

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin**



**Vliv výživy na růst a vývoj konopí setého (*Cannabis sativa L.*)**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Josef Božejovský**

**Obor studia: Rostlinná produkce**

**Vedoucí práce: Prof. Ing. Pavel Tlustoš, Csc.**

**Konzultant práce: Ing. Jiří Velechovský**

© 2018 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Vliv výživy na růst a vývoj technického konopí setého (*Cannabis sativa L.*)“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 19. 4. 2018

---

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval panu Prof. Ing. Pavlu Tlustošovi, CSc. za cenné rady poskytnuté v rámci našich konzultací a panu Ing. Jiřímu Velechovskému za informace vedoucí k úspěšnému dokončení této práce a za pomoc jemu a některým dalším členům katedry agroenvironmentální chemie a výživy rostlin při vyhodnocení přesného polního experimentu.

# Vliv výživy na růst a vývoj konopí setého (*Cannabis sativa* L.)

## Souhrn

V posledních letech došlo k výraznému nárůstu počtu bioplynových stanic a tím i produkce bioplynu. Vedle vyšší produkce bioplynu roste i produkce digestátu, vedlejšího produktu při výrobě bioplynu. Digestát je reprezentován dvěma hlavními složkami - separátem (pevným podílem) a fugátem, kapalnou složkou digestátu, který se významně liší svými vlastnostmi, skupenstvím, obsahem a formou živin. Digestát i jeho složky mohou sloužit jako alternativa minerálních hnojiv, protože obsahuje významné množství živin přijatelných pro rostliny. Jeho využití je též ekonomicky efektivní, neboť snižuje potřebu minerálních hnojiv dodávaných do půdy.

Konopí seté je všestranně využitelná rostlina, též vhodná jako vstupní surovina při výrobě bioplynu. Její výhodou je vysoký výnos biomasy a pozitivní vliv z hlediska zařazení v osevním postupu, nevýhodou je vysoký podíl pevných vláken, komplikující zpracování biomasy.

V experimentální části byla zkoumána odezva odrůd *Fibrol* a *KC - Dora* na hnojení různými formami fermentačních zbytků z bioplynových stanic, v porovnání s variantou hnojenou minerálním dusíkatým, fosforečným a draselným hnojivem. Použitá hnojiva byla aplikována v množství, které odpovídá 150 kg dodaného dusíku na jeden hektar, dávka dalších živin odpovídala použitému hnojivu.

U odrůdy *Fibrol* výsledky ukázaly nejvyšší výnosy suché hmoty konopí při hnojení dělenou dávkou separátu a fugátu. Odrůda *KC - Dora* nejlépe reagovala na použití neseparovaného digestátu. Při sledování změn vybraných parametrů v půdě po vysetí a po sklizni se prokázalo, že jednorázová aplikace minerálních hnojiv významně zvýšila obsah rozpustných solí a obsah obou forem minerálního dusíku v porovnání s hnojivy na bázi digestátu, po sklizni rostlin byl na většině variant z půdy odebrán téměř veškerý nitrátový dusík a značná část amonného. Významně nižší hodnota rozpuštěných solí v půdě po sklizni, v porovnání s hodnotami zjištěnými po zasetí konopí, potvrdila vysoký odběr dalších živin rostlinami konopí.

Experiment tedy prokázal vhodnost použití fermentačních zbytků při hnojení konopí setého, zejména kombinaci předsetřové aplikace separátu a přihnojování kapalným fugátem.

**Klíčová slova:** Digestát, fugát, separát, kompost, hnojení, živiny

# **Influence of fertilizer application on the growth of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.)**

## **Summary**

In recent years a great quantitative increase of biogas stations has been marked in The Czech Republic and therefore the amount of produced biogas has been increased too. A higher biogas production also leads to a higher digestate production - a fermentation process residue. A digestate is represented by two main parts - a solid and a liquid part of the digestate which differ in characteristic, state of matter and a nutrients and form contents. The digestate and his components can substitute mineral fertilizers because they content a significant amount of acceptable nutrients. Its utilization is also economically effective because it decreases the need of mineral fertilizers.

Industrial *Cannabis sativa* L. is a crop usable in many ways and also suitable as an input for a biogas production. *Industrial Cannabis sativa* L. provides high biomass yield and it is a very good component for a crop management. A disadvantage of *Cannabis sativa* L. is a big amount of firm fibres in stems complicating its processing.

In the experimental part of this paper a response of *Fibrol* and *KC - Dora* Cannabis varieties to fertilization by different forms of fermentation residues from biogas stations in comparison with variant fertilized by mineral nitric phosphate and potassium fertilizers was researched. These fertilizers were used in a rate corresponding with 150 kg N/ha, the rates of other nutrients were related to fertilizer's attributes.

The highest *Fibrol* yield was observed if a sectional rate of the solid and the liquid part of digestate was applied. The best *KC - Dora* reaction to the fertilizer was observed if a non-separated digestate was used. While observing the changes of particular soil parameters after sowing and after harvest a significant growth of the content of soluble salts and both forms of mineral nitrogen was proven after a uniphase application of mineral fertilizers in comparison with the digestate - based fertilizers. After the plants harvest almost all nitrate nitrogen and considerable amount of ammonium nitrogen was taken away. A significantly lower amount of soluble salts in the soil after harvest in comparison with the amount detected after sowing confirmed a big consumption of the other nutrients by Cannabis.

Hence the experiment has shown the suitability of fermentation residues for industrial hemp fertilization. Especially the combination of a pre-seeding application of the solid part of digestate and an additional fertilization during the growing season.

**Keywords:** digestate, liquid part of digestate, solid part of digestate, compost, fertilization, nutrients

## Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Cíle práce</b> .....	<b>2</b>
<b>3 Přehled literatury (Literární rešerše)</b> .....	<b>3</b>
<b>3.1 Historie a současnost pěstování konopí setého</b> .....	<b>3</b>
<b>3.2 Botanická charakteristika konopí setého</b> .....	<b>3</b>
3.2.1 Kořen .....	5
3.2.2 Stonek .....	5
3.2.3 List .....	6
3.2.4 Květ a semeno .....	6
<b>3.3 Využití konopí</b> .....	<b>6</b>
3.3.1 Průmyslové a zemědělské využití .....	7
<b>3.4 Legislativní požadavky na pěstování konopí v ČR</b> .....	<b>8</b>
<b>3.5 Agrotechnické požadavky na pěstování konopí setého</b> .....	<b>9</b>
3.5.1 Požadavky na půdu .....	9
3.5.2 Zařazení do osevního postupu .....	9
3.5.3 Setí .....	10
3.5.4 Zpracování půdy a kultivace porostu během vegetace .....	10
3.5.5 Sklizeň .....	11
3.5.6 Výnosy .....	12
3.5.7 Požadavky na tepelný režim .....	13
3.5.8 Požadavky na světelný režim .....	13
3.5.9 Požadavky na vodní režim .....	13
3.5.10 Ochrana proti plevelům, chorobám a škůdcům .....	14
<b>3.6 Vliv výživy na růst a vývoj konopí setého</b> .....	<b>15</b>
3.6.1 Význam makroživin .....	15
3.6.1.1 Vliv výživy dusíkem .....	15
3.6.1.2 Vliv výživy fosforem .....	20
3.6.1.3 Vliv výživy draslíkem .....	23
3.6.1.4 Vliv výživy vápníkem .....	24
3.6.1.5 Vliv výživy hořčíkem .....	25
3.6.1.6 Vliv výživy sírou .....	26
3.6.2.1 Význam mikroživin .....	26
<b>3.7 Bioplynová stanice a její produkty</b> .....	<b>27</b>
3.7.1 Digestát .....	28
3.7.2 Separát a fugát .....	28
<b>3.8 Legislativa využívání separátu a fugát</b> .....	<b>29</b>
3.8.1 Rozdělení bioplynových stanic .....	29
3.8.2 Aplikace fermentačního zbytku na zemědělskou půdu .....	29



<b>4 Materiál a metody .....</b>	<b>31</b>
<b>4.1 Založení pokusu .....</b>	<b>31</b>
4.1.1 Charakteristika použitých rostlin.....	31
4.1.2 Výsev a hnojení rostlin .....	31
4.1.3 Ošetřování porostu během vegetace .....	32
4.1.4 Odběr vzorků zemin a sklizeň.....	32
4.1.5 Parametry aplikovaného separátu a fugátu .....	32
<b>4.2 Metody stanovení chemických vlastností zemin a rostlin .....</b>	<b>33</b>
4.2.1 Stanovení obsahu dusíku v zeminách.....	33
4.2.2 Stanovení hodnoty pH a obsahu rozpuštěných solí.....	33
<b>5 Výsledky a diskuze .....</b>	<b>33</b>
<b>5.1 Průměrný výnos, počet a výška rostlin jednotlivých variant pokusu .....</b>	<b>33</b>
<b>5.2 Hodnocení parametrů aplikovaného separátu a fugátu .....</b>	<b>35</b>
<b>5.3 Hodnocení parametrů zemin před a po sklizni .....</b>	<b>36</b>
<b>6 Závěrečné shrnutí.....</b>	<b>39</b>
<b>7 Seznam literatury .....</b>	<b>40</b>
<b>8 Seznam příloh .....</b>	<b>45</b>

## 1 Úvod

Konopí seté je v současné době plodina pěstovaná v omezené míře. Je to však plodina s velkým potenciálem a s širokou škálou možností uplatnění v zemědělství a zpracovatelském průmyslu. Konopí seté je rostlina obsahující látky ze skupiny kanabinoidů. Stěžejním kanabinoidem je delta - 9 - tetrahydrocannabinol, který může být v současné době používán jako léčivo, avšak kvůli svým psychoaktivním účinkům s přísnými legislativními omezeními. Posledních několik desítek let se uplatňují odrůdy, nazývané jako technické konopí, charakteristické svým nízkým obsahem THC, čímž je možné jejich pěstování bez větších legislativních omezení. Jednou z možností využití technického konopí setého je jeho použití jako vstupního materiálu při výrobě bioplynu. V tomto ohledu by mohlo nahradit kukuřici setou, v současnosti nejpoužívanější rostlinu sloužící k výrobě bioplynu, která může být jako širokořádkově pěstovaná plodina jednou s příčin půdní eroze.

Závazkem České republiky Evropské unii je produkce minimálně 13 % energie z obnovitelných zdrojů (směrnice OZE 28/2009/ES). Zatímco v roce 2002 bylo v České republice pouze 11 bioplynových stanic, v roce 2013 jich bylo 481 a jejich počet stále mírně narůstá (Tlustoš a kol., 2013). Vedlejším produktem při procesu výroby bioplynu je digestát, který je tvořen zbytky surovin, prošlými mezofilní anaerobní fermentací (Al Seadi a kol., 2013). Digestát obsahuje přístupné i vázané živiny a organickou hmotu. Tyto vlastnosti digestátu umožňují jeho využití jako hnojiva (Tlustoš a kol., 2013).

## **2 Cíle práce**

Cílem práce bude zpracovat literární rešerši, zaměřenou na problematiku separace digestátu a možné využití získaných komponent ke hnojení. U separátu bude sledováno i možné využití pro přípravu kompostů a pěstebních substrátů. V experimentální části pak založit, ošetřovat a vyhodnotit modelový experiment s aplikací kompostovaného a nekompostovaného separátu do půdy a sledovat jeho vliv na růst a hromadění živin v konopí setém.

### 3 Přehled literatury (Literární rešerše)

#### 3.1 Historie a současnost pěstování konopí setého

Konopí je prastarou kulturní rostlinou. Počátky pěstování konopí sahají do oblasti Střední Asie, Číny a Indie, kde se pěstovalo již od 3. tisíciletí před naším letopočtem (Šnobl a kol., 2004). Podle ruského botanika Nikolaje Vavilova bylo konopí domestikováno zemědělci na Altaji (Dupal 1994). V 15. až 18. století bylo konopí jednou z nejdůležitějších plodin poskytující vlákno, ale v 19. století konopí vytlačila bavlna (Papastylianou a kol., 2018). Roku 1937, v době, kdy nebylo rozlišováno mezi technickým a léčebným konopím, byla na základě vědecky nepodložených tvrzení (Harry Anslinger před kongresem USA uvedl, že marihuana je příčinou lidského násilí, přičemž námitky Americké lékařské asociace nebyly brány v potaz), na popud FBN zavedena v celých USA jeho prohibice (Miovský a kol., 2008). Během druhé světové války však bylo konopí v USA pěstováno jako strategická surovina v rámci programu tamějšího Ministerstva zemědělství „konopím k vítězství“ (Robinson 2000).

Konopí seté (*Cannabis sativa L.*) bylo poprvé odborně popsáno švédským botanikem Carolusem Linneaeusem (Carl Linné) v roce 1737 v podhůří Himaláje v Indii. Roku 1785 Jean Baptiste de Lamarck popsal ve východní Indii další druh konopí indické (*Cannabis Indica*) a roku 1924 objevil D. E. Janischewsky v jihovýchodním Rusku konopí rumištní (*Cannabis Ruderalis*) (Miovský a kol., 2008).

V celosvětovém měřítku je současná produkce konopí málo významná. Dochází však ke změně pohledu společnosti na tuto rostlinu, což má za následek změnu legislativy některých zemí v jeho prospěch (Moudrý a kol., 2011).

#### 3.2 Botanická charakteristika konopí setého

Konopí seté (*Cannabis sativa L.*) je jednoletá rostlina systematicky patřící do řádu kopřivotvaré (*Urticales*), čeledi konopovité (*Cannabaceae*). Do této čeledi patří dva rody, kromě rodu konopí (*Cannabis*) ještě rod chmel (*Humulus*) (Dupal 1994). Konopí je rostlina dvoudomá nebo jednodomá. Dvoudomé odrůdy vytváří na jedné rostlině konopí samčí květenství a na druhé rostlině samičí květenství. Zastoupení obou rostlin v porostu je přibližně 47 % : 53 % (Šnobl a kol., 2004). U divoce rostoucího konopí je poměr samčích a samičích rostlin v poměru 1 : 1. Tento poměr se mění podle podmínek růstu až na 9 : 1. Často se vyskytují také rostliny hermafroditní (Kubánek 2009). Sexuální exprese je determinována poměrně brzy. Nastává v době, kdy je viditelný 3. pár pravých listů. V tuto dobu lze ošetřit konopí regulátory růstu. Aplikuje - li se kyselina gibberelová, je výsledkem více než 80 % samčích rostlin. Aplikuje - li se 6 - benzylaminopurin a kyselina indol - 3 - octová, stanou se všechny rostliny samičími,

nebo u nich dochází k intersexu (rostliny s projevem obou pohlaví) (Chailakhyan a Khryanin 1978).

Vegetační doba konopí setého je v polních podmínkách minimálně 100 dní, největší intenzita růstu je v červnu a v červenci (v období růstu začínajícím vytvořením 3. páru pravých listů a končícím začátkem tvorby květních pupenů a následně v růstové fázi nasazování pupenů), kvetení probíhá v srpnu. Čím kratší je vegetační doba, tím je kratší stonek a tím pádem i nižší výnos, hrubší vlákno, menší listy, květy a semena (Kubánek 2009).

U konopí rozlišujeme 5 hlavních růstových fází:

- Období vzcházení trvající 3 - 15 dnů
- Období rychlého růstu trvající od 3. páru pravých listů až do začátku tvorby květních pupenů
- Období nasazování pupenů, při kterém rychlý růst neustává
- Období kvetení, které je charakteristické maximální tvorbou vlákna
- Období zrání semene, jehož počátkem je oplodnění samičích rostlin s následným dozráváním (30 - 40 dnů), probíhající od spodu k vrcholu květenství (Šnobl a kol., 2004).

Konopí seté je nejrozšířenějším druhem konopí, zahrnuje dva podstatně odlišné poddruhy (*subspecies*) (Miovský a kol., 2008). V České republice se můžeme setkat s konopím kulturním (*Cannabis sativa ssp. Culta*) a konopím planým (*Cannabis sativa ssp. Spontanea/Czerny/Serebj.*), které se podle Dupala (1994) často nazývá též konopí rumištní (*Cannabis Ruderalis*). Systematik Žukovski začleňuje konopí rumištní jako další samostatný druh (Miovský a kol., 2008). Třetím hlavním druhem je konopí indické (*Cannabis indica*) (Ruman a kol., 2008).

Konopí seté je v podmínkách ČR cizosprašný nepůvodní druh, zavlečený na území našeho státu z Ukrajiny a zplanělý v nejteplejších oblastech (Honzík a kol., 2012). Konopí seté lze rozdělit do několika geografických skupin. Nejranějším typem je konopí severní s vegetační dobou 50 až 80 dní a výškou 0,6 - 0,8 m. Tento typ má velmi malý výnos stonků a semen a vyskytuje se ve Finsku a v oblastech Irkutsku, Jakutska, Čity a Karélie. Nejrozšířenější na světě je středně raný typ, nazývaný konopí středoruské, s vegetační dobou 90 - 120 dní a se stonky dlouhými 1, 25 - 2 metry. Pěstuje se především v hlavních konopářských oblastech Ruska a Ukrajiny. Konopí jižní je skupina středně pozdních až pozdních typů dosahujících výšky 2, 5 - 7 metrů s vegetační dobou 120 - 165 dní. V této skupině rozlišujeme konopí východoasijské,

italské, japonské, americké, kavkazské a syrské. Přechodné typy, neboli konopí středoevropské, je skupina konopí, která byla vyšlechtěna křížením výše zmíněných typů středoruských a jižních. Dorůstají výšky 1, 7 - 3,5 m a vegetační doba je 90 - 150 dnů. Tyto odrůdy byly vyšlechtěny tak, aby se zkombinovaly výhodné vlastnosti obou typů (výnos stonků a semen) a aby měly nízký obsah THC (0, 01 - 0, 2 %) (Kubánek 2009).

Konopí indické (*Cannabis indica*) je až 2 m vysoká hustě olistěná keřovitá rostlina s vysokým obsahem delta-9-THC (psychoaktivní látka obsažená v konopné pryskyřici). Je rozšířeno především v tropických a subtropických oblastech (Ruman a kol., 2008).

Konopí rumištní (*Cannabis ruderalis*) dosahuje výšky 60 - 150 cm, je poměrně málo větvené a nemá příliš husté listoví. Původním domovem je jihovýchodní Rusko, Afganistán, Tadžekistán, Kazachstán, Turecko, Irán, Mongolsko, Čína a Dálný východ (Kubánek 2009).

V současné době jsou v České republice zapsány ve státní odrůdové knize 3 odrůdy technického konopí, a to sice odrůdy Bialobrzeskie, Monoica a Antal (Eagri.cz). Odrůda Bialobrzeskie je odrůda bohatá z hlediska obsahu vlákna a má dobrou odolnost vůči chorobám (Honzík a kol., 2012).

### **3.2.1 Kořen**

Rostlina vytváří vřetenovitý kořen sahající běžně do hloubky 30 - 40 cm, na sušších stanovištích může sahat i hlouběji (Šnobl a kol., 2004). Podle Amaducci (2008) v pokusech v severní Itálii dosahovala hloubka kořenů 130 - 200 cm, přičemž průměr kořenů se s hloubkou zvyšoval a od 100 cm zůstal konstantní. Kořenový systém je vůči nadzemní části rostliny vyvinut slabě (Dupal 1994). Je také málo rozvětvený a jen s menším množstvím jemných vlásečnicových kořínků (Šnobl a kol., 2004). Kořen konopí má bohatou symbiozní kořenovou mikroflóru, které je v poměru ke kořenům obilovin asi milionkrát více, což umožňuje lepší využitelnost živin (Sladký a kol., 2004).

### **3.2.2 Stonek**

Stonek je přímý, podle typu konopí dosahuje délky až 4 m a tloušťky až 3 cm. Je dutý a rozdělený na 7 - 15 internodií. Čím je menší počet internodií a čím jsou internodia delší, tím je kvalitnější konopné vlákno (Šnobl a kol., 2004). Konopná vlákna jsou celulózo - ligninového charakteru - obsahují 67 % celulózy, 16 % hemicelulózy, 0,8 % pektinu, 3,3 % ligninu a 0,7 % tuků a vosků (Merdan 2017). Konopná vlákna mají v rostlině důležitou mechanickou funkci (Snegireva a kol., 2015). Obecně vzato, čím delší vlákno používáme k výrobě, tím pevnější je v poměru k hmotnosti výsledný produkt. Svazky konopných vláken jsou v podstatě po celé

délce rostliny, jsou tedy ještě v kombinaci s pryskyřičnými pojidly výjimečně pevné a můžeme je tedy využívat k výrobě materiálů o velké hustotě (Robinson 2000). Prodlužování stonku probíhá rychle (2 - 5cm/den, ale i až 10 cm den), stonek a větévky jsou brzy hojně olistěné, což při hustějším výsevu potlačuje plevele (Kubánek 2009).

### **3.2.3 List**

Listy s dlanitou žilnatinou se skládají z několika, obvykle z pěti až deseti i více čepelí. Čepele ve tvaru hrotu kopí mají vroubené, jemně pilovité okraje. Uspořádání listů na stonku je buď vstřícné nebo střídavé (Dupal 1994). Samičí rostliny bývají olistěny více a jejich listy jsou tmavší (Ruman a kol., 2008). Při dozrávání rostlin listy odspodu k vrcholu žloutnou, odumírají a opadávají (Mioviský a kol., 2008).

### **3.2.4 Květ a semeno**

Samice, přibližně v době zralosti samčích rostlin, vytvářejí svazky stopkatých květů se zelenavým okvětím, pestíkem a dvěma, často červenavými bliznami. Uvnitř květu se po opylení samčí rostlinou vytváří semeno. To je částečně ukryto v podpůrném listenu, porostlém žláznatými trichomy, jež vylučují aromatickou pryskyřici (Ruman a kol., 2008). V pryskyřici se nacházejí éterické oleje, cukry, flavonoidy, alkaloidy atd. (Moudrý a kol., 2011). Plodem konopí je vejčitá jednosemenná nažka (semeno). Barva semene je šedozelená, tmavohnědá až černá s jemným mramorováním. Hmotnost tisíce semen je 8-26 g (Mioviský a kol., 2008). Kubánek (2009) uvádí, že hmotnost tisíce vyprodukovaných semen kolísá mezi 15 a 25 g, především v závislosti na druhu a podmínkách prostředí.

## **3.3 Využití konopí**

Konopí představuje mnohostranně využitelný obnovitelný zdroj a je názorným příkladem zdroje, který je možné produkovat lokálně a bez negativních dopadů na životní prostředí ho zpracovávat. Může snížit závislost na dovozech materiálů i energie a tím i zranitelnost vůči cenovým výkyvům (Ruman a kol., 2008).

Technických vlastností konopí se využívá v současnosti oproti minulosti jen z malé části (Kubánek 2009). Přibližně od roku 1995 však konopí v České republice zaznamenává renesanci svého pěstování, své uplatnění by mělo sehrát v souvislosti s „přebytkem půdy“ při využití této půdy pro nepotravinářské účely, tj. pěstování konopí pro technické účely (vlákno, semeno) a ve fytoenergetice (Šnobl a kol., 2004).

Konopí je výjimečnou rostlinou, protože dokáže z jednoho hektaru vyprodukovat 50 - 60 t biomasy, což odpovídá přibližně 10 t sušiny. Pěstování konopí má speciální nároky na

mechanizaci sklizně a zpracování, kooperaci pěstitelů v regionu, prvotního i koncového zpracovatele (Kubánek 2009). Velkou výhodou konopí je jeho přizpůsobivost různým klimatickým podmínkám. Konopí je tradiční evropská olejno - přadná rostlina, ale pěstuje se i v takřka arktických oblastech Finska a v subtropickém a tropickém pásmu, zatímco len setý (*Linum usitatissimum*) je nevhodný pro pěstování v tropech a bavlna (*Gossypium*) nesnese chladnější počasí mírného pásu (Ruman a kol., 2008).

### **3.3.1 Průmyslové a zemědělské využití**

Konopí se od nejstarších dob pěstovalo pro získání pevného a trvanlivého vlákna. Nejstarší známé tkané vlákno bylo zřejmě konopné, neboť se začalo patrně vyrábět již v 8. tisíciletí př. n. l. (Moudrý a kol., 2011).

Konopná vlákna jsou bohatá na celulózu a jsou atraktivní kompozitní materiál, protože mají dobré mechanické vlastnosti, malou biodegradabilitu, potenciální udržitelnost a nízkou cenu (Ming Liu a kol., 2015). Konopný stonk obsahuje tři druhy vláken: dlouhé (pravé) lýkové vlákno, druhotné krátké vlákno (koudel) a dřevnaté pazdeří. Dlouhé vlákno obsahuje nejvyšší podíl celulózy (až 77%) (Ruman a kol., 2008). Dlouhá vlákna slouží k výrobě textilií (svrchní oděvy, potahy, dekorace, koberce, pytle, plachty) a technických prvků (lana, rybářské sítě, brzdové a spojkové obložení atd.) (Kubánek 2009). Konopná vlákna jsou dlouhá až 4, 5 m, kdežto bavlněná jen 2 cm, což údajně konopí dává osminásobnou pevnost v tahu a čtyřnásobnou trvanlivost ve srovnání s bavlnou (Robinson 2000). Z jedné tuny vyroseného konopného stonku se vyrobí jen 120 kg jakostního spřadatelného dlouhého vlákna. Krátké vlákno se zjemňuje a je využíváno k výrobě levnějších druhů příze (Sladký a kol., 2004). Dřevnaté jádro tvoří až 2/3 objemu stonku. Při zpracování získává podobu jemné štěpky zvané pazdeří. Skládá se převážně z hemicelulózy, obsahuje ale také řadu minerálů, z nichž se uvádí například křemík (Ruman a kol., 2008). Pazdeří může sloužit jako podestýlka pro zvířata, k mulčování a topení, například ve formě briket (Kubánek 2009). Suché pazdeří má výhřevnost 15 - 16 MJ. kg<sup>-1</sup> (při obsahu vody 15 %), pelety a brikety mají obsah vody kolem 10 % a výhřevnost 15 až 16 MJ. kg<sup>-1</sup> a jsou tedy výborným palivem pro automatické kotle (Sladký a kol., 2004).

Konopí je levný stavební materiál se skvělými tepelnými a zvukově izolačními schopnostmi. Působením tepla a tlaku na rostlinné vlákno získáme ohnivzdorné a pevné stavební panely, nahrazující suché zdi a překližku (Moudrý a kol., 2011).



Konopné semeno se může uplatnit v potravinářském průmyslu při výrobě rybích konzerv, tuků a piva. V chemickém průmyslu se uplatní při výrobě mýdla, barev, laků, oleje na mazání (Moudrý a kol., 2011). Konopné semeno se také může uplatnit jako dietní potravinu u pacientů trpících roztroušenou sklerózou (Rezapour - Firouzi a kol., 2015).

Konopné semeno, mimo jiné, obsahuje bílkoviny, fyтин, kyselinu gamalinolenovou, vzácný vitamin K a 35 % vysýchavého oleje (Moudrý a kol., 2011). Kvalitativní složení konopného oleje je uvedeno v tabulce č. 1. Konopný olej je vhodný pro technické účely a za studena lisovaný se uplatní i jako potravinu (Kubánek 2009). Dvě nejdůležitější kyseliny jsou kyselina linolová a kyselina alfa - linolenová, které se vyskytují v poměru 3 : 1, což je poměr jedinečně příznivý lidskému organismu. Jeho využití je vhodné i v kosmetice, neboť příznivě působí na pokožku a vlasy (Ruman a kol., 2008).

Plevy obsahují kyselinu kanabidiovou, která má silný baktericidní účinek a může sloužit jako antibiotikum. Pokrutiny lze využít jako krmivo pro zvířata (Moudrý a kol., 2011).

*Tabulka č. 1 Obsah oleje a mastných kyselin v konopném semeni (Moudrý a kol., 2011)*

Obsah oleje (%)	Procentický obsah jednotlivých mastných kyselin v oleji semene					
	Palmitová	Stearová	Olejová	Linolová	Linolenová	Eruková
35	6,6	2,6	14,9	56,7	19,2	0

V současnosti dochází k rozvoji produkce energie z obnovitelných zdrojů. Z hlediska ekonomické efektivity jsou kromě metod přímého spalování výhodné i metody anaerobní fermentace. Konopí je vhodnou plodinou pro pěstování na bioplyn tam, kde není možná produkce kukuřice (Honzík a kol., 2012).

### **3.4 Legislativní požadavky na pěstování konopí v ČR**

Pěstování konopí setého na území České republiky je legislativně upraveno, protože konopí obsahuje tetrahydrokanabinoly, které figurují na seznamu omamných látek. Pěstování rostlin konopí je možné pouze při obsahu tetrahydrokanabinolů do 0,3 % v celé rostlině, jak je definováno v zákoně č. 167/1998 Sb., o návykových látkách a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů a v zákoně č. 2/1969 Sb., o zřízení ministerstev a jiných ústředních orgánů Státní správy České republiky, ve znění pozdějších předpisů.

I u odrůd konopí s obsahem látek ze skupiny tetrahydrokanabinolů nižším než 0,3 %, vzniká při pěstování na ploše větší než 100 m<sup>2</sup> ohlašovací povinnost na příslušný celní úřad písemnou nebo elektronickou formou.

### **3.5 Agrotechnické požadavky na pěstování konopí setého**

#### **3.5.1 Požadavky na půdu**

Půda je jedním z hlavních faktorů, který předurčuje, zda a jak rychle rostliny porostou a jak zdravé budou. Pěstování vyžaduje půdu písčitou, s dobrou průchodností pro vodu, bohatou na nutriční látky a s dostatkem náležitých minerálních prvků (Dupal 1994). Podle Honzíka a kol. (2012) jsou naopak písčité půdy nevhodné, stejně tak půdy utužené, jílovité, vysychavé a kamenité. Pěstování na jílovitých půdách není vhodné ani za předpokladu, že je hlavní kořen silný a dokáže prorazit jílovitou půdu až do hloubky třeba i 2 metrů. Přítomnost utužené vrstvy půdy může limitovat růst kořenů, zejména když je utužení půdy na povrchu (Amaducci a kol., 2015). Podle Honzíka a kol. (2012) konopí nesnáší kyselé půdy. Šnobl a kol., (2004) uvádí, že pro konopí jsou vhodné půdy neutrální až slabě zásadité (pH 7 - 7, 6), hlubší, úrodné, hlinité, hlinitopísčité, s dobrou zásobou pohotových živin. Honzík a kol. (2012) ještě navíc uvádějí, že půdy by měly být dobře zpracovatelné a bohatě zásobené humusem. Podle Amaducci a kol. (2015) by se měly hodnoty pH pohybovat mezi 6, 0 - 7, 5, půda by měla být hluboká, bohatá na kapiláry, provzdušněná, bohatá na živiny a měla by dobře zadržovat vodu. Šnobl a kol. (2004) dále uvádí, že konopí citlivě reaguje na kvalitu půdy a slouží jako indikátor vyrovnanosti půdy. Konopí se dá pěstovat při nižších výnosech i na horších půdách v chladnějších oblastech. (Honzík a kol., 2012).

V rámci výzkumu Xia Cheng (2015) bylo zjištěno, že konopí obsahuje mnoho proteinů, které ovlivňují adaptaci vůči stresu zasolením.

#### **3.5.2 Zařazení do osevního postupu**

Konopí snáší i pěstování po sobě, avšak z hlediska šíření chorob a škůdců, jednostranného odčerpání živin a následného poklesu výnosu není tento systém vhodný. Nejlepší jsou předplodiny zanechávající půdu v dobrém fyzikálním stavu a s dostatkem dusíku (Šnobl a kol., 2004). Nejlepšími předplodinami jsou kukuřice, okopaniny, bobovité rostliny i samotné konopí. Konopí je také dobrou předplodinou pro všechny ostatní rostliny, protože zanechává pozemek v dobrém stavu z hlediska zátěže chorobami a škůdci (Sladký a kol., 2004).

### 3.5.3 Setí

Příprava dobrého a homogenního set'ového lůžka je důležitou podmínkou k založení uniformního porostu s požadovanou hustotou ( Amaducci a kol., 2014).

Konopí se vysévá rovnou na pole v druhé polovině dubna nebo začátkem května. Při pěstování na vlákno (nebo zelenou hmotu) se seje do řádků 12 - 15 cm širokých. Při pěstování na semeno se seje do řádků 15 - 30 cm širokých a v obou případech do hloubky 2 - 3 cm (Kubánek 2009). V dobrých půdních podmínkách se může sít i hlouběji (Sladký a kol., 2004). Moudrý a kol. (2011) uvádějí, že konopí pěstované pouze na vlákno (nebo na hmotu) sejeme do řádků 20 - 25 cm širokých. Podle Bjelkové a kol. (2017) je běžná šířka řádků 12, 5 - 25 cm.

Výsevek je při pěstování na vlákno 60 - 80 kg/ha, při pěstování na semeno je výsevek 25 - 30 kg. Při pěstování na vlákno i semeno (tento způsob v Evropě převládá) je výsevek kolem 40 kg/ha. Doporučuje se 200 semen na 1 m<sup>2</sup> (Sladký a kol., 2004). Tyto údaje se liší od doporučení Honzík a kol. (2012), kteří uvádějí výsevek při pěstování na vlákno 50 - 80 kg/ha, na semeno 20 - 35 kg/ha a na vlákno a semeno asi 35 - 70 kg/ha. Při zaručené kvalitě a klíčivosti se výsevek snižuje (Sladký a kol., 2004).

Podle výsledků výzkumu Kryszak a kol. (2016) výnos vlákna daleko silněji koreluje s termínem sklizně, než s termínem výsevu a šířkou řádků. Termín sklizně je závislý na účelu pěstování. Délka vegetační doby u středoevropských odrůd činí při pěstování na vlákno 120 - 130 dnů, při pěstování na semeno o měsíc déle (Miovský a kol., 2008).

### 3.5.4 Zpracování půdy a kultivace porostu během vegetace

Pro dosažení dobrých výnosů je jednou z podmínek důkladná příprava půdy (Moudrý a kol., 2011). Příprava půdy pro konopí je stejná jako u jiných přerušovačů obilných sledů (Amaducci a kol., 2015). První operací je podmítka, která by se měla uskutečnit ihned po sklizni předplodiny (Moudrý a kol., 2011). Základní zpracování půdy pro pěstování konopí na vlákno nebo semeno je stejné - hluboká orba na hloubku 25 - 30 cm na podzim, nejlépe se zaoráním zralé chlévské mrvy nebo polosuchého substrátu z bioplynové stanice (Sladký a kol., 2004). Podle Amaducci a kol. (2015) se orba obvykle provádí do hloubky 30 - 40 cm na podzim nebo v zimě, a to zvláště na jílovitých půdách. Podle Moudrého a kol. (2011) by se orba měla provést co nejdříve. Předset'ová příprava půdy s následným vytvořením set'ového lůžka se provádí na jaře a její způsob závisí na fyzikálních charakteristikách půdy. (Amaducci a kol., 2015). Moudrý a kol. (2011) doporučují půdu smykovat nebo vláčet, jakmile to na jaře počasí dovolí. Po zasetí je kvůli brzkému vzejití vhodné válení. V širokých řádcích je možno během vegetace

plečkovat. Během vegetace se konopí také podle potřeby ošetřuje proti chorobám a škůdcům (Sladký a kol., 2004). Pro zvýšení výnosu je možno plodinu uměle opylovat (Moudrý a kol., 2011).

### 3.5.5 Sklizeň

Vlastní sklizeň konopí z pole většinou probíhá až po jeho posečení na řádek, vyrosení a zaschnutí na řádku (Sladký a kol., 2004). Po vyrosení se dlouhé stéblo na několika místech „otevívá“, částečně se uvolňuje vlákno a při sběru se namotává na pracovní orgány sklizeče. (Sladký 2001). Konopí se nedá sklízet, kvůli svým velmi pevným stonkům, běžnými sklízecími mechanismy. Většina sklizňových řezaček, hlavně bubnových, nedokáže konopí sklídit, protože se na její pracovní orgány namotávají vlákna. Pro průmyslové využití vláken byly vyvinuty kombinované stroje, které oddělují semeno a stonky a spolu s listím stonky vracejí na pole k doschnutí (Moudrý a kol., 2011). Speciální stroje na sklizeň konopí v Evropě nejsou dosud z různých důvodů (například kvůli malým pěstebním plochám) v sériové výrobě. Velkým problémem při sklizni je namotávání na pracovní orgány. Nejvíce se při sklizni osvědčily protiběžné bezprstové žací lišty, prstové jednoduché žací listy se také ještě používají (Sladký a kol., 2004).

Sklizňová technologie a technika se upravuje podle způsobu dalšího využití vláken. Jiná technologie je třeba při zpracování dlouhého vlákna pro textilní průmysl, při výrobě celulózy nebo pro potřeby automobilového průmyslu (Sladký a kol., 2004). Nejčastějším výstupem ze sklizně bývá tzv. jednotné vlákno, které je určené primárně pro technické aplikace: výrobu papíru, izolačních hmot a plastových kompozitů. Stonky sklizené pro tyto účely bývají nakráčeny na délku 50 až 100 cm a ponechány na poli vystavené přirozené vlhkosti vzduchu. Po cca 4 týdnech rosení jsou relativně suché stonky sesbírány (balíkovány) a odvezeny do tírny - zpracovatelské linky (Ruman a kol., 2008). Konopí se také může na poli obracet obracečem a před sběrem pak mají rostliny 20 % vlhkost (Moudrý a kol., 2011). Sklizeň stébel konopí určeného na vlákno se provádí v době plného květu, tedy v červenci až září (podle ranosti odrůdy), nebo když jsou rostliny po pylovém spadu a začínají opadávat listy. Doba sklizně konopí má mimořádný vliv na výnos a kvalitu vlákna a ovlivňuje zpracovávání stonku, protože při opožděné sklizni narůstá nežádoucí obsah ligninu a kvalita vlákna klesá. Vysoce lignifikovaná vlákna nejsou žádoucí a vhodná pro rosení. (Kubánek 2009).

Podle Ming Liu a kol. (2015) tradiční dlouhotrvající rosení redukuje kvalitu vláken, protože dochází k degradaci celulózy, zatímco při kratší době rosení kvalitativní změny nejsou

znatelné. Ming Liu a kol. (2015) tedy doporučuje rosit kratší dobu v kombinaci s ostatními metodami extrakce vlákna, jako je například použití cílených enzymů, mikrobů nebo chemikálií. Při opožděné sklizni také narůstá množství sekundárních vláken, obsažených ve stonku, které způsobují zhoršení kvality chemických a morfologických charakteristik primárních vláken.

Při sklizni na semeno přichází v úvahu sklizeň najednou sklízecí mlátičkou (např. sklízecí mlátička CASE IH s odstředivými vytrásadly, která umožňuje vysoké nastavení sekací lišty). Rostliny se sekají v době, kdy semena ve spodní polovině květenství samičích rostlin jsou v plné zralosti a v horní polovině v mléčné zralosti. Nemělo by se sklízet později, neboť semeno při plné zralosti vypadává (Moudrý a kol., 2011).

V pokusu Ming Liu a kol. (2015) byla vlákna sklizená v plné zralosti semen značně lignifikována (obsah ligninu na začátku kvetení byl 3, 4 % a v plné zralosti semen 4,8 %), a tak byla obtížná jejich extrakce ze stonku ve srovnání se stonky sklizenými na začátku kvetení.

Při sklizni konopí pro výrobu bioplynu počítáme s jednou sečí v průběhu květu konopí, a to při vlhkosti 65 - 75 %. Sklizená fytomasa se odváží přímo do bioplynové stanice, nebo se z ní připravuje siláž nebo senáž. Při sklizni za účelem energetického využití konopí je rozdíl pouze v optimální vlhkosti, která by pro efektivní spalování měla být 20 - 25 % (Honzík a kol., 2012).

V pokusu Prade a kol. (2015) byl zkoumán vliv termínu sklizně na důležité parametry, týkající se vhodnosti konopí ke spalování. Bylo zjištěno, že vlhkostní poměry, obsah popele a výhřevnost byly lepší, když byly rostliny sklizeny na jaře nebo v zimě, než když byly sklizeny na podzim.

### **3.5.6 Výnosy**

Výnosy konopí v podmínkách České republiky, uvedené v suché hmotě, jsou následující: stonky 5 až 7 t/ha (až 13 t/ha), z toho 0,5 - 1,2 t/ha vláken a 1, 5 - 4 t/ha pazdeří a semene 0,8 - 1,4 t/ha (Moudrý a kol., 2011, Honzík a kol., 2012). Evropský průměr je přibližně 6 t/ha, ale v dobrých pěstebních podmínkách konopí dosahuje výnosů i 12 t/ha.

V pokusu Capelletto a kol. (2001) byly dosaženy v extrémně horkém roce 1998 v italském podnebí výnosy 29, 67 t/ha a 21,7 t/ha biomasy (čerstvá hmota) pro data 22. července a 11. srpna. Rozdíl ve výnosu mohl být způsoben hlavně ztrátou listů, která byla způsobena přirozeným fyziologickým cyklem rostlin a extrémně horkým počasím tohoto roku. Sušina

rostlin byla větší u rostlin sklizených v červenci, ale po jednom měsíci sušení (když byly svazky konopí nechány na suchém vzduchu pod přístřeškem), byla hmotnost konopí trochu větší u rostlin sklizených v srpnu (10,84 t/ha versus 10,45 t/ha). Z toho lze odvodit, že ztráty vody během sušení byly 64 % u rostlin sklizených v červenci a 41 % u rostlin sklizených v srpnu.

V pokusu Charron a kol. (2014) byl prokázán vliv výnosu na obsah surových proteinů v semeni. Odrůdy, které dosahovaly nižšího výnosu, měly také vždy nižší obsah proteinů v semeni.

### **3.5.7 Požadavky na tepelný režim**

Konopí se daří v teplejších oblastech, ale vyrostе i v nadmořské výšce 5 000 m v Himalájích a v Rusku až u polárního kruhu, avšak s přiměřeně nižšími výnosy (Kubánek 2009). Semeno začíná klíčit už při teplotě 2 - 3 °C, v době setí by ale teplota půdy měla být 10 °C. V době vzcházení je konopí odolné vůči krátko trvajícím jarním mrazíkům až do - 6 °C (Šnobl a kol., 2004). Roční suma teplot zaručující vysoký výnos je 1800 - 2500 °C. Podle Sausserde a Adamovičs (2013) roste konopí nejlépe při teplotách mezi 14 - 27 °C. Teplo také urychluje přechod rostlin růstovými fázemi (Miovský a kol., 2008).

### **3.5.8 Požadavky na světelný režim**

Konopí pěstované u nás je rostlina krátkodenní, vývojová stádia probíhají rychleji v oblastech, které mají den kratší než 14 hodin. Konopí severní je rostlinou dlouhého dne, se zkracováním délky dne se snižuje výška rostliny. Pro zajištění dostatečných výnosů by měla být délka dne během vegetační doby konopí více než 13 hodin.

Optimální světelný režim v porostu je zajištěn odpovídající hustotou setí (Šnobl a kol., 2004). Čím více má rostlina světla, tím více je samičích rostlin a naopak. Konopí velice efektivně hospodaří se sluneční energií, za relativně krátkou dobu totiž fotosyntézou přemění velké množství vzdušného oxidu uhličitého v hmotu vlastního těla za vzniku kyslíku (Ruman 2008).

### **3.3.9 Požadavky na vodní režim**

V počátečních fázích růstu, než si konopí vytvoří silnější kořeny, vyžaduje dostatek jarní vláhy. Později už odolává i přísuškům, díky již delším kořenům (Kubánek 2009).

Podle Saussarde a Adamovičs (2013) se konopí dobře nevyvíjí a neroste, pokud je rostlina v podmáčené půdě.

K vytvoření 1 kg sušiny spotřebuje konopí 700 kg vody (Miovský a kol., 2008), což je podle Honzíka a kol. (2012) 1,5 až 2 krát více, než spotřebuje pšenice a oves. Podle Mokhtari a kol. (2013) je zvýšení účinnosti využití vody klíčové pro zajištění stability produkce.

Nejintenzivnější růst konopí probíhá zpravidla v červnu a červenci, v tomto období by místní srážky neměly klesnout pod 500 mm (Miovský a kol., 2008).

Dobré vlhkostní poměry mají význam ve využitelnosti živin, což se projevuje zvýšením výnosu rostlin konopí (Vera a kol., 2004).

### **3.5.10 Ochrana proti plevelům, chorobám a škůdcům**

Při velkém výskytu plevelů je možné aplikovat herbicidy. Preemergentně se využívá přípravek Afalon 45 SC. Proti jednoděložným plevelům lze postemergentně aplikovat herbicid Targa super 5 EC (Honzík a kol., 2012).

Podle Rumana a kol. (2008) se zapojením konopí do systému střídání plodin omezí riziko rozšíření chorob a škůdců.

Konopí není hmyzosubná rostlina, takže hmyz se vůči němu primárně chová jako škůdce (McPartland a kol. 2000).

V České republice může ze škůdců škodit konopí mšice konopná (*Phorodon cannabis* Pass.), housenky můry gama (*Autographa gamma* L.), zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubialis* Hubn.), dřepčík chmelový (*Psylliodes attenuata* Koch.) a zavíječ konopný (*Grapholita sinana*) (Kubánek 2009). Podle Adams (2012) na konopí dále škodí trásnokřídli (*Thysanoptera*), sviluška chmelová (*Tetranychus urticae*), smutnice (*Lycoria*), červci (*Coccoidea*), mšice (*Aphidoidea*), sítinovka zelená (*Cicadella viridis*), vrtalky (*Agromyza*), slimáci (*Limacoidea*) a hlemýždi (*Helicoidea*).

Hlízenka obecná (*Sclerotinia sclerotiorum* [Lib.] Masse) způsobuje onemocnění bílou hnilobou. Z dalších chorob se může vyskytnout plíseň šedá (*Botrytis cinerea* Pers.), fusarióza (*Giberella pulicaris* [Fr.] Sacc.), rakovina a některé nemoci virového původu (Miovský a kol., 2008). Vyskytuje se také plíseň konopí (*Pseudoperenospora cannabina* Otth.) (Šnobl a kol., 2004), plíseň révová (*Plasmopara viticola*) (Adams 2012), bakteriální hnědá skvrnitost (*Xantomonas campsetris*) (Netsu a kol., 2013), a hnědé skvrny způsobené alternariózou (*Alternaria*) (Zarzycka a Jaranowska 1977).

Někdy porosty na semeno mohou napadnout také ptáci (Honzík a kol., 2012).

Odrůdy technického konopí vykazují vysokou rezistenci proti napadení, nemoci se díky tomu objevují na polních porostech jen ojediněle (Miovský a kol., 2008). Ke škodám na pěstovaném konopí dochází především tam, kde se pěstuje delší dobu na stejném stanovišti (Kubánek 2009).

### **3.6 Vliv výživy na růst a vývoj konopí setého**

Konopí, vzhledem k tomu, že vytváří při růstu velké množství biomasy, vyžaduje velké množství živin. Čím je odrůda vzrůstnější, tím je náročnější na živiny (Moudrý a kol., 2011).

Konopí se pěstuje na půdě dobře vyhnojené statkovými a průmyslovými hnojivy. Dobře působí i zelené hnojení (Kubánek 2009). Živiny do půdy dodávají také listy, které opadávají v závěrečných fázích vývoje rostliny a rozkládají se na cenné živiny. Až 70 % živin se vrací do půdy během procesu rosení (Ruman a kol., 2008).

Jak již bylo řečeno, konopí je plodina náročná na půdu hnojení a závlahu. To ale platí jen pro konopí využitě k průmyslovému zpracování, kultura konopí jako takového je na půdu, hnojení i závlahu nenáročná (Kubánek 2009).

Při hnojení musíme vzít v potaz, kolik živin se už nachází v půdě, kde je plodina pěstována a jakých výnosů se dosahuje na určitém pozemku, tedy jak mnoho živin odchází z pole se sklizenou fytomasou (Honzík a kol., 2012).

Použití hnojiv na půdách deficitních na živiny obvykle přináší dobrý ekonomický efekt (Vera a kol., 2004).

#### **3.6.1 Význam makroživin**

##### **3.6.1.1 Vliv výživy dusíkem**

Dusík a uhlík jsou nejvýznamnějšími prvky koloběhu živin v přírodě. Mají rozhodující postavení ve všech živých soustavách a velký vliv na životní prostředí. Dusík je nepostradatelnou živinou nejen pro rostliny, ale i pro všechny živé organismy. Patří k základním stavebním prvkům bílkovin (Vaněk a kol., 2016).

Dusík je vzhledem k rychlému růstu a vytvářené hmotě konopí nejdůležitější živinou. Je nezbytný pro růst vegetativních orgánů zejména při pěstování konopí na vlákno. Má vliv na dosažení maximální výšky a příznivě ovlivňuje poměr délky a tloušťky stonku a jeho pevnost. Přehnojení dusíkem má však na pevnost negativní vliv (Sladký a kol., 2004).

Rostliny přijímají dusík ve formě iontů - kationtu amonného ( $\text{NH}_4^+$ ) nebo aniontu nitrátového ( $\text{NO}_3^-$ ). O příjmu obou iontů rozhodují hlavně vnější podmínky, ale i sama rostlina.



Výrazný vliv vykazuje pH prostředí. V kyselější oblasti převažuje příjem  $\text{NO}_3^-$  a v neutrální až alkalické oblasti pH se příjem obou iontů vyrovnává, nebo je vyšší příjem  $\text{NH}_4^+$  (Vaněk a kol., 2016).

Podle Moudrého a kol., (2011) při sklizni 10 t/ha stonků a 0,9 t/ha semen konopí odejme z 1 ha asi 114 kg dusíku.

Dusíkatá hnojiva aplikujeme na jaře před setím. Podle potřeby a stavu porostu je možné přihnojení po vzejití ledkem amonným s vápencem při výšce porostu do 15 cm. Celková dávka dusíku činí přibližně 80 - 100 kg (Šnobl a kol., 2004), stejnou dávku doporučují i Moudrý a kol. (2011). Je-li pole vyhnojeno dostatečnou dávkou chlévské mrvy, je možno dávky průmyslových hnojiv úměrně snížit.

Na slabě kyselých půdách by se mělo hnojit dusíkem v ledkové formě, na půdách neutrálních až zásaditých se dává přednost formám amonným (Sladký a kol., 2004).

V průběhu vegetační sezony je možné dávku dusíku rozdělit v několika termínech hnojení (například 15. a 30. den po vzejití), protože to může mít pozitivní efekt na výnos květů a stonků (Campiglia a kol., 2017). Sladký a kol. (2004) uvádějí, že se celková dávka dusíku dělí zpravidla ve třech termínech. Polovina až třetina se aplikuje před setím, zbytek ve dvou dávkách během vegetace na list, což souvisí s dynamikou příjmu dusíku rostlinou. Z celkového množství dusíku je to až 50 % v prvních třech týdnech po vzejití, zbytek připadá na další dva měsíce.

Škodlivý vliv hnojiva močoviny na vzcházení byl pozorován ve výzkumu Malhi a kol. (2003) na pšenici tvrdé (*Triticum durum*) nebo u semen řepky olejky (*Brassica napus subsp. napus*) v pokusech Malhi (2003), Johnston (2002). Podle Malhi (2003) může být tento efekt zmírněn zředěním hnojiva nebo zpomalením uvolňování hnojiva do půdy, čehož se docílí použitím močoviny s inhibitory ureázy.

Metodologie výživy dusíkem se v jednotlivých zemích liší dle půdně - klimatických podmínek. Například ve Spojených státech amerických jsou uváděny dávky okolo 60 kg N/ha, zatímco v Evropské unii se pohybují mezi 40 - 200 kg/ha (Sausserde a Adamovičs, 2013).

V pokusu Struik a kol. (2000) byl pozorován jen malý efekt při hnojení dusíkem u italských půd na něj bohatých (v roce 1997 byl u odrůdy Futura přírůstek výnosu přihnojení 160 kg N/ha oproti 100 kg N/ha jen 1,6 t/ha nadzemní suché hmoty), zatímco na chudších půdách severní Evropy byl přírůstek větší (ve stejném roce byl u odrůdy Futura přírůstek

výnosu přihnojení 160 kg N/ha oproti 100 kg N/ha 2,8 t/ha nadzemní suché hmoty), k čemuž též přispívalo relativně vlhké léto. Ve Velké Británii rostliny odkázané jen na v půdě přístupný dusík vykazovaly kratší vzrůst a koruny rostlin zachycovaly méně slunečního záření a tím pádem poskytovaly vlhčí hmotu a vlákno.

Při pokusech Vera kol. (2009) v Kanadě bylo dosaženo největšího výnosu biomasy při dávce 150 kg N/ha, 200 kg N/ha pak bylo třeba pro největší výnos semene.

V pokusech Výzkumného ústavu rostlinné výroby v Praze Ruzyni byly rostliny konopí hnojeny dávkami 60 kg N/ha a 120 kg N/ha. Dávka 60 kg N/ha zvyšovala v průměru výnos fytomasy o 15 % a dávka 120 kg N/ha o 25, 3 % v porovnání s nehnojenou variantou (Moudrý a kol., 2011).

Základním organickým hnojivem pro konopí je dobře uleželá chlévská mrva nebo polosuchý substrát z bioplynové stanice a kompost. Při hnojení hnojem se aplikuje 30 t/ha i více (Kubánek 2009). Dávka 20 až 30 t/ha organických hnojiv může zvýšit výnos stonků až o 25 % a semene o 11 % (Sladký a kol., 2004). Pokud je organických hnojiv nedostatek, můžeme je nahradit zeleným hnojením (Šnobl a kol., 2004). Doporučuje se zejména komonice bílá a jiné běžné podsevy. Zelené hnojení je vhodné uplatnit už k předplodině (Sladký a kol., 2004).

Při pěstování na zemědělskou biomasu za účelem produkce bioplynu je nejlepší pro hnojení dusíkem a ostatními živinami použití hnojivého odpadu z bioplynových stanic (BPS) neboli tzv. digestátu, jehož nespornou výhodou je zpětný návrat živin do půdy (Honzík a kol., 2012).

Dupal (1994) uvádí, že je vysoce efektivní foliární aplikace hnojiv, protože listy dokážou absorbovat více hnojiva než kořeny. Neošetřují se ale rostliny pod 30 cm, protože jsou moc malé na to, aby mohly hnojivo přijímat. Též se nestříkají rostliny mladší tří týdnů, neboť by hrozilo jejich spálení. Na druhou stranu Moudrý a kol. (2011) uvádí, že ledek vápenatý se dává na list dříve, než rostliny dosáhnou výšky 10 - 15 cm. K foliární aplikaci se používají ledkové formy dusíku (Sladký a kol., 2004).

Pro efektivní využití průmyslových hnojiv konopím je důležitý poměr živin N : P : K. Pro konopí pěstované na vlákno 1 : 0,5 - 0,6 : 1,2 - 1,4, pro konopí pěstované na semeno 1 : 0,7 : 1 - 1,2. (Šnobl a kol., 2004). Dupal (1994) doporučuje složení hnojiva N : P : K - 23 : 19 : 17.

Literární prameny (Váša 1965, Špaldoň 1986) uvádějí, že konopí z přímého hnojení využívá jen 50 - 60 % N, 25 - 30 % P a 20 - 40 % K. Efektivita se zvyšuje, pokud je půda

relativně chudá na přístupný dusík (16 - 47 kg nitrátového N/ha v 0 - 60 cm půdního profilu) (Vera a kol., 2009).

Podle pokusu Sausserde a Adamovičs (2013) byla délka stonku rostlin konopí pěstovaných v Litvě významně ovlivněna úrovní hnojení dusíkem a také odrůdou. Jejich výsledky uvádí, že optimální dávka se v závislosti na odrůdě pohybuje mezi 90 - 150 kg/ha. Pokusy dále prokázaly, že vyšší úroveň hnojení dusíkem oddaluje nástup kvetení a tím zvyšuje dobu růstu stonku. Délka stonku má významný dopad na následný výnos. Pokud se zvětšuje délka stonku, stoupá i výnos.

Ve výzkumu Vera a kol. (2009) byly dusíkem hnojeny dvě odrůdy konopí Crag a Finola. Bylo zjištěno, že pro dosažení maximální relativní výšky obou odrůd potřebuje odrůda Crag o 5 kg dusíku méně než odrůda Finola, ale o 9 kg dusíku více na dosažení maximální relativní hmotnosti biomasy. Odrůda Finola reagovala lépe na výnos semene se zvyšujícími se dávkami dusíku, což indikuje, že odrůda Finola dokáže dusík do semene konvertovat efektivněji. V důsledku toho byl výnos semene o 27 % vyšší než u odrůdy Crag. Pro odrůdu Finola však bylo potřeba pro maximální výnos 198 kg/N ha a u odrůdy Crag pouze 175 kg/ha.

Při pokusu Campiglia a kol. (2017) ve Středozeří bylo zjištěno, že při dávce 100 kg N/ha měl dusík největší vliv na výnos stonku + 28 %, na květ + 17 % a + 4 % na výnos semene. Vzhledem k procentuálnímu přírůstku u všech sledovaných parametrů tento odborný článek doporučuje pěstitelům dvojúčelové využití rostlin - pěstování buď pro stonek a květ, nebo pro stonek a semeno, i když je faktem, že při sklizni semena je vlákno již starší a méně kvalitní. Ve stejném pokusu Campiglia a kol. (2017) byly tyto rostliny konopí sety v různé hustotě. Ukázalo se, že hnojení dusíkem má vliv zejména na výnos stonku, květu nebo semena, protože dusík dokáže stimulovat výkon fotosyntézy při jakékoli hustotě setí.

V pokusu Tang a kol. (2017) byla za účelem porozumění fyziologických základů vysoké schopnosti využití zdrojů a výnosového potenciálu analyzována fotosyntéza listů při různé intenzitě hnojení dusíkem a při různých teplotách. Úroveň fotosyntézy stoupala se zvyšujícím se obsahem dusíku až na 31, 2  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  při 25 °C.

Fotosyntéza také stoupala mezi teplotou 25 - 35 °C a poté začala klesat. Efekt výživy dusíkem a teploty byl stejný u všech umístění listů na rostlině i ve všech pěstebních lokalitách s výjimkou jedné lokality, kde byl efekt vyšší při pěstování ve skleníku než při pěstování ve venkovním prostředí. Modelové analýzy ukázaly, že ve srovnání s bavlníkem (*Gossypium*) a Ibiškem konopovitým (*Hibiscus cannabinus*) má konopí vyšší fotosyntetickou kapacitu, když je obsah dusíku v listech větší než 2 g /m<sup>2</sup>. Tato vysoká fotosyntetická kapacita, zvláště při

nízkém obsahu dusíku v půdě dokazuje, že konopí může být pěstováno jako udržitelná bioenergetická plodina v širokém rozpětí klimatických a agronomických podmínek.

Při produkci konopí setého pro vlákno je třeba, aby byla jeho hmotnost a výška uniformní, pro umožnění kvalitní mechanizované sklizně a následné průmyslové zpracování. V pokusu van der Werf a van der Berg (1995) byl zkoumán vliv dusíku na tyto kvantitativní parametry. Konopí bylo hnojeno dávkami 80 kg N/ha a 200 kg N/ha. Finální sklizňové variační koeficienty pro hmotnost a výšku byly cca 1,5 krát vyšší u dávky 200kg N/ha než u dávky 80 kg N/ha. Při dávce 200 kg N/ha se též vyskytovalo více utlačených rostlin, které měly o mnoho užší stonky, ale i ty dokázaly v prostředí s nízkou osvětleností přežít relativně dobře pod korunami vyšších rostlin. Vyšší dávka dusíku také způsobovala větší počet rostlin samičího pohlaví. Dusík není ale hlavní parametr ovlivňující uniformitu rostlin, rozdíly mezi jednotlivými rostlinami mohly způsobovat též rozdíly ve stáří, genotypové rozdíly, heterogenita prostředí, maternální efekt, napadení rostlin býložravci, parazity nebo patogeny a jednostranná kompetice (kompetice o světlo) nebo oboustranná kompetice (kompetice v podzemí), které jsou hlavní příčinou neuniformnosti rostlin. Nízká půdní úrodnost může vést k dřívější nebo oboustranné kompetici, čímž může být sníženo tempo růstu variability rostlin. V pokusech Struik a kol. (2000) zvyšující se dávky dusíku kompetici mírně zvyšovaly, což mělo za následek zužování stonku a pokles výnosu.

V pokusu Menge a Hartmann (1995) byl zkoumán vliv úrovně hnojení dusíkem na průměr a tloušťku souboru skládajícího se z primárních a sekundárních konopných vláken. Bylo zjištěno, že se zvyšující se výživou dusíkem a nižší hustotou setí se jednotlivé vrstvy primárních vláken stávaly tlustšími, což bylo způsobeno jejich větším průměrem.

Podle Struik a kol. (2000) má dávka dusíku malý vliv na obsah celulózy a fenologické chování rostliny.

Podle některých výsledků výzkumů (Maria 2011, Vera 2004) má dusík menší vliv na počet a váhu semen. Vera (2004) také uvádí, že při vyšší dávce dusíku má konopné semeno větší obsah proteinů. Rostlinné proteiny obsahují 15,8 - 18,9 % dusíku. Jsou obsaženy zvláště v mladých orgánech, dělivých pletivech, enzimech, nukleoproteidech a dalších látkách, které se významně podílejí na vlastním růstu rostliny a tvorbě nejdůležitějších orgánů a celkové tvorbě biomasy. Ke konci vegetace se tvoří větší množství zásobních bílkovin v semenech.

V některých studiích (Bhatty 1964, Johnston 2002) bylo pozorováno protichůdné působení dusíku na obsah proteinů a oleje v semeni. Byla - li dávka dusíku větší, zvýšil se obsah proteinů a snížil se obsah oleje. To bylo ověřováno i v pokusu Vera a kol. (2004) na dvou

odřůdách konopí. Odrůda Finola reagovala na nejvyšší dávku dusíku zvýšením obsahu oleje v semenech o 1 - 3 %. Odrůda Fasamo měla v semenech při dvou nejvyšších úrovních hnojení o 2 - 4 % oleje méně.

Při hnojení dusíkem je třeba respektovat nitrátovou směrnicí. Od začátku července do začátku období nevhodného ke hnojení (obvykle 10. až 11. měsíc podle typu hnojiva) je na orné půdě omezeno používání tekutých statkových hnojiv (do 80 kg N/ha) a minerálních dusíkatých hnojiv (do 40 kg N/ha. Celkově roční dávka dusíku nesmí přesáhnout 170 kg N/ha) (Honzík a kol., 2012).

### **3.6.1.2 Vliv výživy fosforem**

Fosfor je jedním ze základních makrobiogenních prvků nezbytných pro všechny metabolické procesy růstu a vývoje rostlin a je také jedním z rozhodujících faktorů tvorby výnosu (Mikanová a Šimon 2011).

Velmi významnou látkou, tvořenou mimo jiné fosforem, jsou nukleotidy, které jsou stavebními jednotkami nukleových kyselin, aktivují meziproducty v řadě biosyntéz, jsou součástí kofaktorů enzymů a jsou přenašeči energie v biologických systémech (Vaněk a kol., 2016).

Důležitým předpokladem pro příjem fosforu je vytvoření bohaté kořenové soustavy. Proto je u většiny rostlin kritické období na počátku vegetace, kdy jsou vyčerpány zásoby fosforu ze semen, rostlina postupně přechází na autotrofní výživu a nemá ještě dostatečný kořenový systém (Vaněk a kol., 2016).

Podle Mikanové a Šimona (2011) jsou nejcitlivějšími parametry, které mají vliv na příjem fosforu, růstová aktivita a průměr kořenů. Důležitá pro příjem není délka kořenů, ale spíše bohatost kořenového vlášení, koncentrace P v půdním roztoku v zóně prokořenění a aktivita půdní nebo kořenové mikroflóry.

Konopí využívá zásobu fosforu z půdy velmi rovnoměrně, více v období kvetení a při tvorbě semene. Dle Vaňka a kol. (2016) je však rozhodující jeho obsah v mladých rostlinách.

Fosfor je rostlinami přijímán ve formě aniontů kyseliny trihydrogenfosforečné, převážně ve formě  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  a  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Rostliny jsou schopny přijímat fosfor i při velmi nízké koncentraci v půdním roztoku. Příjem fosforu je aktivní proces, vyžadující dostatek energie, která je obsažena makroergických vazbách ATP, uvolňovaných pomocí enzymu ATPasy (Vaněk a kol., 2016)

Podle Moudrého a kol., (2011) při sklizni 10 t/ha stonků a 0,9 t/ha semen konopí odejme z 1 ha asi 86 kg fosforu.

Podle Bjelkové a kol., (2017) konopí spotřebuje na vyprodukování 1 t stonků 5 kg fosforu a na vyprodukování 1 t semene 17 t fosforu.

Fosfor urychluje dozrávání semen a zvyšuje jejich kvalitu. Jeho dostatek je nezbytný při pěstování konopí na semeno, ale spolu s ostatními živinami zlepšuje i kvalitu stonků a tím i vlákna (Sladký a kol., 2004).

Rostliny s dostatkem fosforu dříve přecházejí do generativní fáze růstu - dříve dozrávají a mají tím pádem kratší vegetační období. Význam má fosfor též při zakládání a tvorbě květů - dostatek fosforu je předpokladem zakládání větších květenství, většího počtu kvítků a květů a tvorby semen (Vaněk a kol., 2016). Konopí pěstované na semeno tedy potřebuje více fosforu než konopí pěstované na vlákno (Kubánek 2009). Při omezeném příjmu fosforu jsou totiž narušeny významné procesy v rostlinách, mající za důsledek snížení výnosu plodin a obsahu hlavních složek v produktech, pro které jsou pěstovány, jako jsou cukry, škrob, bílkoviny a jiné (Vaněk a kol., 2016).

Při hnojení průmyslovými hnojivy se na středních půdách doporučuje 30 kg P/ha (Moudrý a kol., 2011). Nároky jednotlivých druhů rostlin na fosfor se výrazně neliší. Odběr P sklizněmi se většinou pohybuje v závislosti na dosahovaném výnosu v rozmezí 20 - 40 kg P/ha (Vaněk a kol., 2016).

Většinu P, K a Mg hnojiv je vhodné aplikovat již na podzim (se zapravením do půdy) a to z důvodu delšího potřebného období pro jejich rozklad a větší využitelnosti živin rostlinou z přímého hnojení v průběhu vegetace (Šnobl a kol., 2004). Podle Sladkého a kol. (2004) je vhodné fosforečné hnojivo superfosfát, který se doporučuje aplikovat na podzim před hlubokou orbou. Hnojí se 200 - 250 kg nespecifikovaného superfosfátu/ha, přičemž při výhradním pěstování konopí na semeno se dávka zvyšuje o 10 až 15 %.

V pokusech Vera a kol. (2009) byly pozorovány účinky různých úrovní hnojení fosforem na 2 odrůdy konopí. U odrůdy Crag klesala hustota porostu se snižováním dávky fosforu, tak se ale nedělo u odrůdy Finola. V pokusu Vera kol. (2004) s odrůdami konopí Fasamo a Finola s aplikací fosforu klesla hustota porostu až o 23 %. Dále byl sledován vliv různých úrovní hnojení fosforem na výšku a celkovou biomasu. U těchto parametrů nedošlo k žádnému efektu. V jiném pokusu Vera a kol. (2004) se ale rostliny po přidání fosforu zvýšily

a to v obou letech, ve kterých byly rostliny konopí pěstovány. Tyto výsledky pozorování se shodují s výzkumem Coffman a Gentner (1977), ve kterém bylo zjištěno, že aplikovaný fosfor přispěl k růstu rostlin pěstovaných ve skleníku. V pokusu Coffman a Gentner (1977) hnojení fosforem množství biomasy zvýšilo. Negativní reakce fosforu na výnos biomasy byla v pokusu Vera a kol. (2004) způsobena jen hustotou porostu. V této studii měl fosfor negativní dopad i na výnos semene.

V pokusu Vera a kol. (2009) rostliny konopí, které dostaly dávku 20, 40, 60 a 80 kg P/ha měly v průměru o 30 % vyšší výnos semene než rostliny nehnojené. Na hnojení fosforem reagovala lépe odrůda Finola - s každým přidaným kilogramem fosforu stoupl výnos o 2, 14 kg semen/ha. Odrůda Crag reagovala na zvýšení dávky fosforu také pozitivně - každý přidaný kilogram fosforu zvýšil výnos semen o 0,94 kg/ha.

V jiném pokusu byl Vera a kol. (2004) bylo očekáváno, že při pohnojení fosforem se výnos semen zvýší, v 1. roce hnojení fosforem však žádný efekt nemělo a v 2. a 3. roce se dokonce výnos semene snížil, což mohlo být způsobeno aplikací fosforečného hnojiva pod patu, což způsobovalo menší vzcházivost a následnou nižší hustotu porostu.

Malhi (1993) na ječmeni (*Hordeum*) vypožadoval, že výnos semene stoupne jen ojediněle, je-li v půdě obsaženo více než 24,6 kg P/ha. V pokusu Vera a kol. (2004) byl obsah fosforu v půdě 35 kg P/ha, což může vysvětlovat nereagování rostlin na pohnojení fosforem.

Případy, ve kterých byla výsledkem hnojení fosforem redukce výnosu, byly spojeny s neschopností rostlin kompenzovat nižší vzcházivost rostlin konopí, způsobenou fytotoxicitou hnojiv aplikovaných při seti do blízkosti semene, a to zvláště za suchých podmínek (Johnston 2002). Nepřímé efekty jako pozdní dospělost a vyšší kompetice plevelů jsou také možností vysvětlení sníženého výnosu semen po hnojení fosforečným hnojivem.

V pokusu Vera a kol. (2004) byly rostliny hnojeny také dusíkem a bylo sledováno, zda hnojiva mezi sebou interagují z hlediska vlivu na růst a vývoj konopí. Žádné interakce však nebyly zjištěny. Přidání fosforu k dusíku nemělo žádný vliv na projev jeho účinku.

Přidá-li se komerční fosforečné hnojivo k vysévaným semenům, může se redukovat vzcházivost rostlin, zvláště pokud je jeho velká koncentrace v bezprostřední blízkosti semene. Větší projev špatné vzcházivosti je tehdy, je-li malá vlhkost půdy. (Vera a kol., 2004).

V pokusu Vera a kol. (2004) fosfor neovlivnil obsah proteinů v semenech. Je ale možné, že fosfor může obsah proteinů v semeni nepřímo ovlivnit, pokud je limitujícím faktorem pro

využití potřebného množství dusíku rostlinou (Robson a Pitman 1983). Stejně tak hnojení fosforem neovlivnilo obsah oleje v semenech a v pokusu Ivanyi a Izsaki (2008) ani obsah mastných kyselin.

V pokusu Ivanyi a Izsaki (1996) byl sledován vliv hnojení dusíkem, fosforem a draslíkem na výnos konopného vlákna. Nejlepší výnos (13, 57 t/ha) byl zjištěn při dávce 80 kg N/ha, 600 kg K/ha a 0 kg P/ha, protože konopí přijalo největší množství těchto prvků (213, 6 kg N/ha, 22,5 kg P/ha a 234 kg K/ha).

V pokusu Ivanyi (2011) byl sledován optimální obsah fosforu v listech v souvislosti s výnosem. Bylo zjištěno, že nejvyšší výnos stonků nastává, pokud je v horním 5. - 7. páru listů obsah fosforu mezi 0,5 - 0,6 %. Koncentrace fosforu vyšší než 0,6 % vedou k výnosové depresi.

Vyšší obsah fosforu v rostlinách konopí vede také k vyšší koncentraci CBD a THC v jejich kormu (Coffman a Gentner 1976).

### **3.6.1.3 Vliv výživy draslíkem**

Draslík patří mezi nejdůležitější stavební živiny ve výživě rostlin. Zásoba přijatelného draslíku v půdách klesá (způsobeno současným omezováním hnojení statkovými hnojivy, případně dalšími organickými hnojivy a minerálními hnojivy) a draslík se postupně stává dalším limitujícím prvkem výnosu a kvality produktu (Kunzová 2010).

Draslík je rostlinami přijímán jako kationt  $K^+$ . Aktivní příjem se uskutečňuje při nízké koncentraci v půdním roztoku, při vysoké koncentraci převažuje pasivní příjem tohoto prvku, což může způsobovat zvýšení jeho příjmu (označováno jako luxusní konzum) vedoucímu k omezení příjmů jiných kationtů, zejména Na, Mg a Ca (Vaněk a kol., 2016).

Podle Moudrého a kol., (2011) při sklizni 10 t/ha stonků a 0, 9 t/ha semen, konopí odejme z 1 ha asi 123 kg draslíku.

Draselná hnojiva se zčásti zapravují již při orbě do větší hloubky, zčásti do menší hloubky před setím. Používají se draselné soli nebo síran hořečnatý - draselný, které nepozměňují půdní reakci a půda po nich nekornatí (Kubánek 2009). Podle Kunzové (2010) by se měl způsob a doba aplikace draselných hnojiv přizpůsobit půdnímu druhu. Na lehkých písčitéch půdách zejména v humidní oblasti by se mělo hnojit při předset'ové přípravě, na středně těžkých a těžkých půdách na podzim při orbě.

Síran hořečnatý - draselný je nejčastěji používaným hnojivem a jeho dávka se pohybuje v rozmezí 350 až 400 kg/ha. I draselná sůl je často používané hnojivo, jeho dávka činí 250 až



300 kg/ha (Sladký a kol., 2004). Honzík a kol. (2012) doporučují dávku 30 až 60 kg K/ha, zatímco Moudrý a kol., (2011) doporučují dávku 100 kg K/ha.

Draslík spolupůsobí při vývinu stonku a vláken, spolu s dusíkatým hnojením má největší vliv na výnos stonků a jakost vláken. Nejvíce draslíku potřebuje konopí ve fázi počátečního rychlého růstu stonku (Moudrý a kol., 2011), ale podle Finan a Burke (2013) jsou nároky konopí na výživu draslíkem malé.

V pokusech Finan a Burke (2013) bylo konopí hnojeno 0, 60, 90, 120 a 150 kg K/ha. Ve výsledcích nebyl pozorován významný vztah mezi výnosem a dávkou draslíku. Příjem draslíku rostlinami byl však významně nižší u rostlin, které byly hnojeny nejmenší dávkou draslíku (rostlina přijala 65 kg K/ha), než u rostlin s nejvyšší úrovní hnojení draslíkem (rostlina přijala 83 kg K/ha). Z této skutečnosti plyne, že konopí tuto makroživinu přijímá, i když pro jeho růst a vývoj není potřebná. V tomto pokusu byla také sledována distribuce draslíku v rostlině. Bylo zjištěno, že 70 - 75 % draslíku bylo uloženo ve stonku, a tak ho na poli zbylo velmi málo, protože kořeny a listy neobsahovaly větší množství draslíku.

V pokusu Tibeau (1936) aplikovaný roztok s vysokou koncentrací draslíku podpořil růst, zatímco roztok s deficitní na draslík vykazoval známky retardace.

#### **3.6.1.4 Vliv výživy vápníkem**

Vápník je komponentem několika primárních a sekundárních minerálů, které jsou v podstatě nerozpustné a nevyužitelné v rostlinné výrobě. Rostlinami využitelný vápník je adsorbován v půdním sorpčním komplexu jako  $\text{Ca}^{2+}$  (Mihoc a kol., 2012).

Dostatek vápníku v půdě má velký význam z hlediska chemických, fyzikálních i biologických procesů (eliminace iontů  $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ , koagulace koloidů, sycení sorpčního komplexu, výskyt a aktivita mikroorganismů aj.). Obsah celkového vápníku v půdě se může pohybovat v rozmezí od 0, 15 % až do 10 % (Vaněk a kol., 2016).

Vápnění bývá nezbytné i na neutrálních půdách, neboť konopí má velkou spotřebu vápníku pro růst jeho kořenového systému, stonků i semene (Sladký a kol., 2004). Spotřeba vápníku je nevyšší ze všech živin, z 1 ha konopí odejme při výnosu 10 t/ha suché hmoty asi 245 kg Ca/ha (Moudrý a kol., 2011). Honzík a kol., (2012) uvádějí, že při výnosu 8 - 10 t/ha suché hmoty se odběr vápníku pohybuje v rozmezí 151 - 227 kg Ca/ha.

Aplikace vápníku je vhodná k předplodině, nebo se mohou používat průmyslová hnojiva obsahující vápník v průběhu vegetace. Příkladem hnojiva, které je možné použít během

vegetace je ledek vápenatý, který se aplikuje na list dříve, než rostlina dosáhne výšky 10 - 15 cm (Kubánek 2009).

Důležitým předpokladem omezení výskytu poruch, způsobených nedostatkem vápníku, je zajištění správného poměru K : Ca. Většinou se musí omezit hnojení draselnými hnojivy a je zapotřebí zvýšit přísun organické do půdy, čímž se vytvoří lepší podmínky pro příjem vápníku rostlinami (Vaněk a kol., 2016).

Tibeau (1936) ve svém pokusu porovnával účinek hnojení vysokými dávkami makroprvků. Výsledkem hnojení vápníkem byly nejmenší rostliny ze všech porovnávaných variant. Rostliny však měly tmavě zelenou barvu a vypadaly zdravě. Rostliny bez dodaného vápníku byly zakrslé, jedenáctý článek rostlin bez vápníku sotva dosahoval na osmý článek rostlin vápníkem hnojených.

V pokusu Mihoc a kol. (2013) byla zkoumána akumulace vápníku v konopném semeni u 5 rumunských odrůd: Diana, Zenit, Armanca, Silvana a Denise, přičemž zásoba vápníku v půdě byla pro všechny odrůdy dostačující. Bylo zjištěno, že vápník nejlépe akumuluje v semeni odrůda Zenit (9547 mg/kg) a nejhůře odrůda Armanca (1440 mg/kg).

V pokusu Le Troedec (2007) byla konopná vlákna namáčena do roztoku obsahujícího vysokou koncentraci  $\text{Ca}^{2+}$ . Bylo vyzorováno, že ionty vápníku mají vliv na morfologické vlastnosti konopného vlákna, protože indukují jejich separaci zvláště za vysokých hodnot pH.

### **3.6.1.5 Vliv výživy hořčíkem**

Pro výživu rostlin je kromě hořčíku obsaženého v půdním roztoku významný  $\text{Mg}^{2+}$  sorbovaný na půdní koloidy. V sumě kationtů by měl hořčík obsazovat 10 - 15 % kationtové výměnné kapacity v půdním sorpčním komplexu (Vaněk a kol., 2016).

Pro rostliny konopí je hořčík významný tím, že zajišťuje dobrý zdravotní stav rostliny a tvorbu chlorofylu. (Sladký a kol., 2004). V chlorofylu je vázáno asi 15 - 20 % z celkového množství hořčíku v rostlinách. Pokud má rostlina hořčíku nedostatek, může ho být do chlorofylu navázáno až 30 %. Výrazný nedostatek má za následek omezení jeho tvorby (Vaněk a kol., 2007). Listy tedy trpí chlorózou a také mají menší vzrůst (Mihoc a kol., 2013). V pokusu Tibeau (1936) sice rostliny při nedostatku hořčíku chlorózou trpěly, nebyl však pozorován žádný vliv na jejich růst.

Hořčík je komponentem konopného oleje a přispívá k utváření konopných semen. Větší akumulaci hořčíku způsobuje draslík, pokud je v konopném semeni více draslíku, nachází se v něm pak i více hořčíku, jak bylo ověřeno v pokusu (Mihoc a kol., 2013).

Pro vytvoření jedné tuny semene je potřeba 2, 2 kg hořčíku, na 1 t stonků je pak potřeba 1, 5 kg (Honzík a kol., 2012).

V pokusu Tibeau (1936) rostliny konopí hnojené vysokou dávkou hořčíku byly větší než rostliny jím nehnojené, markatní rozdíl byl však pozorován v barvě listů. U nehnojených rostlin docházelo v pozdějších fázích vývoje až k chlorózám.

#### **3.6.1.6 Vliv výživy sírou**

Síra je přijímána rostlinami převážně jako aniont  $\text{SO}_4^{2-}$  z půdy. Příjem je jen málo ovlivňován ostatními ionty v půdním roztoku i půdními vlastnostmi. Rostlina může síru přijmout také z ovzduší, kde se ale její koncentrace v důsledku současného menšího znečištění ovzduší významně snížily (Vaněk a kol., 2016).

Rostliny konopí mají efektivní kořenový systém, a tak můžou být vitální i na půdách na síru deficitních. To potvrdily výsledky pokusu Vera a kol. (2009), kde rostliny konopí rostly na půdách deficitních na síru. Když bylo na těchto půdách použito sirnaté hnojivo, nepřineslo to žádný efekt na výnos biomasy i semene.

#### **3.6.2.1 Význam mikroživin**

Ze stopových prvků nacházejících se v půdě nesmí rostlinám konopí chybět přístupná měď, bor, mangan a selen (Honzík a kol., 2012).

V pokusu Mihoc a kol. (2013) při pěstování několika odrůd konopí vysoké dávky fosforečného hnojiva snižovaly přijatelnost železa a zinku, draselná a fosforečná hnojiva mohou snižovat i příjem manganu. Negativně na příjem železa pravděpodobně působil i zvýšený příjem nitrátové formy dusíku, protože mohl způsobovat imbalance v poměru mezi anionty a kationty. Nedostatek zinku způsoboval zvýšený příjem železa, v některých případech až na hranici toxicity a naopak velké množství zinku v půdě redukovalo příjem železa. Velké množství železa negativně ovlivňovalo i příjem manganu. Železo také spolu s draslíkem působí na tvorbu konopného vlákna, vztah železa a draslíku však ještě není dostatečně prozkoumán. Zinek a měď mají stejný mechanismus příjmu. Vyšší koncentrace jednoho z nich ruší příjem druhého. V tomto pokusu byl sledován vliv odrůdy, hnojení a vzdálenosti řádků na obsah manganu v semeni. Statistické modely metody ANOVA ale nenalezly patrný vliv. Dále byl

pozorován vliv různých odrůd konopí na akumulaci kadmia v semeni a bylo zjištěno, že odrůda má na obsah tohoto prvku v semeni extrémní vliv.

Konopí má výborné fyto-remediační schopnosti co se týče odstraňování těžkých kovů z půdy, jakým je například kadmium, protože je dokáže svými kořeny vytahovat a ukládat je ve stonku. Během několika sezón dokáže doslova vyčistit půdu od těchto prvků (Kubánek 2009).

### **3.7 Bioplynová stanice a její produkty**

V současné době je v celosvětovém měřítku kladen důraz na využívání obnovitelných zdrojů pro produkci biopaliv. Vhodné využití biomasy jako zdroje energie může redukovat závislost na fosilních palivech a může snížit produkci skleníkových plynů v souladu s cíli Evropské unie (Kreuger a kol., 2010).

Bioplynové stanice (BPS) jsou dnes rozšířeny biotechnologií, využívající procesu anaerobní fermentace pro řízenou konverzi organického uhlíku, obsaženého v biologicky rozložitelných materiálech za nepřístupu vzduchu (anaerobní podmínky) na finální produkty, kterými jsou bioplyn a fermentační zbytek (Vítěz a kol., 2013).

Závazkem České republiky Evropské unii je produkce minimálně 13 % energie z obnovitelných zdrojů (směrnice OZE 28/2009/ES). Zatímco v roce 2002 bylo v České republice pouze 11 bioplynových stanic, v roce 2013 jich bylo 481 a jejich počet stále mírně narůstá. V posledních letech tak výrazně stoupla produkce bioplynu mezofilní anaerobní fermentací, a to zvláště z biomasy pěstované na zemědělské půdě (Tlustoš a kol., 2013).

V pokusu Kreuger a kol. (2010) bylo zjištěno, že použití rostlin konopí jako materiálu pro bioplynovou stanici je vhodné, protože zajistí vysoký výnos methanu. V pokusu byl také zkoumán vliv termínu sklizně na výnos methanu. Ukázalo se, že nejvhodnější termín sklizně byl v září, následoval říjen, srpen a červenec.

V případě anaerobní fermentace rostlinné biomasy jsou hlavním zdrojem bioplynu polysacharidy celulóza a hemicelulóza, respektive škrob. Hemicelulózy společně s celulózovými polysacharidy a ligninem vytvářejí vlákninu. Lignin je nejhůře rozložitelnou částí rostlinných buněk a jeho obsah se obecně zvyšuje se stárnutím rostliny. Obsah methanu v bioplynu se u substrátů s dominantním obsahem sacharidů pohybuje v rozmezí 50 - 55 %. Výhodou bioplynu z rostlinných materiálů, např. oproti kejďe prasat, je nízká koncentrace sulfanu, pohybující se řádově v desítkách miligramů v m<sup>3</sup> bioplynu (Neružil a kol., 2016).

### **3.7.1 Digestát**

Vedlejším produktem při procesu výroby bioplynu je digestát, který je tvořen zbytky surovin prošlými mezofilní anaerobní fermentací. Složení a kvalita digestátu velmi záleží na surovinách vložených do bioplynové stanice (Al Seadi a kol., 2013).

Na zemědělských bioplynových stanicích je možno zpracovávat například kejdu prasat a skotu, hnůj prasat, skotu, koní, králíků a koz se stelivem a drůbeží exkrementy. Co se týče zpracování surovin rostlinného původu, nejčastěji se uplatňuje kukuřice, seno, senáže a různé zbytky rostlin (Vítěz a kol., 2013). Důležitou surovinou, použitelnou pro mezofilní anaerobní fermentaci a následnou produkci methanu, může být také gastroodpad. Využití k těmto účelům redukuje jeho rizikovost pro lidské zdraví a životní prostředí a také zvyšuje životnost skládek (Parra-Orobio a kol., 2016).

Digestát obsahuje přístupné i vázané živiny a organickou hmotu. Tyto vlastnosti digestátu umožňují jeho využití jako hnojiva (Tlustoš a kol., 2013).

Digestát může být neupravený, nebo může být upraven použitím rozličných technologií a ošetření obecně známých jako zpracování digestátu. Zpracováním digestátu v kompostárnách může být vyprodukováno komerčně využitelné organické hnojivo, ale špatnou úpravou se může výrazně snížit množství živin, což může vést až k nevyužitelnosti finálního produktu. (Al Seadi a kol., 2013).

Kromě majoritního využití digestátu při aplikaci na zemědělskou půdu nachází digestát též uplatnění jako vstupní materiál v kompostárnách, rekultivační materiál mimo zemědělskou a lesnickou půdu nebo po vysušení jako palivo (Vítěz a kol., 2013).

### **3.7.2 Separát a fugát**

Digestát často bývá v rámci provozu bioplynových stanic separován na pevnou a kapalnou část. Pevná část se nazývá separát a kapalná fugát (Míchal a kol., 2017). Pro optimalizaci využití separátu jako pěstebního substrátu je nutno znát hodnotu jeho pH, elektrickou vodivost (EC) vodního výluhu (charakterizuje obsah rozpustných solí) a obsah přijatelných živin (obsah dusíku v nitrátové a amonné formě, P, K, Mg, Ca), důležitý je i obsah přijatelných mikroživin (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo) (Tlustoš a kol., 2013).

Fugát se sušinou do cca 5 % a hodnotou pH cca 7, 5 - 8, 5 obsahuje relativně velké množství živin - hlavně amoniakální dusík. Ten se vyskytuje ve dvou disociačních formách, kterými jsou amonný kationt ( $\text{NH}_4^+$ ) a nedisociovaný amoniak ( $\text{NH}_3$ ). Poměr těchto forem je

dán fyzikálně - chemickými podmínkami, přičemž zásadní význam má v tomto ohledu zejména hodnota pH a teplota. Poměrně vysoký je ve fugátu i obsah draslíku, hořčíku, vápníku a fosforu (Míchal a kol., 2017).

### **3.8 Legislativa využívání separátu a fugát**

#### **3.8.1 Rozdělení bioplynových stanic**

Bioplynové stanice dělíme podle druhu zpracovávaného materiálu a v souladu s metodickým pokynem Ministerstva životního prostředí, k podmínkám schvalování bioplynových stanic před uvedením do provozu, na zemědělské bioplynové stanice, čistírenské bioplynové stanice a ostatní bioplynové stanice.

Na zemědělských bioplynových stanicích není podle zákona č. 185/2001 Sb. možno zpracovávat odpady ani jiné materiály, které spadají pod Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu a získané produkty, které nejsou určeny k lidské spotřebě.

V případě, že bioplynová stanice jako vstupní suroviny využívá bioodpady, musí provozovatel postupovat v souladu s vyhláškou č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady. Seznam bioodpadů využitelných v zařízení k využívání bioodpadů včetně seznamu bioodpadů využitelných v malém zařízení podle § 33b odst. 1 písm. a) zákona o odpadech a požadavky na kvalitu odpadů vstupujících do technologie jejich materiálového využívání uvádí výše citovaná vyhláška, včetně požadavků na fermentační zbytek vystupující z této technologie. Pokud je fermentační zbytek produkován na bioplynové stanici, kde jsou zpracovávány vedlejší živočišné produkty, spadají tyto BPS pod působnost Nařízení ES č. 1069/2009 a musí plnit podmínky tohoto nařízení. Tyto BPS musí být schválené příslušnou Krajskou veterinární správou.

#### **3.8.2 Aplikace fermentačního zbytku na zemědělskou půdu**

Aplikace fermentačního zbytku na zemědělskou půdu se řídí zákonem č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a vyhláškou Ministerstva zemědělství 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů.

V příloze č. 3 vyhlášky č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů, je fermentační zbytek ve skupině organická a organominerální hnojiva. Fermentační zbytek musí splňovat limitní obsahy rizikových prvků uvedených v příloze č. 1, tabulka č. 2 vyhlášky 474/2000 Sb., a to v závislosti na obsahu sušiny.

Tabulka č. 2 Limitní obsahy rizikových prvků ve fermentačním zbytku podle přílohy č. 1 vyhlášky 474/2000 Sb. (Vítěz a kol., 2013)

Obsah prvku (mg/kg)	As	Cr	Cu	Mo	Ni	Zn	Cd
Sušina > 13 %	20	100	150	20	50	600	2
Sušina < 13 %	20	100	250	20	50	1200	2

Fermentační zbytek je podle zákona č. 254/2001 Sb. o vodách ve znění pozdějších předpisů zařazen mezi závadné látky. Osoby manipulující s tímto materiálem jsou povinné zamezit vniku do podzemních a povrchových vod. Fermentační zbytek tak smí být aplikován pouze na pozemky, kde není provedena meliorace. Fermentační zbytek je rovněž zakázáno aplikovat na zamokřenou půdu, půdu pokrytou sněhem nebo promrzlou půdu. Při hnojení na svažitéch pozemcích se sklonem k vodnímu toku musí být zachován ochranný pás prostý aplikace fermentačního zbytku.

Podle zákona o vodách a na základě Směrnice Rady 91/676/EHS o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů bylo vydáno Nařízení vlády č. 103/2003 Sb. Podle tohoto nařízení se fermentační zbytek řadí do dusíkatých hnojivých látek. Může být dále zařazen do hnojiv s rychle uvolnitelným dusíkem, v nichž je poměr uhlíku k dusíku nižší než 10, a do hnojiv s pomalu uvolnitelným dusíkem, v nichž je poměr uhlíku k dusíku roven nebo je vyšší než 10. Zemědělský pozemek s jednoletou plodinou na orné půdě nebo připravený pro založení porostu jednoleté plodiny nesmí být hnojen fermentačním zbytkem s poměrem C : N > 10 v období od 1. 6. do 31. 7. (výjimkou může být pouze následné pěstování ozimých plodin a meziplodin). V případě hnojení pozemku s pěstovanou jednoletou plodinou nebo pozemku připraveného k založení jednoleté plodiny nesmí být hnojení fermentačním zbytkem s C : N < 10 v období 15. 11. až 31. 1. Na půdách bez rostlinného pokryvu se sklonitostí nad 12° je aplikace fugátu nevhodná.

U porostů se sklonitostí nad 7° je při aplikaci fugátu vyžadováno vyloučení hnojení v pásu nejméně 25 m od břehové čáry. V případě hnojení pozemku s pěstovanou jednoletou plodinou nebo pozemku připraveného k založení jednoleté plodiny nesmí být hnojení fermentačním zbytkem s C : N < 10 v období 15. 11. až 31. 1. Na půdách bez rostlinného pokryvu se sklonitostí nad 12° je aplikace fugátu nevhodná. U porostů se sklonitostí nad 7° se při aplikaci fugátu vyžaduje vyloučení hnojení v pásu nejméně 25 m od břehové čáry. (Vítěz a kol., 2013).

## 4 Materiál a metody

### 4.1 Založení pokusu

Součástí této bakalářské práce byl polní pokus, při němž byly pěstovány rostliny technického konopí setého. Pokus byl proveden na demonstračním a pokusném pozemku České zemědělské univerzity v Praze, který je charakteristický velmi teplým a suchým klimatem v rámci podnebí České republiky. Co se týče půdního druhu a typu, nachází se zde hlinitá černozem. Konopí bylo zaseto 23. 5. 2016 a sklizeno 8. 9. 2016, což představuje 108 dní vegetace.

#### 4.1.1 Charakteristika použitých rostlin

Při pokusu byly použity 2 odrůdy konopí setého (*Cannabis sativa L.*), aby bylo možno porovnat jejich odezvu na hnojení vybranými druhy hnojiv. Maďarská odrůda *Fibrol* je jednodomá a vyznačuje se dlouhou vegetační dobou. Rostliny jsou odolné proti poléhání, začátek kvetení je pozdní. Výnos neroseného stonku a obsah vlákna ve stoncích je střední. Výnos semene je vysoký. Rostliny v České republice dorůstají výšky 2, 5 - 3,5 m a jejich stonky obsahují asi 23 % vlákna. Tato odrůda obsahuje 0,07 % THC, čímž splňuje limitní obsah této látky, určený legislativou České republiky a je na seznamu registrovaných odrůd ČR. *KC - Dora* je jednodomá středně pozdní odrůda, ale nejpozdnější ze všech jednodomých maďarských odrůd. Svou technickou zralost dosahuje ve 105 - 110 dnech stáří, při pěstování na semeno vegetační doba trvá 140 dnů. Výnos stonku, který dosahuje výšky 2 - 2,5 m je vysoký a obsahuje asi 24 % vlákna, výnos semen je dobrý. Obsah THC v rostlinách je menší než 0,2 % a v České republice *KC - Dora* figuruje v seznamu registrovaných odrůd. Osivo bylo zakoupeno od společnosti Hempoint s. r. o.

#### 4.1.2 Výsev a hnojení rostlin

Pro tento polní pokus byl vyměřen pozemek o rozloze 26, 5x11 m, který byl rozdělen na 18 stejně velkých parcel o rozloze 5x2,5 m. Devět parcel nacházejících se vedle sebe mělo mezi sebou 0,5 m velkou mezeru a devět parcel nad nimi bylo vzdáleno 1 m. Při setí byla na jednu polovinu každé z parcel vyseta odrůda *Fibrol* a na druhou polovinu odrůda *KC - Dora*. Do 14 cm vzdálených řádků bylo do hloubky 3 cm vyseto 60 kg osiva/ha. V první variantě bylo před setím dodáno do půdy hnojivo NPK. Jako dusičné hnojivo byl použit ledek amonný s vápencem s obsahem dusíku 27%. Do půdy bylo dodáno celkem 15 kg N/ha (0,69 kg/12,5 m<sup>2</sup>). Fosfor byl do půdy dodán ve formě trojitého superfosfátu s 21 % fosforu. Jeho dávka činila 20 kg P/ha (0,120 kg/ha). Draslík byl dodán jako draselná sůl s obsahem draslíku 50 % v dávce 150 kg K/ha (0,375 kg/12,5 m<sup>2</sup>). Druhá varianta byla hnojena odpovídající dávkou separátu a



fugátu vzhledem k množství dusíku aplikovanému k první variantě a dávka 150 kg N/ha byla dodržena i u všech ostatních variant. V této kombinaci připadalo na separát 100 kg N/ha a na fugát 50 kg N/ha. Digestát, separát a fugát pocházely z bioplynové stanice, nacházející se v zemědělském družstvu Krásná Hora nad Vltavou a.s. Na této bioplynové stanici je anaerobně fermentována především hovězí kejda, travní senáž a kukuřičná siláž. Výsledným produktem je digestát, jehož separací vzniká separát a fugát. Pro dodání 150 kg N/ha bylo na 1 parcelu potřeba dodat 22,93 separátu (dodán před setím) a 18,01 kg fugátu (dodán v průběhu vegetace). Třetí varianta byla hnojena digestátem, 30,19 kg bylo aplikováno před setím a 15,09 kg připadlo na přihnojení v průběhu vegetace rostlin. Čtvrtá varianta byla hnojena separátem pouze před setím, pro dodání 150 kg N/ha bylo potřeba 34,4 kg /12,5 m<sup>2</sup>. Pátá varianta byla hnojena kompostovaným separátem, celková dávka 150 kg N/ha byla aplikována před setím. V přepočtu na jednu parcelu dávka činila 27,86 kg/12,5 m<sup>2</sup>. Šestá varianta byla nehnojená a sloužila k porovnání chování rostlin při různých způsobech hnojení. Předset'ové zapravení hnojiv proběhlo 6. 5. 2016

Všechny varianty byly provedeny ve třech opakováních.

#### **4.1.3 Ošetřování porostu během vegetace**

Dne 21. 6. 2016 byl porost plečkován a přihnojen výše uvedenými dávkami hnojiv.

#### **4.1.4 Odběr vzorků zemin a sklizeň**

Odběr vzorků zemin byl proveden před setím 20. 5. 2016 a po sklizni 8. 9. 2016. Vzorky zemin se odebíraly u každé varianty do hloubky 20 cm půdní sondýrkou a následně byly zváženy a stanoveny obsahy základních agrochemických vlastností (% sušiny, hodnota pH) a obsahy živin. Sklizené rostliny byly rozděleny na kořen a nadzemní část a pro stanovení výnosu a obsahu živin v rostlinách byly hodnoceny kořeny, stonky a listy.

#### **4.1.5 Parametry aplikovaného separátu a fugátu**

Pro účel tohoto pokusu byl použit separát a fugát pocházející z BPS Krásná Hora nad Vltavou. Tabulky charakterizují jednotlivé parametry aplikovaného separátu a fugátu v suché hmotě. Separát měl výrazně vyšší sušinu než fugát. Ve fugátu byl vyšší obsah rozpustných solí. Z analýz byl zjištěn asi o polovinu vyšší obsah celkového dusíku v čerstvé hmotě v separátu. Úrovně ostatních makroživin a mikroživin stanovených v suché hmotě byly u obou surovin podobné.

Tabulka č. 3 Parametry aplikovaného separátu v suché hmotě

surovina	sušina (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	EC (mS/cm)	celkový N (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)
separát	21,3	8,5	2,7	25666	3030	29800	40811	3992	2400
	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	B (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	As (mg/kg)
	280	24	5	84	66	0,02	0,1	0,5	<0,03

Tabulka č. 4 Parametry aplikovaného fugátu v suché hmotě

surovina	sušina (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	EC (mS/cm)	celkový N (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)
fugát	6,98	8,1	<4	3650	3333	29988	38099	3402	2411
	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	B (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	As (mg/kg)
	223	24	6	70	82	<0,02	0,1	0,5	<0,03

## 4.2 Metody stanovení chemických vlastností zemin a rostlin

### 4.2.1 Stanovení obsahu dusíku v zeminách

Dusík byl stanoven ze zemin přeseťých sítím o průměru 5mm. Do plastových PE lahvíček bylo naváženo 10 g těchto zemin a bylo přidáno 100 ml 0,01 M CaCl<sub>2</sub>. Při otáčkách 160 rpm byly vzorky třepány 120 minut a poté přefiltrovány přes filtrační papír do zamrazovacích kivet. Z kivet byl dusík stanoven kolorimetrickou metodou na analyzátoru SKALAR SAN<sup>PLUS</sup> SYSTEM (Skalar, Holandsko).

### 4.2.2 Stanovení hodnoty pH a obsahu rozpuštěných solí

Pro stanovení hodnoty pH a obsahu rozpuštěných solí bylo do plastových PE lahvíček naváženo 10 g zemin, které byly zality 100 ml destilované vody. Z 10 minut třepaných výluhů pak byly za pomoci kalibrovaného pH metru a konduktometru HI 991300 Hanna Instruments zjištěny hodnoty pH a obsahu rozpustných solí.

## 5 Výsledky a diskuze

### 5.1 Průměrný výnos, počet a výška rostlin jednotlivých variant pokusu

Nejvyššího výnosu u odrůdy *Fibrol* (4, 41 t/ha) bylo dosaženo při hnojení dělenou dávkou separátu a fugátu. U této varianty byl také zjištěn vysoký počet rostlin na m<sup>2</sup> (151 ks/m<sup>2</sup>). U varianty hnojené digestátem, kde byl zjištěn nejnižší výnos (3, 1 t/ha), byl také na

jednom m<sup>2</sup> nejmenší počet rostlin (96 ks/m<sup>2</sup>). U odrůdy *KC - Dora* byl nejvyšší výnos (4,514 t/ha) zjištěn při hnojení digestátem, a to při podprůměrném počtu rostlin na m<sup>2</sup> (112 ks/m<sup>2</sup>) v rámci jednotlivých variant. Tento výnos byl také nejvyšší v rámci obou odrůd. Podle Moudrého a kol. (2011), Honzika a kol., (2012) jsou průměrné výnosy suché hmoty 5 - 7 t/ha a v dobrých pěstebních podmínkách může výnos dosahovat až 12 t/ha. V pokusech společnosti Agritec plant research s. r. o. na Šumpersku byl průměrný výnos odrůdy *Fibrol 2*, 25 t/ha. Průměrný výnos v tomto pokusu byl 3, 75 t/ha. V pokusech společnosti Agritec plant research s. r. o. na Šumpersku byl průměrný výnos odrůdy *KC - Dora* 3, 3 t/ha, průměrný výnos v tomto pokusu byl 4,2 t/ha, odrůdy *KC - Dora* tedy lze z hlediska výnosu suché hmoty považovat za výnosnější. Nejnižší výnos odrůdy *Fibrol* ((3, 346 t/ha) byl pozorován u nehnojené varianty, což bylo pravděpodobně způsobeno menším obsahem dostupných živin v půdě, zejména dusíku. Podle Šnobla (2004) by měla dávka dusíku pro rostliny konopí činit asi 80 - 100 kg/ha. U odrůdy *KC - Dora* nehnojená varianta vykazovala jeden z nejvyšších výnosů (4,206 t/ha) v rámci obou odrůd. To může být způsobeno vyšší výnosností této odrůdy oproti odrůdě *Fibrol*.

U odrůdy *Fibrol* dosáhly největší výšky rostliny hnojené digestátem (232 cm), nejnižší byly rostliny hnojené NPK (200cm). Odrůda *KC - Dora* byla nejvyšší při hnojení dělenou dávkou separátu a fugátu (242 cm), nejnižší rostliny byly ty nehnojené (209 cm). Výška u obou odrůd byla podprůměrná (průměrná výška odrůdy *Fibrol* byla 222 cm a průměrná výška odrůdy *Kc - Dora* byla 227 cm), Kubánek (2009) uvádí, že odrůdy konopí středoevropského typu dorůstají výšky 2,5 - 7 m. U odrůd *Fibrol* a *KC - Dora* pěstovaných společností Agritec plant research s. r. o. v roce 2014 na Šumpersku byla průměrná výška rostlin 205 cm a 276 cm.

Z výsledků pokusu vyplývá, že vedlejší produkty bioplynové stanice lze doporučit jako hnojivo, protože jejich účinek dokáže plně nahradit průmyslové hnojivo NPK.

Tabulka č. 5 Průměrný výnos suché hmoty, počet a výška rostlin jednotlivých variant pokusu

Odrůda	Varianta	Výnos (t/ha)	Počet rostlin (ks/m <sup>2</sup> )	Výška rostlin (cm)
<b>Fibrol</b>	<b>NPK</b>	3,9 ± 0,66	112 ± 13,7	200 ± 42,5
	<b>Separát + Fugát</b>	4,414 ± 1,08	151 ± 14,8	230 ± 28,5
	<b>Digestát</b>	3,1 ± 0,24	96 ± 9,0	232 ± 47,8
	<b>Separát</b>	4,3 ± 0,69	153 ± 67,6	227 ± 29,3
	<b>Kompostovaný separát</b>	3,444 ± 0,62	110 ± 14,8	228 ± 38,8
	<b>Nehnojená varianta</b>	3,346 ± 0,41	116 ± 55,4	213 ± 44,3
<b>Kc - Dora</b>	<b>NPK</b>	4,231 ± 0,74	98 ± 10,0	223 ± 15,8
	<b>Separát + Fugát</b>	4,096 ± 1,04	115 ± 5,0	242 ± 36,1
	<b>Digestát</b>	4,514 ± 0,28	112 ± 40,7	240 ± 43,0
	<b>Separát</b>	4,096 ± 0,58	135 ± 53,8	225 ± 24,2
	<b>Kompostovaný separát</b>	4,096 ± 0,8	137 ± 14,6	223 ± 31,9
	<b>Nehnojená varianta</b>	4,206 ± 0,83	131 ± 67,6	209 ± 28,3

## 5.2 Hodnocení parametrů aplikovaného separátu a fugátu

Obsah sušiny separátu je téměř shodný s údajem publikovaným Vítězem a kol., (2013), kteří obsah sušiny separátu udávají po odvodnění odstředivkou. Vítěz a kol. (2013) dále uvádí obsah sušiny po odvodnění pásovým a šnekovým lisem, jejichž použitím obsah sušiny v separátu výrazně klesá. Hodnota sušiny fugátu je asi dvojnásobná oproti údajům uváděným Vítězem a kol., (2013).

Obsah makroživin a mikroživin v separátu a fugátu je přibližně stejný jako údaje, které udávají Tlustoš a kol., (2013).

Hodnota pH fugátu dosáhla hodnoty 8, 1 - mírně nižší hodnoty uvádějí i Míchal a kol., (2017). Hodnota pH separátu byla o 0,5 nižší, než hodnota pH separátu uváděná Tlustošem a kol. (2013), kteří hodnotili separát pocházející z totožné bioplynové stanice (Krásná Hora nad Vltavou).

Obsah rizikových prvků aplikovaného separátu a fugátu splňoval parametry, které stanovuje zákon č. 131/2014.

Výsledky pokusu potvrzují tvrzení Al Seadi a kol., (2013) o vhodnosti použití fermentačních zbytků pro výživu rostlin.

### **5.3 Hodnocení parametrů zemin před a po sklizni**

Tabulky č. 6 a č. 7 uvádějí hodnoty pH, elektrické vodivosti, sušiny, amonného a nitrátového dusíku před setím a po sklizni.

Hodnoty sušiny se pohybovaly před setím i po sklizni v rozmezí 72,5 až 92 %.

Hodnoty pH před setím se pohybovaly kolem 7,8, po sklizni bylo pH přibližně 8,1. U všech variant pokusu došlo v mezičase od zasetí ke sklizni k nárůstu hodnot pH. U nehnojené varianty byl rozdíl v pH nejmenší, což může poukazovat na to, že použítá hnojiva, která všechna byla zásaditého charakteru, měla vliv na jeho hodnotu.

Hodnoty elektrické vodivosti vzorků zemin byly u všech variant zřetelně menší po sklizni oproti hodnotám naměřeným před setím, což je důkazem využití živin rostlinami konopí.

Výsledky měření obsahu amonného a nitrátového dusíku v půdních vzorcích před setím a po sklizni, uvedené v tabulkách č. 6 a č. 7 ukazují, že rostliny aplikovaný dusík většinou využily pro tvorbu biomasy. U některých variant byly však hodnoty amonného dusíku vyšší po sklizni než před setím, což může být způsobeno aditivní tvorbou amonného dusíku v průběhu vegetace.

Obsah amonného a nitrátového dusíku byl u obou odrůd nejvyšší, a to výrazně, u variant hnojených NPK. To bylo pravděpodobně způsobeno rychlým uvolněním dusíku z tohoto hnojiva do půdy. U ostatních druhů hnojiv byl dusík do půdy uvolňován pomaleji, výsledky měření obsahu dusíku v půdě před setím tak byly výrazně nižší. I pomaleji uvolnitelný dusík však rostliny dokázaly využít, což dokazují nejvyšší výnosy při hnojení hnojivou s pomaleji uvolnitelným dusíkem.

Tabulka č. 6 Obsah sušiny, hodnota pH, elektrické vodivosti a obsah minerálního dusíku v půdě před setím

Odrůda	Varianta	Sušina (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	EC (μS/cm)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
<b>Fibrol</b>	<b>NPK</b>	92,04 ± 1,4	7,63 ± 0,12	326,7 ± 24,1	183,61 ± 47,7	128,8 ± 27,8
	<b>Separát + Fugát</b>	88,07 ± 2,6	7,74 ± 0,14	150 ± 11,8	24,95 ± 9,0	17,91 ± 12,0
	<b>Digestát</b>	85,41 ± 20,5	7,76 ± 0,2	169,7 ± 6,8	26,32 ± 10,4	13,07 ± 1,9
	<b>Separát</b>	72,5 ± 17,8	7,69 ± 0,11	142,7 ± 2,9	25,23 ± 6,5	24,86 ± 7,2
	<b>Kompostovaný separát</b>	88, 41 ± 19,4	7,93 ± 0,19	184 ± 31,3	17,63 ± 6,3	10,32 ± 1,2
	<b>Nehnojená varianta</b>	88,82 ± 2,0	7,98 ± 0,11	173,7 ± 36,9	16,11 ± 5,4	9,72 ± 0,7
<b>Kc - Dora</b>	<b>NPK</b>	92,04 ± 1,4	7,63 ± 0,12	326,7 ± 24,1	177,07 ± 49,2	121,45 ± 15,7
	<b>Separát + Fugát</b>	88,07 ± 2,6	7,74 ± 0,14	150 ± 11,8	21,28 ± 6,0	14,87 ± 8,5
	<b>Digestát</b>	88,12 ± 20,5	7,76 ± 0,2	169,7 ± 6,8	26,14 ± 13,0	15,58 ± 7,8
	<b>Separát</b>	72,5 ± 17,8	7,69 ± 0,11	142,7 ± 2,9	27,5 ± 9,6	25,41 ± 12,1
	<b>Kompostovaný separát</b>	88, 41 ± 19,4	7,93 ± 0,2	184 ± 31,3	14,82 ± 0,5	8,17 ± 2,9
	<b>Nehnojená varianta</b>	88,82 ± 2,0	7,98 ± 0,1	173,7 ± 36,9	14,1 ± 3,2	10,88 ± 0,4

Tabulka č. 7 Obsah sušiny, hodnoty pH, elektrické vodivosti a obsah minerálního dusíku v půdě po sklizni rostlin

Odrůda	Varianta	Sušina	pH (H <sub>2</sub> O)	EC (μS/cm)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
<b>Fibrol</b>	<b>NPK</b>	91, 62 ± 0,9	8,13 ± 0,02	121,83 ± 20,2	7,85 ± 2,9	23,38 ± 12,5
	<b>Separát + Fugát</b>	87,23 ± 9,7	8,14 ± 0,03	112 ± 25,9	5,94 ± 0,8	10,7 ± 32,3
	<b>Digestát</b>	88, 24 ± 1,4	8,1 ± 0,03	120,67 ± 15,0	5,01 ± 20,3	26,93 ± 10,5
	<b>Separát</b>	78,15 ± 17,0	8,1 ± 0,06	96,17 ± 11,0	3,64 ± 1,0	10,15 ± 2,9
	<b>Kompostovaný separát</b>	85,98 ± 8,0	8,14 ± 0,09	106,5 ± 47,6	15,62 ± 34,7	14,31 ± 23,5
	<b>Nehnojená varianta</b>	92,55 ± 0,9	8,07 ± 0,08	183,5 ± 5,8	6,17 ± 3,4	9,35 ± 1,5
<b>Kc - Dora</b>	<b>NPK</b>	92,61 ± 2,1	8,12 ± 0,09	107 ± 11,1	5,33 ± 1,0	11,6 ± 2,4
	<b>Separát + Fugát</b>	89,7 ± 7,0	8,05 ± 0,05	107,83 ± 12,2	8,62 ± 0,4	9,21 ± 0,9
	<b>Digestát</b>	85,27 ± 14,6	8,1 ± 0,08	131,5 ± 180,6	19,95 ± 0,5	20,77 ± 2,1
	<b>Separát</b>	92,5 ± 1,5	8,09 ± 0,05	97,16 ± 16,2	8,38 ± 5,9	11,15 ± 1,2
	<b>Kompostovaný separát</b>	79, 05 ± 30,2	8,13 ± 0,07	83,16 ± 7,0	7,7 ± 3,2	5,46 ± 9,2
	<b>Nehnojená varianta</b>	92, 28 ± 2,1	8,11 ± 0,06	97,67 ± 18,4	6,09 ± 0,9	3,84 ± 1,1

## 6 Závěrečné shrnutí

V literární rešerši byla nejprve uvedena historie pěstování konopí setého. Konopí je historicky významnou rostlinou, která našim předkům sloužila jako hlavní zdroj vlákn. Následoval popis botanické charakteristiky rostliny. Kořenový systém je vůči nadzemní části rostliny vyvinut slabě, stonky po celé délce rostliny obsahují pevná vlákna s důležitou mechanickou funkcí. Ze shromáždění dostupných informací o nezemědělském využití konopí vyplynula jeho vhodnost pěstování při snaze odstranit těžké kovy z půdy. V průmyslovém odvětví se uplatní pevné konopné vlákno, bohaté na obsah celulózy a konopné semeno, obsahující cenné látky nejen pro výživu člověka. Dále byla popsána problematika legislativy spojená s pěstováním konopí v České republice a pravidla pro aplikování fermentačních zbytků. Následně byly popsány agrotechnické požadavky na pěstování. Konopí je rostlina, jejíž pěstování je možné v širokém rozpětí ekologických podmínek, nenáročná z hlediska zařazení v osevním postupu a ochrany proti chorobám a škůdcům. Největší pozornost byla zaměřena na problematiku výživy konopí setého. Konopí je rostlina náročná na hnojení. Pro dobrý výnos stonku je třeba konopí hnojit zejména dusíkem. Při pěstování na semeno je vhodná vysoká dávka fosforu.

Přesný polní experiment, provedený v rámci této bakalářské práce, ukázal vhodnost použití fermentačních zbytků jako hnojiv. Nejvyšší výnos odrůdy *Fibrol* byl zjištěn při aplikaci dělené dávky separátu a fugátu. Nejvyšší výnos odrůdy *KC - Dora* byl zjištěn při aplikování digestátu. Při sledování změn vybraných parametrů v půdě po vysetí a po sklizni se prokázalo, že jednorázová aplikace minerálních hnojiv významně zvýšila obsah rozpustných solí a obsah obou forem minerálního dusíku v porovnání s hnojivy na bázi digestátu, po sklizni rostlin byl na většině variant z půdy odebrán téměř veškerý nitrátový dusík a značná část amonného. Významně nižší hodnota rozpuštěných solí v půdě po sklizni, v porovnání s hodnotami zjištěnými po zasetí konopí, potvrdila vysoký odběr dalších živin rostlinami konopí.



## 7 Seznam literatury

Al Seadi, T., Drosig, B., Fuchs, W., Rutz, D., Janssen, R. 2013. Biogas digestate quality and utilization. The Biogas Handbook. Elsevier 267 - 301.

Amaducci, S., Scordia, D., Liu, F. H., Zhang, Q., Guo, H., Testa, G., Cosentino, L. S. 2015. Key cultivation hemp techniques for hemp in Europe and China. Industrial crops and products 68 (1). 2 - 16.

Amaducci, S., Zatta, A., Raffanini, M., Venturi, G. 2008. Characterisation of hemp (*Cannabis sativa* L.) roots under different growing conditions. Plant and Soil 313 (1 - 2). 227 - 235.

Bjelková, M., Šmirous, P., Vrbová, M., Vaculík, A. Komplexní metodika pro pěstování konopí setého [online]. Šumperk. AGRITEC, výzkum, šlechtění a služby s. r. o. 2017. [cit 2017 - 15 - 3]. Dostupné z <http://www.agritec.cz/sites/default/files/978-80-87360-55-2.pdf>

Campiglia, E., Radicetti, E., Mancinelli, R. 2017. Plant density and nitrogen fertilization affect agronomic performance of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) in Mediterranean environment. Industrial Crops and Products. 100. 246 - 254.

Dupal, L., 2010 Kniha o marihuaně. Praha. Maťa. 173 s. ISBN 978 - 80 - 7287 - 136 - 0

Finan, J., Burke, B. 2013. Potassium fertilization of hemp (*Cannabis sativa*). Industrial crops and products. 41 (1). 419 - 422.

Honzík, R., Bjelková, M., Muñoz, J., Váňa, V. Pěstování konopí setého *Cannabis sativa* L. pro výrobu bioplynu Metodika pro praxi. 2012. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha. 29 s. ISBN 978 - 80-7427 - 127- 4.

Chailakhyan, Kh., M., Khryanin, V. N. 1978. The influence of growth regulators absorbed by root on sex expression in hemp plants. Plant. 138 (2) 181 - 184.

Chailakhyan, Kh., M., Khryanin, V. N. 1978. The Role of Roots in Sex Expression in Hemp Plants. Planta 138 (2) 185 - 187.

Cheng, X., Deng, G., Su, Y., Liu, J. J., Yang, Y., Du, G. H., Chen, Z. Y., Liu, F. H. 2016. Protein mechanisms in response to NaCl - stress of salt - tolerant and salt-sensitive industrial hemp based on iTRAQ technology. Industrial Crops and Products. 83. 444 - 452.

Iványi, I. 2011. Relationship between leaf nutrient concentration and yield of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.). Research Journal of Agricultural Science. 43 (3). 70 - 76.

- Ivanyi, I., Izsaki, Z. 1996. Effect of nutrient supplies on the nutrient uptake of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) during the vegetation period / A tapanyagellatas hatasa a rostkender (*Cannabis sativa* L.) tapelemfelvetelere a teneszido folyamán. *Novenytermeles (Hungary)*. 45 (2). 181-193.
- Ivanyi, Ildiko, Izsaki, Z. 2009. Effect of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Fertilization on Nutritional Status of Fiber Hemp. *Communications in soil science and plant analysis* 40 (1 - 6).
- Izsáki, Z., Iványi, I. 2005. Effect of Nutrient Supply on the Quality of Linseed and Hempseed. *Journal of Natural Fibers*. 1 (4). 59 - 75.
- Kryszak, N., Chudy, M., Konczewicz, W., Romanowska, B., Oleszak, G. 2016. The Fiber Content in Fibrous Hemp Depending on Selected Agrotechnical Factors. *Plant Breeding and Seed Science* 73 (1). 3 - 12.
- Kubánek, V. 2009. Konopí a mák: (pěstování, výroby, legislativa). V *Tribunu EU* vyd. 2. *Tribun EU*. Brno. 152 s. ISBN: 978 - 80 - 7399 - 895 - 0.
- Kunzová, E. 2010. Výživa rostlin a hnojení draslíkem. *Výzkumný ústav rostlinné výroby*. Praha. 22 s. ISBN: 978 - 80 - 7427 - 066 - 6.
- Liu, M., Fernando, D., Daniel, G., Madsen, B., Meyer, A. S., Ale, M. T., Thygesen, A. 2015. Effect of harvest time and field retting duration on the chemical composition, morphology and mechanical properties of hemp fibers. *Industrial Crops and Products*. 69. 29 - 39.
- McPartland, J. M., Clarke, R. C., Watson, D. P. c2000. *Hemp diseases and pests: management and biological control : an advanced treatise*. CABI Pub. New York, N. Y. 251 s. ISBN: 0851994547
- Menge - Hartmann, U., Hoepfner F. 1995. Influence of varied cultivation conditions on the development of fibres of two fibre hemp varieties. *Landbauforschung Voelkenrode (Germany)* 45 (4). 168 - 176.
- Merdan, N., 2017. Effects of Environmental Surface Modification Methods on Physical Properties of Hemp Fibers. *Materials science (Medžiagotyra)*. 23 (4). 416 - 421.
- Mihoc, M., Pop, G., Alexa, E., Radulov, I. 2012. Nutritive quality of romanian hemp varieties (*Cannabis sativa* L.) with special focus on oil and metal contents of seeds. *Chemistry Central Journal* 6 (1).

- Mikanová, O., Šimon, T. 2011. Alternativní výživa rostlin fosforem. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 20 s. ISBN: 978 - 80 - 7427- 080 - 2.
- Miovský, M. 2008. Konopí a konopné drogy: adiktologické kompendium. Grada. Praha. 533 s. ISBN: 978-80-247-0865-2.
- Míchal, P., Švehla, P., Páček, L., Tlustoš, P. 2017. Zpracování kapalné fáze fermentačního zbytku biologickou nitrifikací a tepelným zahuštěním. Waste forum. 9 (4). 299 - 309.
- Mokhtari, V., Koocheki, A. R., Nassiri Mahaliti, M., Jahan, M. 2013. Comparison of water use efficiency between some crops and species. Iranian journal of field crops research. 11 (3). 401 - 407.
- Moudrý, J., Bárta, J., Bártová, V., Bubeník, J., Diviš, J., Dostálová, R., Hýbl, M., Konvalina, P., Ondřej, M., Peterka, J., Pexová Kalinová, J., Ponížil, A., Seidenglanz, M., Stražil, Z., Šmirous, P., Štolcová, M., Vaculík, A. 2011. Alternativní plodiny. Profi Press. Praha. 142 s. ISBN: 978 - 80 - 86726 - 40 - 3.
- Nerušil, P., Menšík, L., Houdek, I., Jurka, M., Stražil, Z., Kohoutek, A. 2016. Pěstování, produkce a kvalita píče vybraných odrůd trav a jejich směsek pěstovaných jako náhrada substrátu pro bioplynové stanice za kukuřičí setou: uplatněná certifikovaná metodika. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 27 s. ISBN: 9788074272004.
- Netsu, O., Kijima, T., Takikawa, Y. 2014. Bacterial leaf spot of hemp caused by *Xanthomonas campestris* pv. *cannabis* in Japan. Journal of General Plant Pathology. 80 (2). 164 - 168.
- Papastylianou, P., Kakabouki, I., Travlos, I. 2017. Effect of Nitrogen Fertilization on Growth and Yield of Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj - Napoca 46 (1). 197 - 201.
- Parra - Orobio, A. B., Donoso - Bravo, A., Torres - Lozada, P. 2017. Anaerobic digestion of food waste. Predicting of methane production by comparing kinetic models. Ingenieria Y Competitividad. 19 (1). 210 - 218.
- Prade, T., Finnel, M., Svensson, S - E., Mattson, E. J. 2012. Effect of harvest date on combustion related fuel properties of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). Fuel. 102. 592 -597.
- Robinson, R., 2000. Velká kniha o konopí. Volvox globator. Praha. 284 s. ISBN 80 - 7207 - 046 - 0
- Ruman, M., Konopí: staronový přítel člověka 2008. Zelená pumpa - Chraštické ekocentrum. 31 s. ISBN 978 - 80 - 254 - 1825 - 3.

- Sausserde, R., Adamovičs, A. 2013. Impact of nitrogen fertilizer rates on industrial hemp growth and development. [Research for Rural Development - International Scientific Conference](#). 50 - 55.
- Sister Mary Etienne Tibeau. 1936. Time Factor in Utilization of Mineral Nutrients by Hemp. *Plant Physiology*. 11 (4). 731.
- Sladký, V. 2004. Konopí, šance pro zemědělství a průmysl. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. Zemědělské informace. 64 s. ISBN: 80 - 7271 - 145 - 8.
- Sladký, V. Konopí - šance pro zemědělce i průmysl. [online]. Sborník o. s. Konopa. 2001. [cit. 2018-3-15]. Dostupné z <http://www.konopa.cz/pestovani/konopi-sance-pro-zemedelce-i-prumysl.html>
- Struik, P. C, Amaducci, S., Bullard, M. J., Stutterheim, N. C., Venturi, G., Cromack, H. T. H. 2000. Agronomy of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) in Europe. *Industrial crops and products* 11. 107 - 118.
- Šnobl, J. 2004. Rostlinná výroba IV: (chmel, len, konopí, využití biomasy k energetickým účelům).
- Tang, K., Struik, P. C., Amaducci, S., Stomph, T. - J., Yin, X. 2017. Hemp (*Cannabis sativa* L.) leaf photosynthesis in relation to nitrogen content and temperature: implications for hemp as a bio -economically sustainable crop. *GCB Bioenergy*. 9 (10). 1573-1587.
- Tang, K., Struik, P. C., Yin, X., Calzolari, D., Musio, S., Thouminot, C., Bjelková, M., Stramkale, V., Magagnini, G., Amaducci, S. 2017. A comprehensive study of planting density and nitrogen fertilization effect on dual-purpose hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivation. *Industrial Crops and Products*. 107 (2017). 427 - 438.
- Tlustoš, P., Kaplan, L., Száková, J., Dubský, M. Roubíková I., Šrámek, F. 2013. Využití pevné složky digestátu pro přípravu pěstebních substrátů: certifikovaná metodika. Česká zemědělská univerzita.v Praze. Praha. 20 s. ISBN: 978 - 80 - 213 - 2430 - 5.
- van der Werf, G. M. H., van der Berg W. 1995. Nitrogen fertilization and sex expresion affect size variability of fibre hemp. *Oecologia* 103 (4). 462 - 470.
- Vaněk, V., Balík, J., Pavlík, M., Pavlíková, D., Tlustoš, P. 2016. Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press. Praha. 224 s. ISBN: 978 - 80 - 86726 - 79 - 3.
- Vera, C. L., Malhi, S. S., Phelps, S. M., May, W. E., Johnson, E. N. 2010. N, P and S effects on Industrial hemp in Saskatchewan. *Canadian journal of plant science*. 90 (2). 179 - 184.

Vera, C. L., Malhi, S. S., Raney, P. J., Wang, Z. H. 2004. The effect of N and P fertilization on growth, seed yield and quality of industrial hemp in the Parkland region of Saskatchewan. Canadian journal of plant science. 84 (4). 939 - 947.

## **8 Seznam příloh**

### **Seznam tabulek**

Tabulka č. 1 Obsah oleje a mastných kyselin v konopném semeni (Moudrý a kol., 2011).....	8
Tabulka č. 2 Limitní obsahy rizikových prvků ve fermentačním zbytku podle přílohy č. 1 vyhlášky 474/2000 Sb. (Vítěz a kol., 2013) .....	30
Tabulka č. 3 Parametry aplikovaného separátu v suché hmotě .....	33
Tabulka č. 4 Parametry aplikovaného fugátu v suché hmotě .....	33
Tabulka č. 5 Průměrný výnos suché hmoty, počet a výška rostlin jednotlivých variant pokusu .....	35
Tabulka č. 6 Obsah sušiny, hodnota pH, elektrické vodivosti a obsah minerálního dusíku v půdě před setím.....	37
Tabulka č. 7 Obsah sušiny, hodnoty pH, elektrické vodivosti a obsah minerálního dusíku v půdě po sklizni rostlin .....	38