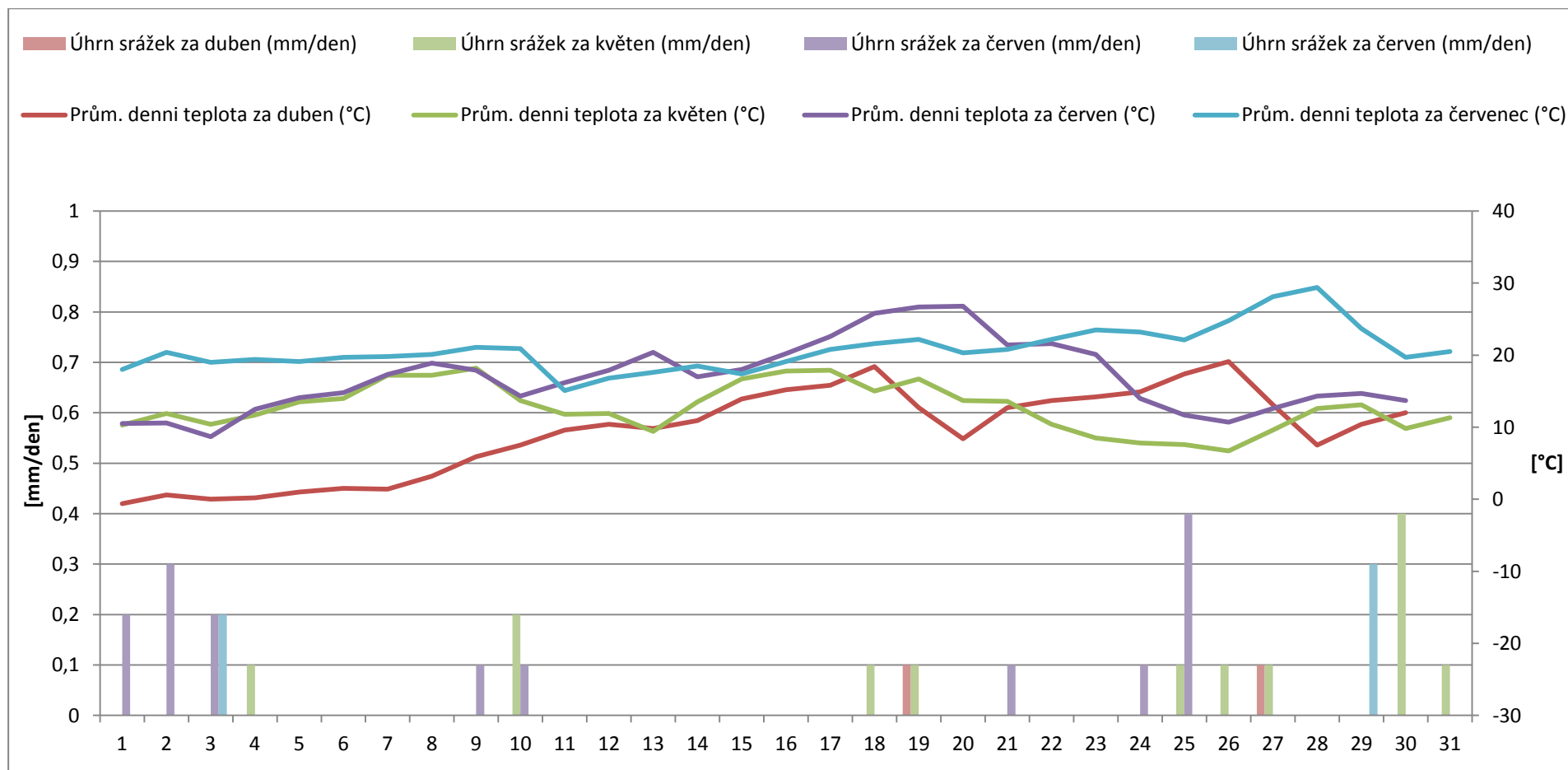
4.2 Charakteristika použité odrůdy

K pokusu byla použita odrůda Morava, která byla registrována v roce 1990. Vyšlechtění probíhalo kombinačním křížením klonu 159/1 (Hodonínka x Přerovská x Kaštická) a klonu 156/1 Flandria ve Šlechtitelské stanici Želešice.

Pro odrůdu je typický vzpřímený až polovzpřímený trs a středně vysoký počet lodyh. Má vyšší odolnost proti cévnímu vadnutí a vyšší provozní vytrvalost. Jedná se o intenzivní pícninářsko-semenářský typ.

Udržovatelem je AGROGEN, spol. s r.o. (Agrogen, 2014).

Graf č. 1 Průběh naměřených hodnot úhrnu srážek a průměrné teploty v průběhu experimentu. Upraveno z: Výzkumný ústav rostlinné výroby – meteorologická stanice [online]. 2014 [cit. 2014-19-03]. Dostupné z <<http://www.vurv.cz/meteo/meteograf.htm>>



4.3.2 Charakteristika hnojení a metodika odběru vzorků

Celkem je zde 24 variant hnojení a pro experiment byly ke sledování vybrány varianty hnojené minerálními hnojivy a statkovými hnojivy. Množství aplikovaných minerálních hnojiv na jednotlivé varianty, ze kterých se odebíraly vzorky, jsou uvedeny v tabulce č. 2. V době vegetace vojtěšky se varianty nehnojí dusíkem. Hnůj a kejda skotu se aplikuje na příslušných variantách pouze pod okopaniny, a to v dávce 21 t hnoje a 60 t kejdy skotu na ha k cukrovce a 15 t hnoje a 43 t kejdy skotu na ha k bramborám, u kontrolní varianty (11) nebyla organická hnojiva použita vůbec.

Tabulka č. 2 Dávky živin v $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

Varianty hnojení	Roční průměrná dávka minerálních hnojiv ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
N1	39
N4	91
P1	54
P2	74
K1	131
K2	176

Vzorky vojtěšky seté byly odebrány z variant 11, 12, 16, 21, 22, 26, 31, 32, 36, 71, 72, 76 vždy ve 4 opakováních v prvním užitkovém roce. Dávky hnojiv na jednotlivých variantách byly:

- 11 – kontrolní varianta, nehnojená,
- 12 – N1P1K1,
- 16 – N4P2K2,
- 21 – hnůj,
- 22 – N1P1K1 v kombinaci s hnojem,
- 26 – N4P2K2 v kombinaci s hnojem,
- 31 – kejda se slámou,
- 32 – N1P1K1 v kombinaci s kejdou a slámou,
- 36 – N4P2K2 v kombinaci s kejdou a slámou,
- 71 – kejda,
- 72 – N1P1K1 v kombinaci s kejdou,
- 76 – N4P2K2 v kombinaci s kejdou.

Výška porostu byla měřena talířovým měřidlem vždy před sklizní 6x na každé parcele, tj. 24 měření na každou variantu. Výnos byl stanoven pomocí parcelového sklízeče a výsledky přepočteny na sušinu.

Vzorky pro charakteristiku porostu byly ručně vystříhány u vybraných variant 11, 12, 16, 21, 22 a 26 v každém bloku z reprezentativního místa o velikosti 12,5 x 50 cm ve výšce strniště 4 cm. Ve vzorku byl stanoven počet lodyh a maximální délka lodyhy. Následně se vzorky zvážily a sušily ve skříňové sušárně po dobu 24 hodin při teplotě 60 °C. Po usušení byly vzorky opětovně zváženy a byl vypočítán obsah sušiny. Výsledky výnosu byly přepočteny v g/m².

4.4 Statistické vyhodnocení získaných dat

Posouzení výsledků bylo provedeno pomocí jednofaktorové a dvoufaktorové analýzy rozptylu ANOVA s interakcí na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Pro zjištění statisticky významných rozdílů mezi hodnocenými průměry byl použit Tukeyův HSD test. Dále byla pro vztahy mezi výškou a výnosem vypočtena jednoduchá lineární regrese. Všechny statistické analýzy byly provedeny v programu STATISTICA 12.

5 VÝSLEDKY

5.1 Vliv variant hnojení na výšku porostu vojtěšky seté v průběhu nárůstu u 1. a 2. seče

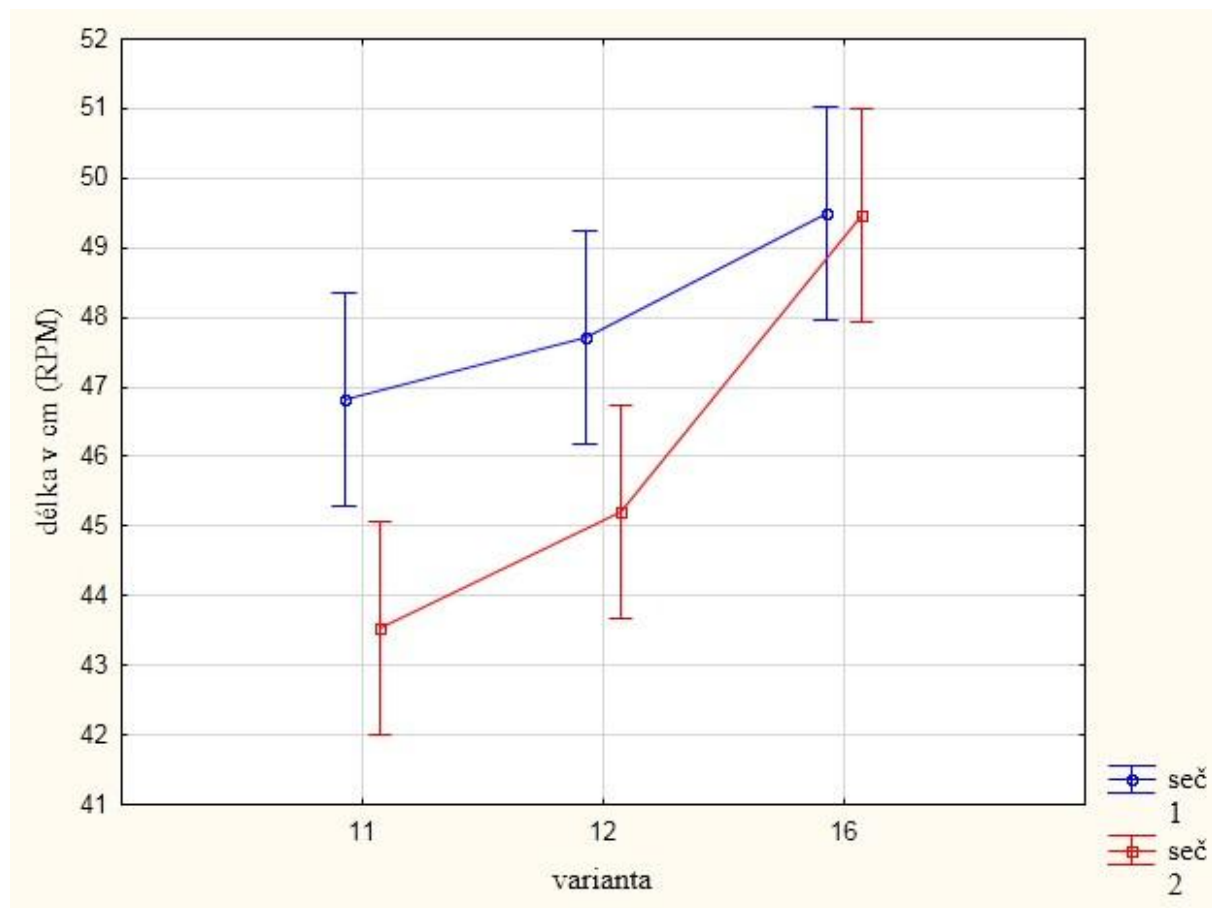
Vyhodnocení výsledků vlivu vybraných variant hnojení na výšku porostu vojtěšky seté bylo provedeno ve skupinách podle druhu organického hnojení v osevním postupu. Analýza výsledků byla provedena pomocí dvoufaktorové analýzy rozptylu ANOVA s interakcí na hladině významnosti $\alpha=0,05$ s následným post-hoc testem (Tukey, HSD).

5.1.1 Vliv variant bez organického hnojení hnojených rozdílnými dávkami minerálního hnojení na výšku porostu

Z grafu č. 2 je patrné, že samotná interakce mezi pořadím seče a variantou hnojení je neprůkazná, protože výška stoupá u obou sečí s dávkou hnojiva. Ovšem vliv samotné seče je průkazný ($p=0,003$; $\alpha=0,05$). V první seči bylo dosaženo statisticky významně vyšší výšky porostu (48 cm) oproti druhé seči (46 cm). Vliv variant byl také statisticky průkazný ($p < 0,001$; $\alpha=0,05$). Varianta 11 (45 cm) a varianta 12 (46 cm) se od sebe statisticky průkazně neliší, varianta 16 (49 cm) se statisticky průkazně liší od obou předchozích variant a dosahuje nejvyšší výšky porostu.

Graf č. 2 Vliv rozdílných dávek minerálního hnojení v jednotlivých sečích na výšku porostu vojtěšky seté u variant 11, 12 a 16 ($p=0,095$), $\alpha=0,05$ (Ruzyně, 2013).

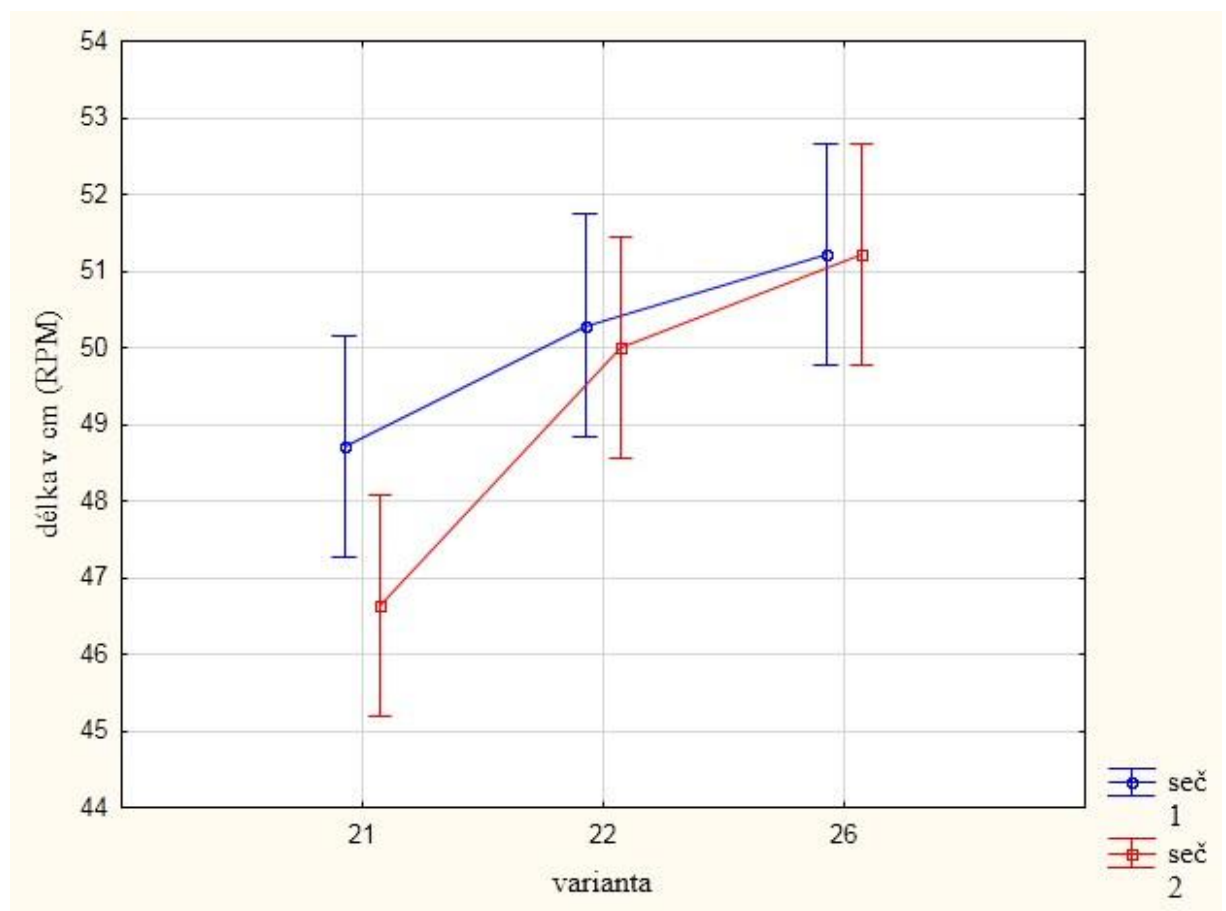
Vertikální úsečky vyznačují 95%-ní interval spolehlivosti



5.1.2 Vliv variant hnojených hnojem v kombinaci s rozdílnými dávkami minerálního hnojení na výšku porostu

Z grafu č. 3 je patrné, že interakce je také neprůkazná, protože výška stoupá u obou sečí se zvyšujícími se dávkami minerálních hnojiv. Vliv seče je statisticky neprůkazný ($p = 0,186$; $\alpha=0,05$). Vliv variant je statisticky průkazný ($p<0,001$; $\alpha=0,05$). Je patrné, že na variantě 21 (48 cm) bylo statisticky průkazně dosaženo nejnižší výšky oproti variantám 22 (50 cm) a 26 (51 cm). Varianty 22 a 26 se od sebe statisticky průkazně neliší.

Graf č. 3 Vliv rozdílných dávek minerálního hnojení v kombinaci s hnojem v jednotlivých sečích na výšku porostu vojtěšky seté u variant 21, 22 a 26 ($p=0,306$), $\alpha=0,05$ (Ruzyně, 2013). Vertikální úsečky vyznačují 95%-ní interval spolehlivosti.



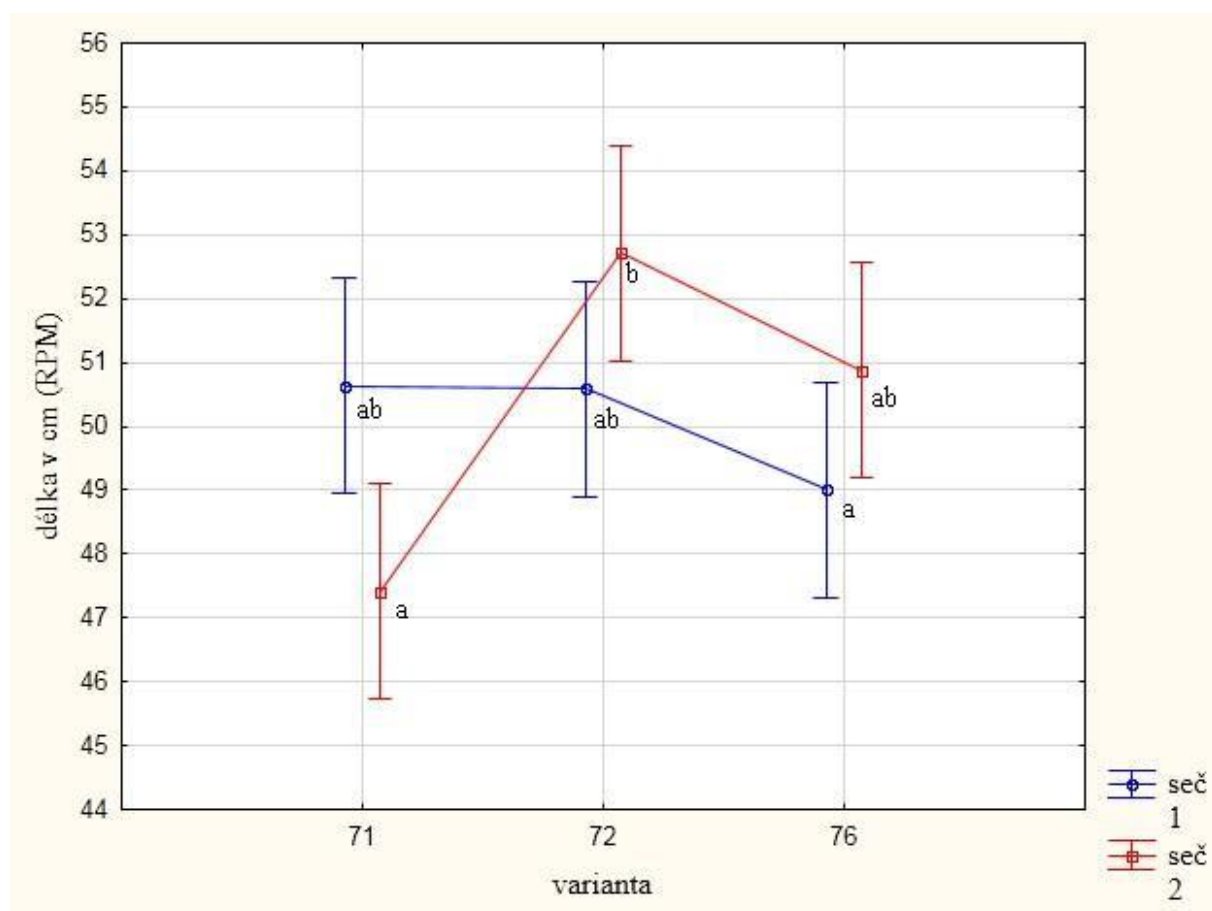
5.1.3 Vliv variant hnojených kejdou skotu v kombinaci s rozdílnými dávkami minerálního hnojení na výšku porostu

Statisticky průkazné rozdíly byly nalezeny v interakci mezi variantami hnojenými kejdou skotu a rozdílnými dávkami minerálního hnojení s jednotlivými sečemi (graf č. 4). Z grafu je patrné, že výška porostu se nezvyšuje se zvyšujícími se dávkami hnojiv, ale kolísá hlavně ve 2. seči, v první seči výška spíše klesá.

Vliv samotné seče nebyl průkazný ($p=0,709$). Vliv variant byl statisticky průkazný ($p=0,009$). Varianta 71 dosahovala nejnížší výšky porostu (49 cm), varianta 72 dosahovala nejvyšší výšky porostu (52 cm) a varianta 76 se statisticky průkazně nelišila od obou variant (50 cm).

Graf č. 4 Vliv rozdílných dávek minerálního hnojení v kombinaci s kejdou skotu v jednotlivých sečích na výšku porostu vojtěšky seté u variant 71, 72 a 76 ($p=0,002$), $\alpha=0,05$ (Ruzyně, 2013).

Vertikální úsečky vyznačují 95%-ní interval spolehlivosti; rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky významné rozdíly Tukeyova HSD testu



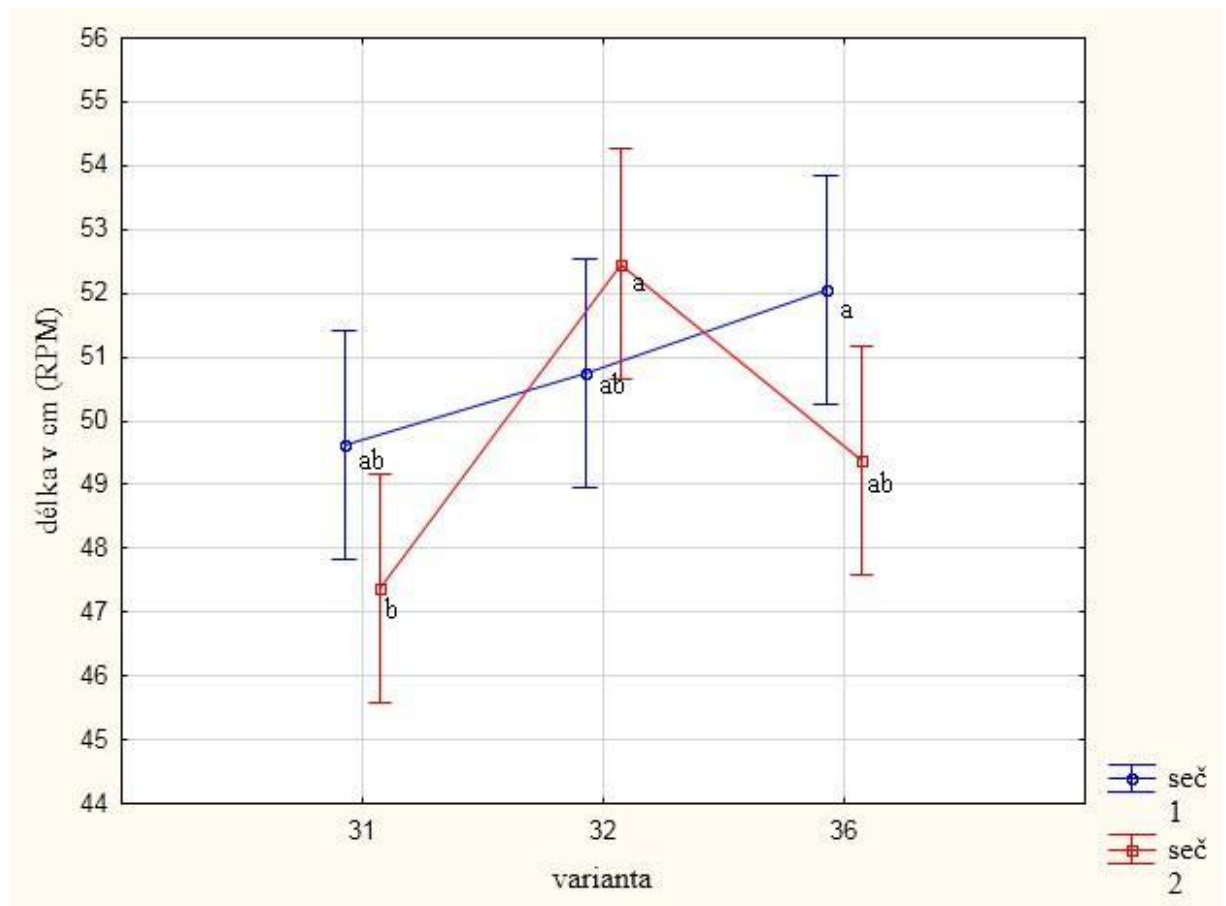
5.1.4 Vliv variant hnojených kejdou skotu a slámou v kombinaci s rozdílnými dávkami minerálního hnojení na výšku porostu

U variant hnojených kejdou skotu a slámou a rozdílnými dávkami minerálních hnojiv byly nalezeny statisticky průkazné rozdíly (graf č. 5). V 1. seči délka lodyh lineárně stoupala se zvyšující dávkou minerálního hnojení, ale rozdíl zde nebyl statisticky významný (jen o cca 2 cm). V druhé seči byla nejvyšší výška porostu zaznamenána na variantě 32 s průkazným rozdílem proti variantě 31. Podobný trend ve výšce porostu byl zaznamenán ve 2. seči i u variant hnojených pouze kejdou skotu v kombinaci s různými dávkami minerálního hnojení (71, 72 a 76).

Vliv samotné seče nebyl průkazný ($p = 0,152$). Vliv variant byl statisticky průkazný ($p=0,003$), kdy nejvyšší výšky porostu bylo dosaženo na variantách 32 (52 cm) a 36 (51 cm), varianta 31 se od předchozích variant statisticky průkazně lišila (49 cm).

Graf č. 5 Vliv rozdílných dávek minerálního hnojení v kombinaci s kejdou skotu a slámou v jednotlivých sečích na výšku porostu vojtěšky seté u variant 31, 32 a 36 ($p=0,032$), $\alpha=0,05$ (Ruzyně, 2013).

Vertikální úsečky vyznačují 95%-ní interval spolehlivosti; rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky významné rozdíly Tukeyova HSD testu



5.2 Vztah mezi výnosem píce a výškou porostu v závislosti na variantě hnojení

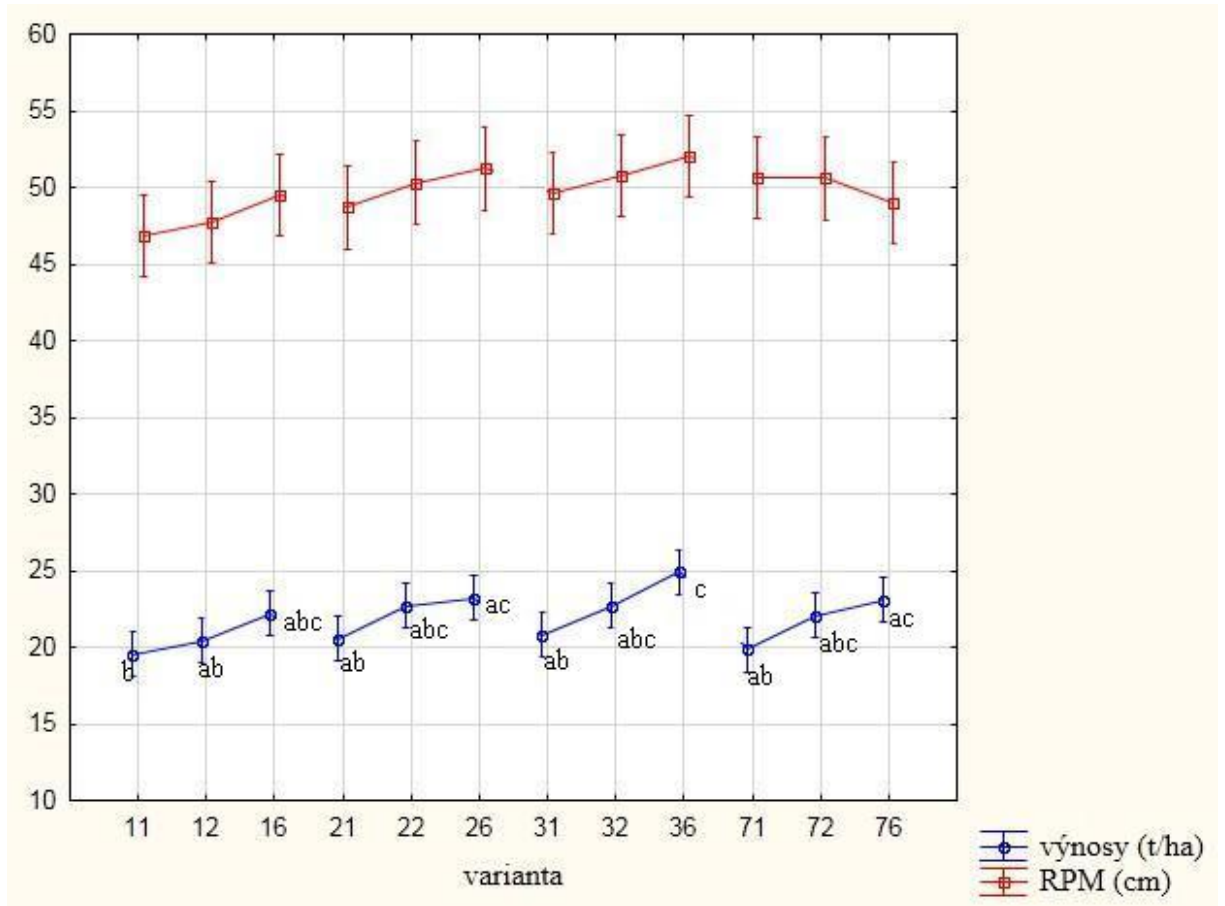
Vzájemné porovnání všech hodnocených variant hnojení s ohledem na výšku porostu vojtěšky v cm a výnos čerstvé píce vojtěšky v $t \cdot ha^{-1}$ v 1. a 2. seči můžeme pozorovat v grafech č. 6 a 7. Vyhodnocení bylo provedeno jednofaktorovou analýzou rozptylu ANOVA.

V rámci každé varianty hnojení byl zjištěn vyšší výnos a výška porostu vojtěšky seté u variant hnojených vyššími dávkami minerálních hnojiv proti variantám nehnojeným či variantám hnojeným pouze organickými hnojivy. Měření výšky porostu talířovým měřidlem koresponduje s výnosem čerstvé píce vojtěšky seté, rozdíl byl zjištěn pouze u varianty hnojené nejvyššími dávkami minerálních hnojiv v kombinaci s kejdou skotu (varianta 76), a to u 1. i 2. seče.

Statisticky průkazné rozdíly mezi výnosy jsou patrné v grafu č. 6 a 7. Mezi hodnotami RPM nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly v jednotlivých sečích.

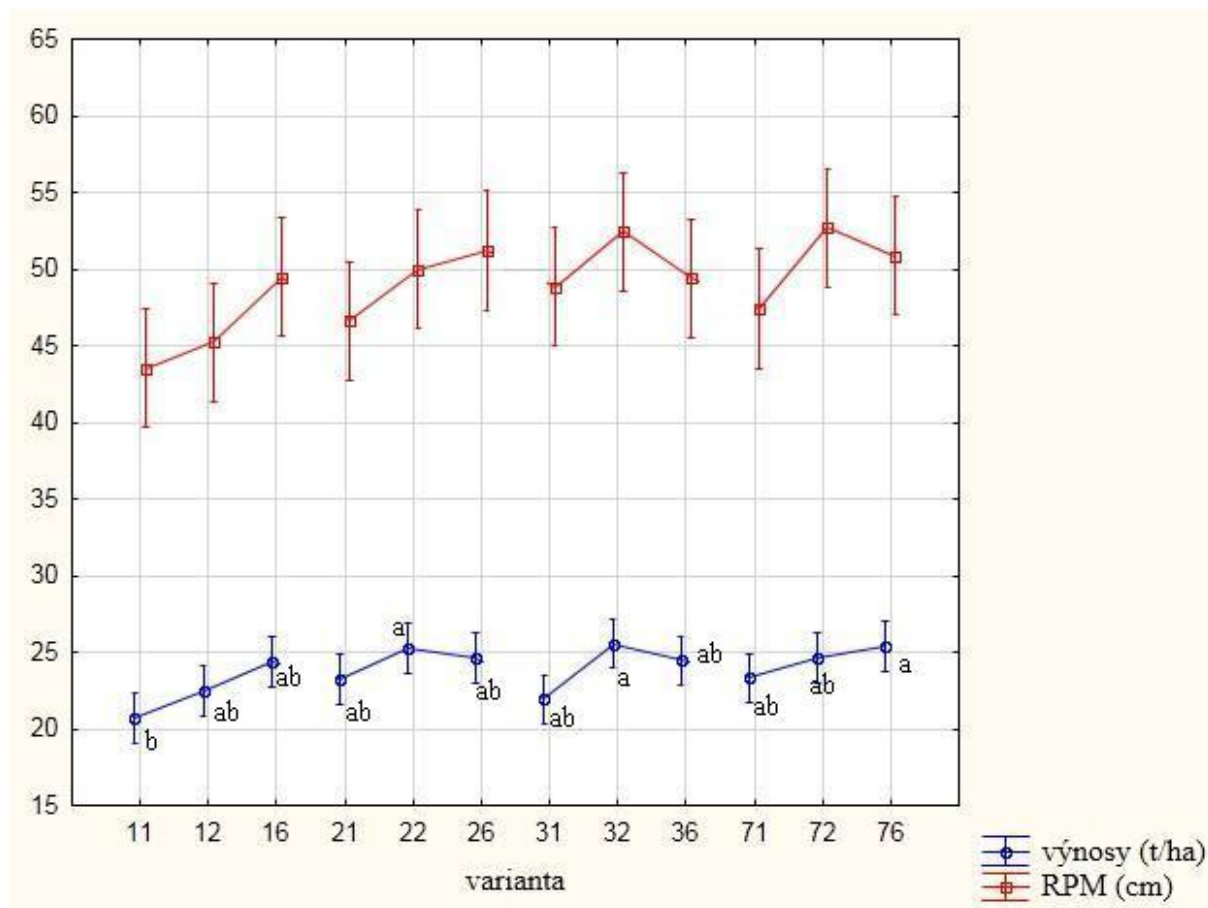
Graf č. 6 Vliv varianty hnojení na výšku porostu měřené pomocí RPM a na výnos čerstvé píce vojtěšky seté v 1. seči ($p=0,002$), $\alpha=0,05$ (Ruzyně, 2013).

Vertikální úsečky vyznačují 95%-ní interval spolehlivosti; rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky významné rozdíly Tukeyova HSD testu



Graf č. 7 Vliv varianty hnojení na výšku porostu měřené pomocí RPM a na výnos čerstvé píce vojtěšky seté v 2. seči ($p=0,014$), $\alpha=0,05$ (Ruzyně, 2013).

Vertikální úsečky vyznačují 95%-ní interval spolehlivosti; rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky významné rozdíly Tukeyova HSD testu



Závislost výnosu vojtěšky seté na výšce porostu měřené pomocí RPM v první seči lze pozorovat v grafu č. 8. Analyzovaný vztah byl statisticky průkazný ($p = 0,024$) s nízkou hodnotou korelačního koeficientu ($r = 0,327$). Lze konstatovat, že výnos je z 10,6 % ovlivňován výškou porostu vojtěšky.

Rovnice přímky:

$$y = 10,014 + 0,238 * x \quad (1)$$

y – výnos (t/ha)

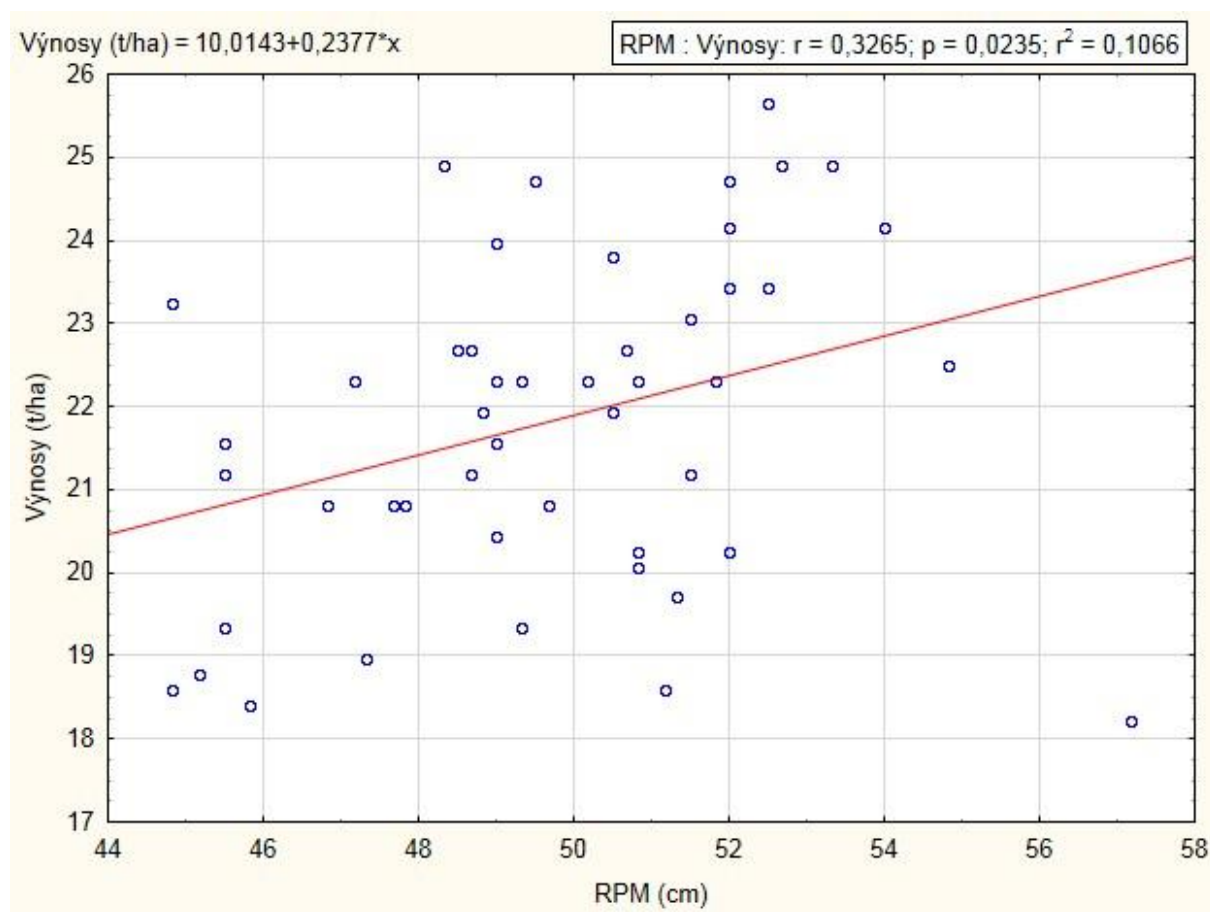
x – RPM (cm)

$r = 0,3265$

$r^2 = 0,1066$

$p = 0,0235$

Graf č. 8 Závislost výnosu vojtěšky seté na výšce porostu měřené pomocí RPM v první seči (Ruzyně, 2013)



Závislost výnosu vojtěšky seté na výšce porostu měřené pomocí RPM v druhé seči lze pozorovat v grafu č. 9. Analyzovaný vztah byl statisticky vysoce průkazný ($p < 0,001$) se střední hodnotou korelačního koeficientu ($r = 0,689$). Lze konstatovat, že výnos je ze 47,5 % ovlivňován výškou porostu vojtěšky.

Rovnice přímky:

$$y = 8,071 + 0,322 * x \quad (2)$$

y – výnosy (t/ha)

x – RPM (cm)

r = 0,6892

r² = 0,4750

p < 0,001

5.3 Charakteristika porostu vojtěšky seté

Základní parametry struktury a produktivity porostu vojtěšky seté v závislosti na hnojení různými dávkami minerálního a organického hnojení po 1. a 2. seči jsou uvedeny v tabulce č. 3. Toto detailní sledování bylo provedeno pouze u variant 11, 12, 16, 21, 22 a 26. Vyhodnocení bylo provedeno jednofaktorovou analýzou rozptylu ANOVA.

Jednotlivé varianty hnojení nemají statisticky průkazný vliv na hustotu lodyh. Prokázán však byl statisticky významný vliv rozdílných dávek hnojení na délku lodyh a výnos porostu v sušině. V délce lodyh byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi variantami 11 (kontrolní, nehnojená) a 22 (hnojená hnojem a nízkými dávkami minerálního hnojení). Ve výšce porostu měřené talířovým měřidlem byl statisticky průkazný rozdíl mezi variantou 11 - kontrolou a variantami 16, 22 a 26. Výnos sušiny v g.m² byl statisticky průkazně vyšší u varianty 26, kde byly použity nejvyšší dávky minerálního hnojení spolu se zaoráváním hnoje oproti variantám 11 (kontrolní, nehnojená) a 16 (hnojená nejvyššími dávkami minerálních hnojiv).

Tabulka č. 3. Charakteristika porostu vojtěšky seté na vybraných variantách hnojení (Ruzyně, 2013)

Varianta hnojení		Počet lodyh (ks.m ⁻²)	Max délka lodyh (cm)	Výnos (g sušiny.m ⁻²)	Výška porostu - RPM (cm)
11	Kontrola	960	67 ^a	432 ^a	48 ^b
12	N1P1K1	1040	68 ^{ab}	528 ^{ab}	50 ^{ab}
16	N4P2K2	928	71 ^{ab}	464 ^a	51 ^a
21	HN	1056	72 ^{ab}	544 ^{ab}	50 ^{ab}
22	HN + N1P1K1	992	77 ^b	592 ^{ab}	53 ^a
26	HN + N4P2K2	944	76 ^{ab}	688 ^b	53 ^a
p-value		0,534	0,009	0,018	≤0,001

Poznámka:

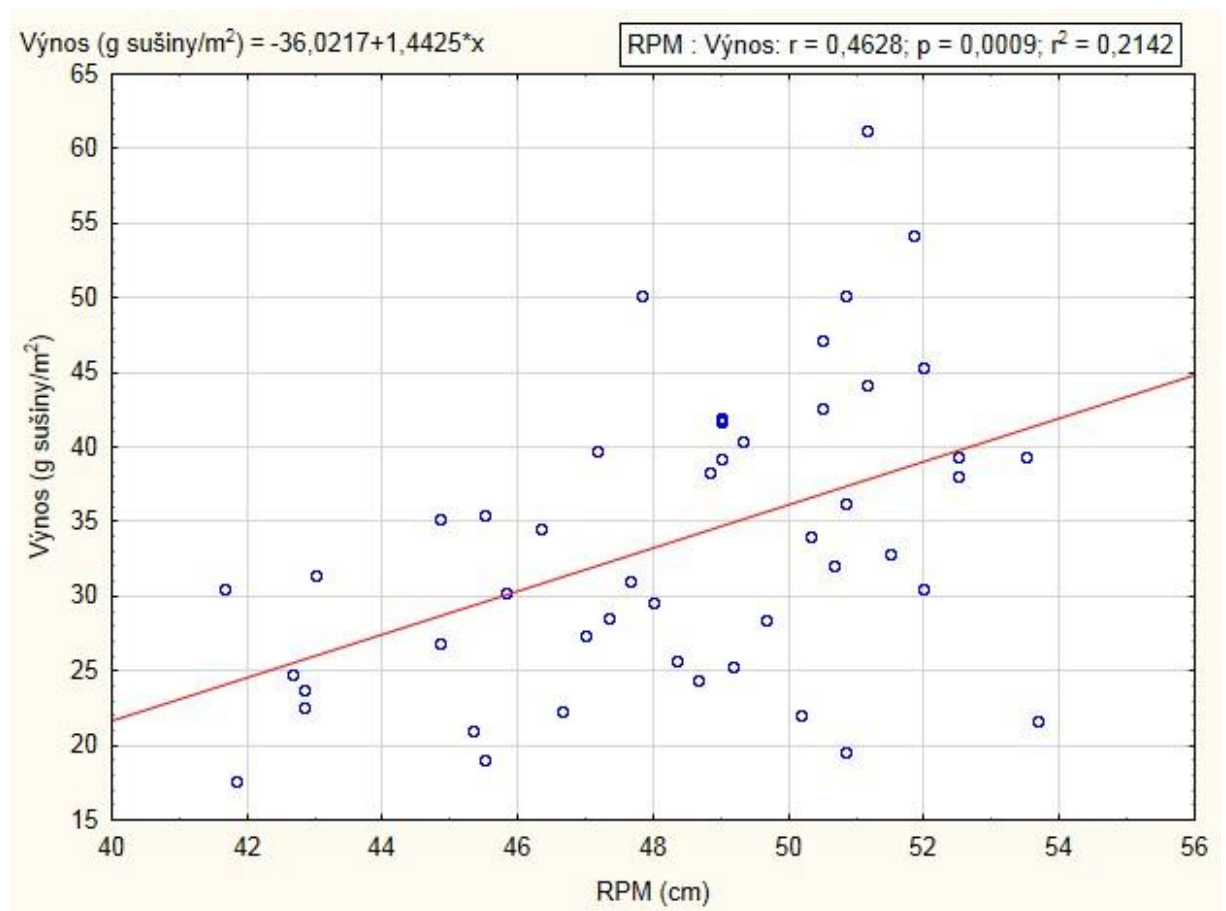
HN – hnůj

Rozdílné písmenné indexy vyjadřují ve sloupcích statisticky průkazné rozdíly Tukeyova HSD testu na hladině významnosti $\alpha=0,05$

Závislost výnosu na RPM lze pozorovat v grafu č. 10. Závislost výnosu na délce lodyh lze pozorovat v grafu č. 11.

Z těchto grafů je patrné, že výnos v sušině je z 21 % ovlivňován výškou porostu měřené pomocí RPM, kdežto ze 40 % délkou lodyh. Koefficient korelace je vyšší pro délku lodyh v porovnání s RPM. Lepší odhad pro výnos v sušině poskytuje délka lodyh.

Graf č. 10 Závislost výnosu sušiny na RPM (Ruzyně, 2013)



Rovnice přímky:

$$y = -36,022 + 1,4425 * x \quad (3)$$

y – výnosy (t/ha)

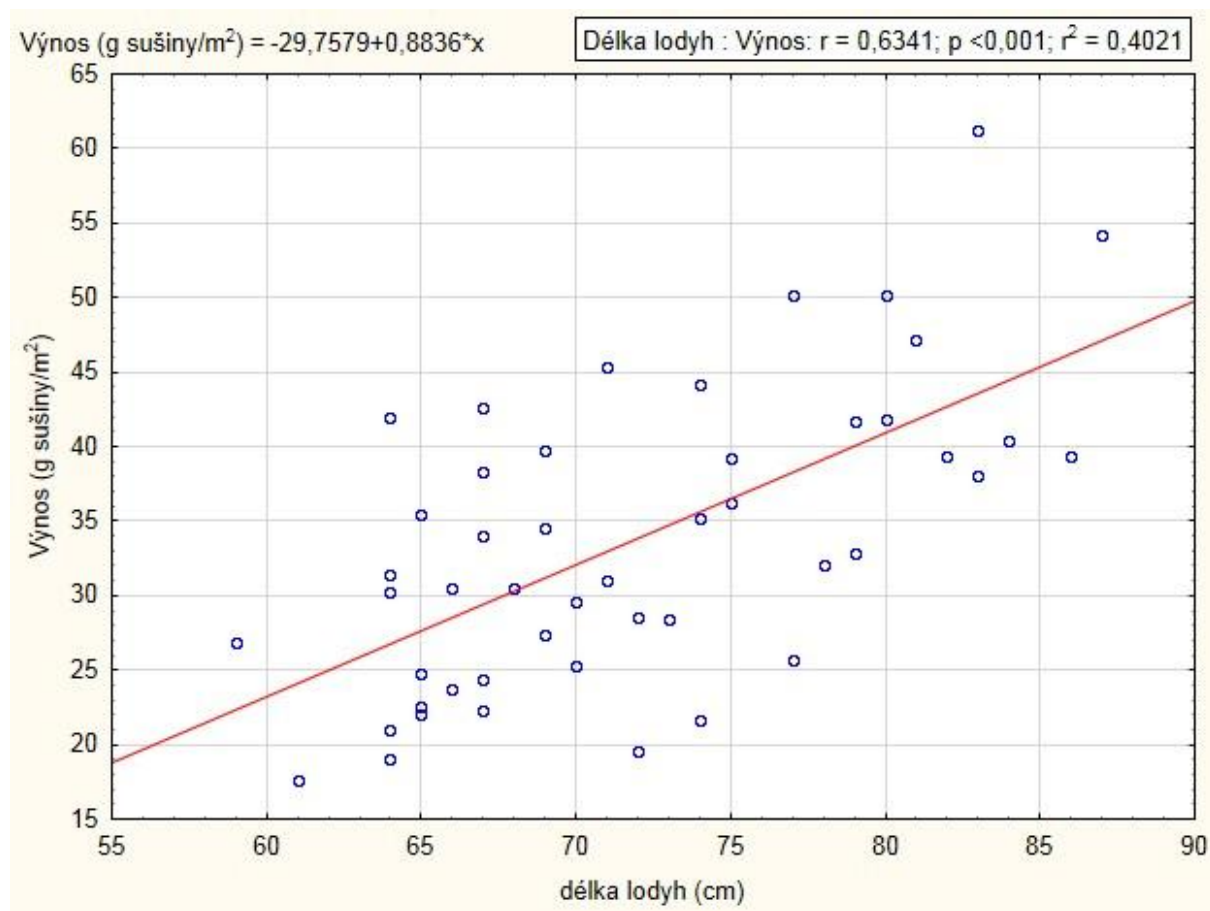
x – RPM (cm)

r = 0,4628

r² = 0,2142

p = 0,001

Graf č. 11 Závislost výnosu sušiny na délce lodyh (Ruzyně, 2013)



Rovnice přímky:

$$y = -29,7579 + 0,8836 * x \quad (4)$$

y – výnosy (t/ha)

x – délka lodyh (cm)

r = 0,6341

r² = 0,4021

p < 0,001

U vybraných variant s vyhodnocenou detailní strukturou porostu ve dvou sečích bylo zároveň provedeno i podrobné vyhodnocení výnosu čerstvé píče za všechny tři seče v daném roce. Statisticky průkazné rozdíly mezi jednotlivými variantami jsou uvedeny v tabulce č. 4.

Z výsledků je patrné, že nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ve výnosech čerstvé píče u variant 11, 12, 21, 31 a 71, které dosahovaly nejnižších výnosů. Nejvyšších výnosů dosahovaly varianty hnojené kombinací minerálních hnojiv v různých dávkách a organického hnojení (varianty 22, 26, 32, 36, 76).

Tabulka č. 4 Jednotlivé varianty hnojení a jejich vliv na roční výnos čerstvé píče vojtěšky seté (Ruzyně, 2013)

Minerální hnojení	Kontrola			Hnůj			Kejda skotu + sláma			Kejda skotu		
	var.	výnos (t.ha ⁻¹)	%	var.	výnos (t.ha ⁻¹)	%	var.	výnos (t.ha ⁻¹)	%	var.	výnos (t.ha ⁻¹)	%
O	11	55,76 ^c	100	21	59,94 ^{bc}	100	31	59,57 ^{bc}	100	71	59,62 ^{bc}	100
N1P1K1	12	60,13 ^{bc}	108	22	66,73 ^a	111	32	66,40 ^a	111	72	64,36 ^{ab}	108
N4P2K2	16	64,68 ^{ab}	116	26	67,33 ^a	112	36	69,52 ^a	117	76	67,61 ^a	113
p-value	0,000											

Poznámka:

Var. - varianta

Rozdílné písmenné indexy vyjadřují pro všechny varianty statisticky průkazné rozdíly Tukeyova HSD testu na hladině významnosti $\alpha=0,05$

6 DISKUZE

6.1 Vliv variant hnojení na výšku porostu vojtěšky seté v průběhu nárůstu u 1. a 2. seče

V této části práce byl hodnocen vliv jednotlivých variant hnojení ve skupinách dle druhu organického hnojení.

Macolino et al. (2013) zjistili vliv na výšku porostu při hnojení draslíkem, ale hnojení pouze fosforem nemělo na výšku porostu vliv. Při hnojení pouze minerálními hnojivy bez organického hnojení je patrné, že se zvyšujícími se dávkami minerálního hnojiva se zvyšovala výška porostu vojtěšky u 1. i 2. seče.

U variant hnojených hnojem a rozdílnými dávkami minerálního hnojení výška porostu opět stoupá u obou sečí se zvyšujícími se dávkami minerálního hnojiva. Ovšem u variant 11, 12 a 16 lze ve 2. seči pozorovat o něco větší nárůst výšky porostu oproti variantám 21, 22 a 26, kdy nárůst výšky porostu je menší.

Rozdíly byly zjištěny u variant hnojených kejdou skotu a kejdou skotu se slámou v kombinaci s rozdílnými dávkami minerálního hnojení, a to zejména ve druhé seči, kdy byla nejvyšší výška porostu vždy u varianty hnojení nižšími dávkami minerálního hnojení v kombinaci s kejdou skotu či kejdou skotu a slámou. Organické hnojení v kombinaci s nejvyššími dávkami minerálního hnojení již nemělo efekt na větší výšku porostu oproti nižším dávkám minerálního hnojení. Lze tedy usuzovat, že nejvyšší dávky P a K nejsou nezbytně nutné.

6.2 Vztah mezi výnosem píce a výškou porostu v závislosti na variantě hnojení

Při porovnání všech hodnocených variant hnojení s ohledem na výšku porostu měřenou talířovým měřidlem a na výnos čerstvé píce vojtěšky, bylo zjištěno, že výška porostu ve většině variant hnojení koresponduje s výnosem, což udávají i Macolino et al. (2013) Byla prokázána pozitivní korelace výnosu vojtěšky seté na výšce porostu měřeného pomocí RPM, což potvrzuje i Hakl et al. (2012). Pokud porovnáme obě seče, tak ve 2. seči jsou korelace mnohonásobně vyšší ($r^2 = 47,5 \%$) než u 1. seče ($r^2 = 10,6 \%$).

Berg et al. (2007) udává, že hnojení P a K zvyšuje výnosy proti nehnojeným variantám. Výnos píce byl v rámci každé varianty hnojení vyšší při kombinaci minerálního a organického hnojení proti variantám hnojeným pouze organickým hnojením.

6.3 Charakteristika porostu

Jednotlivé varianty hnojení neměly statisticky průkazný vliv na hustotu porostu. Berg et al. (2005) udávají, že hnojení draslíkem nemělo vliv na hustotu rostlin, zatímco hnojení fosforem vytlačilo menší a slabší rostliny a došlo tedy ke snížení hustoty rostlin na m^2 . Macolino et al. (2013) zjistili, že hnojení fosforem a draslíkem nemělo vliv na hustotu porostu, nicméně během tříletého experimentu došlo ke snížení hustoty porostu. Lze odvodit, že hnojení P a K nemá konzistentní vliv na hustotu porostu, jedná se ale pouze o výsledky z jednoho roku.

Nejdelší lodyhy byly zjištěny u varianty hnojené hnojem a nízkými dávkami minerálního hnojení, naopak nejnižší u varianty nehnojené – kontroly.

Vasileva et al. (2011) udávají, že při dávkách minerálního dusíku 120 a 160 $mg\ N.kg\ půdy^{-1}$ se zvýšila produkce sušiny o 17 až 23% v podmínkách s optimální vlhkostí a v podmínkách s nedostatkem vody o 9% v dávce 80 $mg\ N.kg\ půdy^{-1}$. Výnos sušiny v $g.m^{-2}$ byl nejvyšší u varianty hnojené nejvyššími dávkami N, P i K spolu se zaoráváním hnoje. Varianta nehnojená dosahovala stejného výnosu jako varianta hnojená nejvyššími dávkami minerálních hnojiv. Lze tedy usuzovat, že nejvyšších výnosů píce lze dosáhnout při kombinaci minerálního a organického hnojení. Samotná aplikace maximální dávky minerálních hnojiv poskytla průkazně nižší výnos než kombinace organického a minerálního hnojení.

Výška porostu měřená pomocí RPM byla nejnižší u nehnojené varianty – kontroly. Naopak nejvyšší výšky porostu dosahovaly varianty hnojené minerálními hnojivy v různých dávkách v kombinaci s hnojem.

Hakl et al. (2012) uvádí jako lepší prediktor stlačenou výšku porostu než maximální délku lodyh ($r^2 = 72\%$ proti 53%). Pokud porovnáme závislost výnosu sušiny na výšce porostu měřené pomocí RPM a na délce lodyh, tak korelace je vyšší pro délku lodyh (40 %) proti RPM (21 %). V tomto experimentu byly zaznamenány celkově nižší hodnoty r^2 , ale je třeba také zohlednit fakt, že se jedná o jednoleté výsledky.

Výnos čerstvé píce za všechny tři seče byl o 8 až 13 % vyšší při kombinaci minerálních hnojiv v různých dávkách a organického hnojení proti variantám hnojeným pouze organickými hnojivy.

7 ZÁVĚR

Cílem práce bylo ověřit vliv různých variant dlouhodobě aplikovaných organických a minerálních hnojiv v různých dávkách na výnos a výšku porostu vojtěšky seté.

Z výsledků vyplývá, že:

- v rámci každé varianty byl zjištěn vyšší výnos a výška porostu vojtěšky seté u variant hnojených vyššími dávkami minerálních hnojiv proti variantám nehnojeným či hnojeným pouze organickými hnojivy. Nejvyšší výška porostu měřená talířovým měřidlem byla zaznamenána u variant hnojených kejdou skotu a kejdou skotu a slámou v kombinaci s nižšími dávkami minerálního hnojení u 2. seče,
- jednotlivé varianty hnojení nemají statisticky průkazný vliv na hustotu lodyh. Významný vliv byl prokázán na délku lodyh a výnos porostu v sušině. Zvýšení výnosu bylo dáno vyšší délkou lodyh. Nejvyšších výnosů dosahovaly varianty hnojené kombinací minerálních hnojiv v různých dávkách a organického hnojení,
- RPM průkazně koreluje s výnosem. Těsnost závislosti byla vyšší ve 2. seči, ale hodnota r^2 byla nižší. Ve většině variant hnojení hodnoty výšky stoupají s výnosem. Talířové měřidlo dobře zaznamenávalo rozdíly ve výšce porostu, resp. v délce lodyh. Ve vztahu k výnosu píce byla zaznamenána průkazná pozitivní korelace, ale s nižší těsností závislosti.

Lze shrnout, že dlouhodobé hnojení má vliv na výšku i výnosy porostu vojtěšky seté, kdy nejvyšší výšky a výnosů bylo dosaženo při kombinaci hnojení minerálními a organickými hnojivy.

8 SEZNAM LITERATURY

- Berg, W.K., Cunningham, S.M., Brouder, S.M., 2005. Influence of phosphorus and potassium on alfalfa yield and yield components. *Crop Science*. 45. 297-304.
- Berg, W.K., Cunningham, S.M., Brouder, S.M., Joern, B.C., Johnson, K.D., Santini, J.B., Volenec, J.J. 2007. The long-term impact of phosphorus and potassium fertilization on alfalfa yield and yield components. *Crop Science*. 47. 2198-2209.
- Castle, M.E. 1976. A simple disc instrument for estimating herbage yield. *Journal of the British Grassland Society*. 31. 37-40.
- Correl, O., Isselstein, J., Pavlu, V., 2003. Studying spatial and temporal dynamics of sward structure at low stocking densities: the use of an extended rising-plate meter method. *Grass and Forage Science*. 58. 450-454.
- Frame, J., Charlton, A.S., Laidlaw, A.S. 1997. *Temperate forage legumes*. CAB International. 317 s. ISBN: 0851992145.
- Hakl, J., Hrevušová, Z., Hejcman, M., Fuksa, P. 2012. The use of a rising plate meter to evaluate lucerne (*Medicago sativa* L.) height as an important agronomic trait enabling yield estimation. *Grass Forage Science*. 67. 589 - 596.
- Hakl, J., Mášková, K., Šantrůček, J., Fér, M. 2012. Seed Emergence of Lucerne Varieties under Different Soil Conditions. *Czech J. Genet. Plant Breed*, 48 (2). 93-97.
- Honsová, D., Hejcman, M., Klaudivová, M, Pavlu, V., Kocourková, D., Hakl, J. 2007. Species composition of an alluvial meadow after 40 years of applying nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer. *Preslia*. 79. 245-258.
- Hrabě, F. (ed) 2004. *Trávy a jetelovino trávy v zemědělské praxi*. Vydavatelství Petr Baštan, Olomouc, 117 s. ISBN: 8090327516.

- Hrabě, F. (ed) 2006. Vše pro trávy a jetelovino trávy. Vydavatelství Petr Baštan, Olomouc, 126 s. ISBN: 8090327559.
- Jamriška, P. 1988. Zakladanie porostu ďateľovín. Vydavateľství Príroda, Bratislava, 97 s.
- Jamriška, P., Surovčík, J., Zubal, P., 1998. Pestovanie ďateľovín. Vydavateľství Výzkumný ústav rastlinnej výroby, Piešťany. 68 s. ISBN: 8088720044.
- Klesnil, A., Velich, J., Regal, V. 1965. Vojtěška. SZN. 201 s.
- Lissbrant, S., Stratton, S., Cunnigham, S.M., Brouder, S.M., Volenec, J.J. 2009. Impact of Long-Term Phosphorus and Potassium Fertilization on Alfalfa Nutritive Value-Yield Relationships. Crop Science. 49. 1116-1124.
- Macolino, S., Lauriault, L.M., Rimi, F., Ziliotto, U. 2013. Phosphorus and Potassium Fertilizer Effects on Alfalfa and Soil. Agronomy Journal. 105 (6). 1613-1618.
- Mattera, J., Romero, L.A., Cuatrin, A. L, Cornaglia, P.S., Grimoldi, A.A. 2012. Yield components, light interception and radiation use efficiency of lucerne (*Medicago sativa* L.) in response to row spacing. European Journal of Agronomy. 45. 87-95.
- Min, D.H., King, J.R., Kim, D.A., Lee, H.W. 2000. Stand density effects on herbage yield and forage quality of alfalfa. Asian-Australian journal of animal science. 13 (7). 929-934.
- Rotrekl, J., Vorlíček, Z. 1996. Pěstování vojtěšky na píci a semeno. Zemědělec, příloha č. 132/1996.
- Shen, Y., Jiang, H., Zhai, G, Cai, Q. 2013. Effects of cutting height on shoot regrowth and forage yield of alfalfa (*Medicago sativa* L.) in a short-term cultivation system. Japanese Society of Grassland Science. 59. 73-79.

- Šantrůček, J., Svobodová, M., Veselá, M., 2003a. Encyklopedie pěstování víceletých pícnin na orné půdě. Vydavatelství Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 60 s. ISBN: 8072711326.
- Šantrůček, J., Svobodová, M., Hlavičková, D. 2003b. The influence of stands cultivation on persistency of different cultivars of *Medicago sativa* L. Plant Soil Environ., 49. 499-504.
- Vasileva, V., Kostov, O., Vasilev, E., Athar, M. 2011. Effect of mineral nitrogen fertilization on growth characteristics of lucerne under induced water deficiency stress. Pak. J. Bot. 43. 2925-2928.
- Vasileva, V. 2013. Effect of increasing doses of mineral nitrogen fertilization on chemical composition of lucerne (*Medicago sativa* L.) under optimum water supply and water deficiency stress. Banat's journal of biotechnology. 4. 80 – 85.
- Volenec, J., Cherney, J. H., Johnson, K. D. 1987. Yield components, plant morphology, and forage quality of alfalfa as influenced by plant populations. Crop science. 27. 321-326.

8.1 Internetové zdroje

Agrogen. Odrůdy – Vojtěška setá [online]. Agrogen spol. s.r.o. 2014 [cit. 2014-19-03].
Dostupné z <<http://www.agrogen.cz/inpage/vojteska-seta/>>

ČSÚ. Statistická ročenka České republiky 2013 [online]. Český statistický úřad. 20. 11. 2013.
©2014 [cit.2014-20-03].

Dostupné z <http://www.czso.cz/csu/2013edicniplan.nsf/kapitola/0001-13-r_2013-1300>

Výzkumný ústav rostlinné výroby – meteorologická stanice [online]. 2014 [cit. 2014-19-03].

Dostupné z <<http://www.vurv.cz/meteo/meteograf.htm>>