

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra kvality a bezpečnosti potravin**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Kultivace a selekce genotypů léčebného konopí (*Cannabis sativa* L.) na základě kvantitativních a kvalitativních parametrů**

**Diplomová práce**

**Bc. Leona Beránková**

**Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů**

**Ing. Anežka Janatová, Ph.D.**

© 2022 ČZU v Praze



## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci Kultivace a selekce genotypů léčebného konopí (*Cannabis sativa* L.) na základě kvantitativních a kvalitativních parametrů jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 19. 4. 2022

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Anežce Janatové, Ph.D. za ochotu, vstřícnost, trpělivost, cenné rady, ale také že mi pomohla uskutečnit praktickou část diplomové práce. Poděkování také patří rodině, která mě podporovala.

# Kultivace a selekce genotypů léčebného konopí (*Cannabis sativa* L.) na základě kvantitativních a kvalitativních parametrů

## Souhrn

Konopí je jednoletá léčivá rostlina, jejíž první zmínky sahají až tisíce let zpět. Právě díky tomu, že tato rostlina obsahuje mnoho biologicky aktivních látek, které mají prokazatelně léčivý účinek, je zpracována tato diplomová práce, aby pomohla vybrat a vypěstovat vhodný genotyp konopí za účelem co největšího výnosu.

Nejprve je v této práci seznámeno s historií, taxonomií a následně s legislativou konopí, jelikož je v mnoha zemích nelegální. Jelikož se jedná o léčebné konopí, je zde popsáno, jaké biologicky aktivní látky se v konopí nachází a na jaké nemoci má prokazatelně pozitivní léčebný účinek. Jsou zde i vypsány nemoci, u kterých nastal pozitivní účinek, ale bohužel nebylo zde provedeno dostatečně tolik studií, aby byl lékařsky potvrzen.

Dále lze v této první části diplomové práce nalézt, jak pěstovat léčebné konopí počínaje pěstebním cyklem až po pěstební podmínky, které se dělí na venkovní a vnitřní. Jsou zde popsány možnosti kultivací, kde každá z nich je využívána k jinému cíli. Ve vnitřním (indoor) pěstování je zde jednotlivě popsáno, jak konopí vyživovat, jaké pH je adekvátní v různém stádiu rostliny, který druh osvětlení je vhodný, a také jaká by měla být cirkulace a vlhkost vzduchu. Jsou zde také prezentovány možné onemocnění a škůdci konopí.

V praktické části je jednotlivě popsáno, jak probíhala kultivace konopí za vnitřních cílených podmínek, jaké byly použity technologie a výživa. Zde ke kultivaci byla použita semena, jak feminizovaná (CBG-Force, Tangie, Forbidden Fruit), která měla samičí pohlaví, tak regulární (Shaman, Blueberry, Conspiracy Kush, Nurse Jackie, Jack Cleaner 2, Jack Skellington, CBD Caramel, Cannatonic, Nordle), u kterých nebylo známo pohlaví. Z regulárních semen byly nejprve vyselektovány samčí rostliny a následně odstraněny z experimentu. Poté bylo možné pokračovat v dopěstování rostlin. Následně, co rostliny měly určitou výšku, byla světla přepnuta na období květu, tedy generativní fázi. Po 8 týdnech od přepnutí rostlin na květ byly všechny rostliny sklizeny a usušeny. Po usušení byly květy očištěny od listů a následně suché květy zváženy.

Při porovnání výnosů usušených květů z feminizovaných semen a regulárních semen, prokazatelně větší výnosy vykazovaly rostliny z feminizovaných semen. Největší výnos měla rostlina feminizovaného genotypu Forbidden Fruit 42 g a nejnižší výnos květu byl zvážen u genotypu CBD Caramel, který byl 4 g.

Závěrem bych tedy chtěla konstatovat, že při výběru léčebného konopí pro větší výnos květů pěstované v hydroponickém prostředí jsou více vhodné rostliny z feminizovaných semen.

**Klíčová slova:** léčebné konopí, indoor pěstování, genotypy, selekce

# **Cultivation and selection of medical cannabis (*Cannabis sativa* L.) genotypes based on quantitative and qualitative parameters**

## **Summary**

Cannabis is an annual medicinal plant, the first mention of which dates back thousands of years. Due to the fact that this plant contains many biologically active substances that have a proven healing effect, this thesis is prepared to help select and grow a suitable cannabis genotype for maximum yield.

First, this work then introduces the story, taxonomy and legislation of cannabis, as it is illegal in many countries. As it is a therapeutic cannabis, it is described here which biologically active substances are present in the cannabis and which diseases have a demonstrably positive therapeutic effect. There are also listed diseases that have a positive effect, but unfortunately no enough studies have been conducted to be medically confirmed.

Furthermore, in this first part of the diploma thesis you can find how to grow medical cannabis, from the growing cycle to outdoor and indoor growing. The possibilities of cultivation are described here, where each of them is used for a different goal. Indoor cultivation describes individually how to nourish cannabis, what pH is adequate at different stages of the plant, which type of lighting is suitable, as well as what should be the circulation and humidity of the air. Possible diseases and pests of cannabis are also presented here.

The practical part describes individually how the cultivation of cannabis took place under internal targeted conditions, what technologies and nutrition were used. Here, for cultivation, both feminized (CBG-Force, Tangie, Forbidden Fruit), which had a female sex, and regular (Shaman, Blueberry, Conspiracy Kush, Nurse Jackie, Jack Cleaner 2, Jack Skellington, CBD Caramel, Cannatonic, Nordle) were used, for which the sex was unknown. Male plants were first selected from regular seeds and then removed from the experiment. After that, it was possible to continue growing the plants. Subsequently, after the plants had a certain height, the lights were switched to the flowering period, that is, the generative phase. After 8 weeks from switching the plants to the flower, all the plants were harvested and dried. After drying, the flowers were cleaned of leaves and then the dry flowers weighed.

When the yields of dried flowers from feminized and regular seeds were comparing, plants from feminized seeds showed demonstrably higher yields. The plant of the feminized forbidden Fruit genotype had the highest yield of 42 g, and the lowest yield of the flower was considered for the CBD Caramel genotype, which was 4 g. In conclusion, I would like to state that when choosing medical cannabis for a greater yield of flowers grown in a hydroponic environment, plants from feminized seeds are more suitable.

**Keywords:** medicinal cannabis, indoor cultivation, genotypes, selection



# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Vědecká hypotéza a cíle práce</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b>	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>Historie</b>	<b>13</b>
<b>3.2</b>	<b>Taxonomie konopí</b>	<b>15</b>
<b>3.3</b>	<b>Legislativa</b>	<b>17</b>
<b>3.4</b>	<b>Kanabinoidní receptory</b>	<b>18</b>
<b>3.5</b>	<b>Endokanabinoidní systém</b>	<b>18</b>
<b>3.6</b>	<b>Kanabinoidy</b>	<b>19</b>
<b>3.7</b>	<b>Biologicky aktivní látky</b>	<b>19</b>
3.7.1	Fytokanabinoidy	19
3.7.1.1	$\Delta^9$ -THC	20
3.7.1.2	CBD	21
3.7.2	Terpeny	22
3.7.3	Ostatní látky	24
<b>3.8</b>	<b>Léčebné účinky konopí</b>	<b>24</b>
3.8.1	Chronická bolest	24
3.8.2	Alzheimerova nemoc	25
3.8.3	Roztroušená skleróza	25
3.8.4	Kardiovaskulární onemocnění	26
3.8.5	Rakovina	26
3.8.5.1	Rakovina prostaty	26
3.8.5.2	Rakovina prsu	26
3.8.5.3	Rakovina plic	27
3.8.5.4	Rakovina kostí	27
3.8.5.5	Rakovina kůže	27
3.8.6	Epilepsie	27
3.8.7	Antimikrobiální aktivita	28
3.8.8	Kůže	29
<b>3.9</b>	<b>Kontraindikace předepisovaného konopí</b>	<b>30</b>
<b>3.10</b>	<b>Pěstební cyklus konopí</b>	<b>30</b>
<b>3.11</b>	<b>Pěstební systémy</b>	<b>30</b>
3.11.1	Outdoor pěstování	31
3.11.2	Indoor pěstování	32
<b>3.12</b>	<b>Technologické požadavky u indoor pěstování</b>	<b>33</b>
3.12.1	Osvětlení	33



3.12.2	Vzduchotechnika .....	34
3.12.3	pH.....	34
3.12.4	Výživa.....	35
3.12.5	Zavlažovací systém a relativní vlhkost.....	36
3.12.6	Hydroponický systém .....	36
3.12.7	Akvaponie.....	37
3.12.8	Mikropropagace.....	37
3.12.9	Sklizeň, sušení a zpracování .....	38
3.12.10	Extrakce .....	38
<b>3.13</b>	<b>Onemocnění konopí .....</b>	<b>39</b>
3.13.1	<i>Botrytis cinerea</i> .....	39
3.13.2	Rakovina konopí .....	39
3.13.3	Kořenová hniloba.....	39
3.13.4	Hád'átka.....	39
3.13.5	Viry .....	40
<b>3.14</b>	<b>Škůdci.....</b>	<b>40</b>
3.14.1	Členovci .....	40
3.14.2	Ostatní škůdci .....	41
<b>4</b>	<b>Metodika a materiál.....</b>	<b>41</b>
<b>4.1</b>	<b>Biologický materiál .....</b>	<b>41</b>
4.1.1	Regulérní semena konopí.....	41
4.1.2	Feminizovaná semena konopí.....	42
<b>4.2</b>	<b>Substráty a výživa rostlin .....</b>	<b>43</b>
<b>4.3</b>	<b>Pěstební technologie .....</b>	<b>43</b>
<b>4.4</b>	<b>Vysazování semen konopí.....</b>	<b>43</b>
<b>4.5</b>	<b>Klíčení semen konopí.....</b>	<b>44</b>
<b>4.6</b>	<b>Selekce samčích rostlin .....</b>	<b>45</b>
<b>4.7</b>	<b>Dopěstování samčích rostlin.....</b>	<b>46</b>
<b>4.8</b>	<b>Zpracování rostlin.....</b>	<b>46</b>
<b>4.9</b>	<b>Vyhodnocení .....</b>	<b>47</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>48</b>
<b>5.1</b>	<b>Klíčivost semen konopí .....</b>	<b>48</b>
<b>5.2</b>	<b>Zakořenění vyklíčených rostlin konopí.....</b>	<b>49</b>
<b>5.3</b>	<b>Selekce samčích rostlin .....</b>	<b>51</b>
<b>5.4</b>	<b>Fenologická stupnice.....</b>	<b>53</b>
5.4.1	Vegetativní fáze .....	53
5.4.2	Generativní fáze.....	54
<b>5.5</b>	<b>Výnosy .....</b>	<b>58</b>
<b>6</b>	<b>Diskuse .....</b>	<b>60</b>
<b>6.1</b>	<b>Klíčivost semen konopí .....</b>	<b>60</b>

<b>6.2</b>	<b>Zakořenění vyklíčených semen a klonů .....</b>	<b>61</b>
<b>6.3</b>	<b>Vegetativní období .....</b>	<b>61</b>
<b>6.4</b>	<b>Generativní fáze rostlin .....</b>	<b>62</b>
<b>6.5</b>	<b>Výška rostlin .....</b>	<b>62</b>
<b>6.6</b>	<b>Výnos .....</b>	<b>63</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>64</b>
<b>8</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>65</b>
<b>9</b>	<b>Internetové zdroje .....</b>	<b>73</b>
<b>10</b>	<b>Seznam použitých zkratk a symbolů .....</b>	<b>74</b>

# 1 Úvod

*Cannabis sativa* L. je bylina, která je původem ze střední Asie a už od začátku je využívána k léčitelství nebo jako textilní vlákno (Andre et al. 2016). V Evropě bylo konopí představeno jako domestikovaná rostlina v době bronzové (od 22. do 16. století před našim letopočtem) (Farinon et al. 2020). Jedinečnost této rostliny spočívá v tom, že obsahuje velké množství fytochemikálií a dobrých zemědělských vlastností jako jsou odolnost vůči suchu a škůdcům. Dále má výborně vyvinutý kořenový systém zabraňující erozi půdy (Andre et al. 2016).

Konopí obsahuje mnoho biologicky aktivních látek, zejména kanabinoidy, čehož je využíváno hlavně v léčitelství. Kromě toho, že je konopí používáno jako alternativní lék, někteří lidé užívají konopí ve volném čase jako „rekreační drogu“, což se postupem času stalo velkým trendem v různých věkových kategoriích a konopí získalo status nelegální drogy díky psychoaktivní látce delta-9-tetrahydrokanabinol ( $\Delta^9$ -THC) (Turner et al. 1980; Hanuš 2009). Tato rostlina díky tomu není mnoha zeměmi legalizovaná a je v mnohé společnosti opovrhovaná. Naštěstí po určitém čase došlo k významnému pokroku k pochopení farmakologických účinků této rostliny, která je potencionálním lékem na velkou škálu nemocí. Tento účinek je spojen nejen s látkou  $\Delta^9$ -THC, ale s mnoha dalšími fytokanabinoidy, které vykazují biologickou aktivitu.

Je tedy třeba si ujasnit fakta o léčebných účincích této někdy nedocenené rostliny a nebrat ji jako drogu, na které se člověk může stát závislý, ale brát ji jako přírodní alternativní lék. Díky postupné legalizaci konopí dokonce i v Evropě, je konopí pro jeho léčivé účinky věnováno v poslední době více pozornosti (Kumar et al. 2021). Vědci křížili a množili konopí podle požadovaných biologicky aktivních látek a žádoucích vlastností. Nyní lze nalézt více než 2300 různých odrůd (Addo et al. 2021). Problémem však zůstává, který z mnoha vyšlechtěných genotypů pomáhá na danou diagnózu konkrétnímu pacientovi a zároveň je vhodný pro velké výnosy květenství, a který je pěstován v indoor podmínkách, které jsou určeny legislativou mnoha států. Je tedy zapotřebí nejprve pěstovat co nejvíce genotypů s velkými výnosy, aby pak bylo následně možné provést další studie, které mohou testovat různé genotypy konopí s přesně naměřenými biologicky aktivními látkami na určité pacientovo onemocnění.

## **2 Vědecká hypotéza a cíle práce**

Hypotézy: Ze semen se podaří vypěstovat dostatek rostlin, aby bylo možné vyselektovat rostliny samčí. Ze selektovaných samičích rostlin bude možné dle výnosu a morfologie vybrat silné a kvalitní matky, které budou poskytovat výchozí materiál do dalších pěstebních cyklů na FAPPZ.

Cíl práce: Vypěstovat a vyselektovat nové mateřské rostliny z regulérních a feminizovaných semen vybraných genotypů, vhodných pro pěstování v řízených podmínkách, které budou poskytovat vysoké výnosy kvalitního samičího květenství.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Historie

Přirozený původ *Cannabis sativa* L. byl navržen s největší pravděpodobností v oblasti severně od Afgánistánu v pohoří Altai na jižní Sibiři. Není však dodnes jasné, kdy a kde se konopí začalo pěstovat. Předpokládá se, že se konopí začalo pěstovat v severovýchodní Asii (severní a severovýchodní Čína a jihovýchodní Sibiř) (Hanuš 2009).

Adovasio et al (1996) a Hanuš (2009) uvádí, že konopí doprovází lidskou společnost už po ledovém pleistocénu, a to zejména v českém paleolitu (29 000 až 22000 let dříve). Na Jižní Moravě byly objeveny nepřímé důkazy o nejstarším využití konopí. Český archeolog Klíma odkryl v radiokarbonové oblasti (před 26980 až 24870 lety) hliněné úlomky nesoucí řadu otisků. Dále zde bylo americkými a českými vědci odhaleno využití rostlinných vláken při výrobě textilií, šňůr, košíkářství. Vzhledem k tomu, že dojmy z Jižní Moravy nemají nejvyšší rozlišení, je možné, že se může jednat i o jiný druh rostlinné tkaniny jako je kopřiva. Skutečný nález konopné látky byl objeven v roce 1972 v hrobu z pozdní dynastie Chou (1122-249 př. n. l.) v provincii Shansi (pevninská Čína), kde je představen první dochovaný exemplář konopí (Hanuš 2009).

Lékařské využití konopí je odhadováno asi před 5000 lety, kdy byl císař Chen Nung považován jako „otec“ zemědělství. Chen Nung zhotovil první čínský lékopis. Konopí bylo předepisováno na únavu, malárii, revmatismus. Kromě toho díky kyselině  $\gamma$ -linolové, která je obsažena v semenech, lékaři doporučovali konopí při ekzémech, lupénce a taktéž na zánětlivá onemocnění (Bonini et al 2018).

Krom Číny, také v Indii a Tibetu byla tradice hinduismu a tantrického buddhismu používat konopí ke komunikaci s duchy nebo usnadnění meditace. Konopí je tedy uznávána jako posvátná rostlina několika náboženstvími (Bonini et al. 2018).

Egypt je jedna z velkých civilizací, která je uznávána pokročilým lékařským systémem. V předchozích generacích bylo tvrzeno, že ve starověkém Egyptě neexistují důkazy o konopí, což bylo později vyvráceno. První zmínka o konopí v Egyptě je datována k roku 2350 př. n. l. staré říše v Memphisu na konci páté dynastie. Nejstarší důkaz, kde je konopí jednou z látek na léčbu očí náleží v Papyrusu cca. 1700 př.n.l. To naznačuje paralelu k modernímu užívání konopí v léčbě glaukomu, případně pro protizánětlivé účinky. Jiná pasáž na Ebersově papyrusu (1550 př. n. l.) je popisována jako porodnická pomůcka o ochlazení dělohy a odstranění jejího tepla mletým konopí v medu, které je zavedeno do pochvy. To způsobilo kontrakce, popsal Ghalioungui (Russo 2007).

Různé formy konopí byly známy ve středověké Evropě. Zejména Italové zahájili první rozsáhlou kultivaci ve středomořské oblasti, oproti tomu v Americe nebylo konopí známé až do příchodu prvních kolonistů. Konopí bylo využíváno hlavně pro pevnost a odolnost svých vláken. Španělské a anglické kolonie v Americe dovážely konopí hlavně kvůli textilní výrobě.

V roce 1484 vydal papež Inocenc VIII. Papežskou bulu za používání konopí odsuzující k čarodějnictví (Bonini et al. 2018).



Obrázek 1: *Cannabis sativa* L. z Medizinal-Pflanzten Franze Eugena Köhlera (Bonini et al. 2018)

V roce 1484 vydal papež Inocenc VIII. Papežskou bulu za používání konopí odsuzující k čarodějnictví (Bonini et al. 2018).

V roce 1542 Leonhart Fuchs pojmenoval konopí *Cannabis sativa*, což v překladu znamená „kultivované konopí“. O 211 let později švédský botanik Carl Linné pracoval na sepsání Species Plantarum (Russo 2019).

Prostřednictvím kronik, které byly poskytnuty cestovateli z Indie začala diskuse o existenci více typů konopí. Tato domněnka, že je více typů konopí byla navrhována kvůli lišícímu se tvaru, velikosti a obsahu pryskyřičné látky. Jean Lamarck (francouzský přírodovědec) rozdělil název konopí pro rostlinu původem z Evropy jako *Cannabis sativa* a pro rostlinu pocházející z Indie *Cannabis indica* (Small & Cronquist 1976).

V anglické medicíně v devatenáctém století bylo konopí zavedeno jako analgetikum, protizánětlivý lék, antiemetický lék a antikonvulzivum. Ovšem v roce 1932 ve Spojeném království bylo konopí odstraněno z lékařského lékopisu a zařazeno mezi zakázaná látka pro terapeutické použití. V roce 1937 byl kvůli federálnímu zákonu „the Marihuana Tax Act“ v USA zákaz produkce, držení nebo převoz konopí, ale i přes to bylo konopí používáno místními šamany či léčiteli a byl dále prováděn výzkum jejich chemických složek (Bonini et al. 2018). V dnešní době hodně domorodých komunit používá deriváty konopí k léčení nemocí. Například vesnice z Harijany, Arunáčalpradeš a Nepál používají konopí na gastrointestinální choroby a proti bolesti kousnutí hadem. V severním Pákistánu (Swatu) je konopí používáno jako narkotikum, sedativa, tonikum (Akhtar et al. 2013).

V roce 1964 izolovali a syntetizovali v Izraeli Mechoulan a Gaoni hlavní fytokanabinoid  $\Delta^9$ -tetrahydrokanabinol  $\Delta^9$ -THC. O několik desítek let později v roce 1990 byly objeveny kanabinoidní receptor typu 1 (CB1) a o 3 roky později kanabinoidní receptor typu 2 (CB2).

Kromě toho také v 90. letech 20. století byly objeveny dva endogenní ligandy kanabinoidního receptoru 2-arachidonylglycerol a arachidonoylthanolamid (Pertwee 2006). Přibližně v tu samou dobu byl objeven endokanabinoidní systém (Bonini et al. 2018).

Rok 2011 byl přelomovým rokem pro genomiku konopí, jelikož Medical Genomics a Nimbus Informatics vydaly online zprávu o kompletní genomové sekvenci, která obsahuje 400 milionů párů bází, ke které byl o chvíli později připojen návrh genomu a transkriptomu (Russo 2019).

## 3.2 Taxonomie konopí

Konopí je jednoletá rostlina, která je pěstována především ze semen. Konopí patří do čeledi *Urticales* (kopřivotvaré), *Cannabaceae* (konopovité) (Dupal 2010). Do této čeledi také spadá rod *Humulus* (chmel) (Knight et al. 2010), tato příbuznost je významná, jelikož látka podobající se pryskyřici neobsahuje u chmelu žádné biologicky aktivní látky, které by měly psychotropní účinky (Dupal 2010).

Konopí má diploidní genom ( $2n = 20$ ), který je složený z devíti autozomů a dvojice pohlavních chromozomů (X a Y) (Aliferis & Perron 2020). Původ slova *Cannabis sativa* L. je v místním starověkém označení konopí (řecké *Kannabis*), *canna* v latinském překladu znamená rákos nebo třtina, *sativa* znamená latinsky „pěstovaná“ (Dupal 2010).

Taxonomie konopí byla charakterizována na základě jeho polytypické povahy. (Hillig 2005). Konopí je rozděleno do tří druhů: *Cannabis sativa*, *Cannabis indica* a *Cannabis ruderalis* (Schultes et al. 1974) Odrůdy *sativa* a *indica* jsou ekonomicky důležitější a rozšířenější, zatímco *ruderalis* je považována za odolnější odrůdu pěstovanou v severních Himalájích a jižních státech bývalého Sovětského svazu, která se vyznačuje řídkým a „plevelným“ růstem. Průměrná výška konopí setého se pohybuje od 2,5 do 3,5 m, kdežto konopí indické je obecně nižší a pohybuje se okolo 1,8 m. Konopí indické oproti setému je košatější a širší, kromě toho se vyznačuje tmavšími užšími zelenými listy (ElSohly et al. 2017).

Hlavní kořen dorůstá až do délky 40 cm. Listy jsou dlanitě členité, které se skládají obvykle z pěti až deseti čepelí. Jejich uspořádání je střídavé nebo vstřícné. Na rozdíl od chmele je lodyha konopí neoplétavá. Květy jsou uloženy v přímém žláznatém květenství, přičemž samčí květy vyrůstají z úžlabí listů (Dupal 2010).

Hlavní agronomický produkt konopí je látka podobná pryskyřici, která je syntetizovaná rostlinou v epidermálních žlázách. Mnohobuněčné sekreční žlázy jsou rozprostřeny po celém povrchu epidermu konopí. Ty jsou soustředěny na povrch adaxiálního listu, které jsou přisedlé. Kromě toho se vyskytují také v květenství (Small & Cronquist 2019). Jednotlivé květy jsou velmi malé, dorůstají přibližně do velikosti 5 mm. Květ je tvořen pěti okvětními lístky a souborem pěti tyčinek. Barvu mají světle zelenou, načervenalou až žlutou, kdežto samčí rostliny jsou slabší a světlejší. Květy samců jsou stopkaté se dvěma žlutobílými bliznami, které se zdvihají vzhůru ve tvaru písmene V, kdežto samičí kompaktní shloučená vrcholičnatá latnatá květenství zvané palice. Palice jsou obklopeny listy, což jsou proměněné listy. Ty chrání květ, a později se přeměňují v chrupavčitý obal jednosemenného plodu. Dohromady tvoří semenec (Dupal 2010).

Adaxiální povrch velkého listu, který obaluje plody, je hustě pokryto žlázami. Žlázy vylučující pryskyřičnou látku, která se převážně skládá z kanabionidů, z nichž jsou některé opojné. Omamná látka, která nejvíce převládá je  $\Delta^9$ -trans-tetrahydrokanabinol ( $\Delta^9$ -THC). Mezi další omamné látky konopí patří izomery  $\Delta^9$ -THC, například  $\Delta^8$ -trans-tetrahydrokanabinol ( $\Delta^8$ -THC), která se nachází v pryskyřici jen v omezeném množství (Russo 2009).

Dříve se myslelo, že omamný účinek kanabionidů je ovlivněn životním prostředím a to zejména, že psychoaktivní účinek nastává, při horkém a suchém podnebí, a naopak v chladném a vlhkém prostředí je účinek omezený. Kvalitativní charakteristiky pryskyřičné látky jsou přiměřeně konzistentní v různých částech rostliny. U rostlin pěstovaných v Ottawě bylo zjištěno, že obsah pryskyřice vzrostl nejvíce po odkvětu s rozdílem samic a samců. V severních zeměpisných šířkách se zkracuje vegetativní období omezením pryskyřice, která se nahromaduje. Když jsou rostliny sklizeny, dochází k oxidačním změnám, které mění složení pryskyřice. Klesá  $\Delta^9$ -THC a zvyšuje se koncentrace netoxického kanabinoidu a kanabiolu.

Bylo dokázáno, že pěstování konopí v jižních zemích, kde se využívalo konopí jako omamná látka, obsahovalo větší podíl  $\Delta^9$ -THC než u rostlin rostoucí na severní části zeměkoule, kde konopí je využíváno především jako zdroj vlákniny a olejů, který se vyznačuje nepsychoaktivními látkami, a to především přítomností kanabidiolu (CBD). Pryskyřičná látka obou těchto kanabinoidů se soustřeďuje do stopek žláznatých trichomů, specializovaných drobných sekrečních žláz, které jsou přítomny v hojném množství samičího květenství, zatímco v listech a stoncích jsou přítomny v minimálním množství. V kořenech a semenech se pryskyřičná látka nevyskytuje, proto je tedy zřejmé, že orgány neobsahují žádné kanabinoidy. K možné přítomnosti kanabinoidů v konopných semenech může dojít během sklizňového procesu v důsledku fyzického kontaktu s pryskyřicí vylučovanou žláznatými trichomy umístěnými na listenech, které obklopují osivo. Přítomnost kanabinoidů v konopném semínku tedy ve skutečnosti představuje kontaminaci a úroveň této kontaminace závisí na kultivaru a procesu čištění osiva (Farinon et al 2020).

Kromě kanabinoidů  $\Delta^9$ -THC a CBD se v konopí nachází další kanabinoidy: kanabinol (CBN), kanabigerol (CBG), kanabichromen (CBC), kanabielsoin (CBE), kanabidivarin (CBDV) a tetrahydrokanabivarin (THCV), kanabicyklol (CBL), kanabinodiol (CBND), kanabitol (CBT) a další (ElSohly et al. 2017).

Z několika studií, byla objasněna biosyntetická dráha kanabinoidů, že všechny hlavní kanabinoidy mají společný prekurzor, kterým je kyselina kanabigerolová (CBGA). V cytosolu se CBGA mění na kyselou formu tří hlavních kanabinoidů, ze kterých vznikají příbuzné další kanabinoidní sloučeniny, jmenovitě kyselina tetrahydrokanabinolová (THCA), která v kyselé formě nemá žádnou psychoaktivní aktivitu, kyselina kanabidiolová (CBDA) a kyselina kanabichromenová (CBCA). Tato konverze je katalyzována oxidocyklasou specifickou pro každý kanabinoid (THCA-syntáza, CBDA-syntáza, respektive CBCA-syntáza). Kyselé forma každého kanabinoidu podléhá neenzymatické dekarboxylaci na svou neutrální a aktivní formu  $\Delta^9$ -THC, CBD a CBC (Farinon et al 2020).

Podle různých koncentrací kanabinoidů existují různé genotypy související s různými chemickými fenotypy, které jsou odlišné koncentrací kanabinoidů. Tyto fenotypy jsou jinak nazývané „chemotypy“ nebo také „biotypy“. Počet chemotypů byl stanoven podle poměru dvou nejznámějších kanabinoidů  $\Delta^9$ -THC a CBD. Chemotypy jsou rozděleny do tří skupin



(Staginnus et al 2014). Chemotyp I se vyznačuje vysokým  $\Delta^9$ -THC/ CBD ( $> 0,3$  % suché hmotnosti reprodukční části samičí rostliny při kvetení) a nízkým CBD (0,00-0,05). Tento typ chemotypu je využíván při léčení nebo jako „rekreační droga“. Chemotyp II má oba hlavní kanabinoidy CBD/  $\Delta^9$ -THC v poměru obsahu si blízké (0,5-3,0), obvykle s mírnou prevalencí CBD. Tento chemický fenotyp je nazýván jako „meziprodukt“ a pěstuje se hlavně pro léčebné účely. Chemotyp III se vyznačuje vysokým poměrem CBD/  $\Delta^9$ -THC (15-25) a díky vysokému množství CBD a nízkému obsahu  $\Delta^9$ -THC, které v době kvetení u reprodukční části samic rostliny nepřesahuje více než 0,3 % suché hmotnosti. Tento chemický fenotyp je také známý jako „vláknitý typ“. Tento biotyp konopí se pěstuje pro průmyslové účely, jmenovitě pro vlákno, semena a jejich deriváty (Farinon et al 2020).

Konopí biosyntetizuje řadu lipofilních těkavých metabolitů tím, že odstraní hydrofilní skupinu (acylace, methylace, redukce). Tyto rostlinné těkavé látky dokážou regulovat své interakce s biotickými a abiotickými faktory (ochrana před škůdci a patogeny, přitažlivost opylovačů). Mezi největší těkavé látky patří terpenoidy, jejichž největší podskupina jsou izopreny (C5), monoterpeny (C10) a sekviterpeny (C15) (Aliferis & Perron 2020).



Obrázek 2: Vlevo samčí květ, vpravo samičí květ (Boninni et al. 2018)

### 3.3 Legislativa

Díky vývoji analytických technik jako jsou plynová chromatografie a plynová hmotnostní chromatografie, je nyní možné přesně změřit obsah  $\Delta^9$ -THC v konopí, a právě díky tomu bylo opět znovu zavedené opětovné pěstování konopí (Farinon et al 2020).

Teprve od konce 20. století zájem o konopí stoupl díky legislativní komunitě, a zejména nařízení Rady 1251/1999/ES ze dne 17. 5. 1999, které zavedlo režim podpory pro producenty některých plodin na orné půdě, včetně průmyslového konopí, na které navazovala prováděcí nařízení Evropské komise 2316/1999 a 327/2002 a Nařízení Evropské rady 953/2006 o zavedení podpory na zpracování lnu a konopí pěstovaného na vlákno (Sorrentino 2021). Ovšem až v roce 2013 došlo k opětovnému zavedení pěstování konopí nařízením EU č. 1307/2013, které povolilo růst konopí pro průmyslové účely a které mají nízký obsah  $\Delta^9$ -THC. V rámci tohoto nařízení je poskytnuto Společnou zemědělskou politikou (SZP) používání certifikovaných semen konkrétních odrůd, které nesmí přesahovat procentuální podíl  $\Delta^9$ -THC

sušiny v květech a listech vyšší, než je 0,2 %. V současné době je v Evropské databázi zapsáno okolo 70 povolených druhů (Farinon et al 2020).

V České republice je povoleno pěstovat dle zákona č. 167/1998 Sb. pouze odrůdy konopí, které obsahují tetrahydrokanabinoidy do 0,3 %. Druhy, obsahující vysoké procento látek musí být licencované. Výjimka je pěstování a šlechtění pro výzkumné a vědecké účely. Povolení k zacházení je vydané státem. Zákonný limit látek s obsahem  $\Delta^9$ -THC je očekáván nižší u schválených odrůd pro pěstování v ČR. Výjimka je, když pěstitel, který vlastní schválenou odrůdu a vlivem povětrnostních podmínek dochází k překročení limitovaného obsahu, nedochází k žádnému trestnímu činu (Kaczorová et al. 2020).

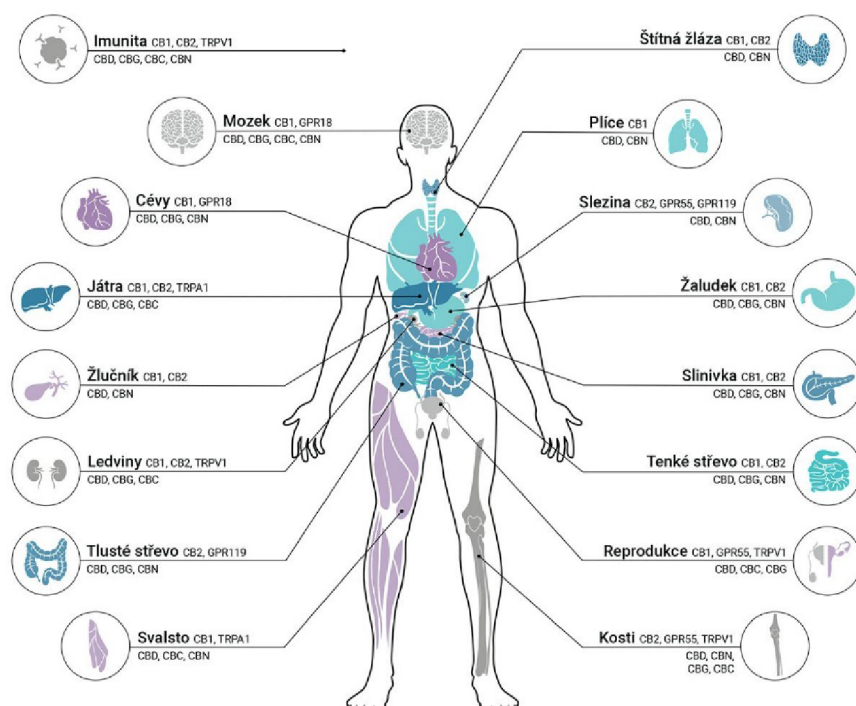
Léčebné konopí lze brát jako bylinné léčivo. Zákon č. 273/2013 Sb., který byl změněn ze zákona 167/1998 Sb. a legalizuje použití k léčebným účelům. V České republice upravuje přípravu, výdeje a předepisování vyhláška č. 236/2015 Sb. Aby bylo zabráněno nechtěných samčích rostlin a vyšší univerzita rostlin, jsou rostliny řízkovány (Kaczorová et al. 2020).

### 3.4 Kanabinoidní receptory

Kanabinoidní receptory jsou transmembránové proteiny, které zprostředkovávají působení kanabinoidů, dělí se na kanabinoidní receptor 1 (CB1) a kanabinoidní receptor 2 (CB2). Oba receptory se nachází v centrálních i periferních tkáních těla. Výskyt CB1 převládá v mozku (mozková kůra a mozeček) a CB2 se většinou nachází v periferních tkáních včetně plic, jater, leukocytů a sleziny (Lal et al. 2021).

### 3.5 Endokanabinoidní systém

Objev kanabinoidních receptorů CB1 a CB2 otevřel cestu k odhalení celému endokanabinoidnímu systému. Kromě fyto-kanabinoidů a syntetických kanabinoidů se vyskytují endokanabinoidy, které se také podílejí na endokanabinoidním systému (Petrocellis et al. 2009). Endokanabinoidní systém je všudypřítomný lipidový signální systém, který má regulační funkce v celém těle všech obratlovců (Rodríguez de Fonseca et al. 2005). Hlavními endokanabinoidy jsou N-arachidonylethanolamin (anandamid) (AEA) a 2-arachidonoylglycerol (2-AG) (O'Dell et al. 2022), mezi další patří 2-arachidonyl-glycerylether (noladin, 2-AGE), O-arachidonoyl-ethanolamin (virhodamin) a N-arachidonoyl-dopamin (NADA) byly objeveny později (Fišar 2006). Endokanabinoidy jsou v mozku široce syntetizovány, distribuovány a následně uvolňovány při stimulaci neuronů (Fišar 2006).



Obrázek 3: Rozložení receptorů CB1 a CB2 v endokanabinoidním systému (cannaman.cz)

### 3.6 Kanabinoidy

Obecně se kanabinoidy dělí do tří kategorií podle vzniku a výskytu (Cristino et al 2020). Endogenní kanabinoidy neboli endokanabinoidy jsou lipofilní signální molekuly, které jsou syntetizovány a uvolňovány při stimulaci neuronů (Fišar 2006). Dále jsou kanabinoidy rostlinného původu neboli fytokanabinoidy, které jsou přítomny v konopí. Třetí skupinou jsou kanabinoidy syntetické (Cristino et al. 2020). Syntetické kanabinoidy jsou heterogenní skupinou sloučenin, které byly vyvinuty k testování endogenního kanabinoidního systému nebo jako potencionální terapeutika (Castaneto et al. 2014). Na rozdíl od surového extraktu z konopí, které obsahují směs agonistů a antagonistů kanabinoidních receptorů, jsou syntetické kanabinoidy k receptorům navázány v čisté formě se selektivní afinitou a farmakologickou aktivitou (Lal. et al. 2021).

### 3.7 Biologicky aktivní látky

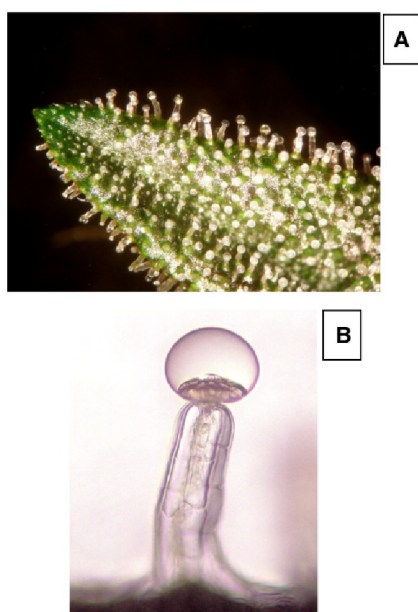
#### 3.7.1 Fytokanabinoidy

Fytokanabinoidy jsou C<sub>21</sub> přírodní látky, z chemického hlediska spadají do isoprenoidů, nebo je lze identifikovat jako fenolické terpeny (ElSohly et al. 2017). Fytokanabinoidy jsou rozpustné v tucích, alkoholech a nepolárních rozpouštědlech a nerozpustné ve vodě (Thakur et al 2005). V konopí bylo identifikováno 1068 látek, z nichž 177 jsou právě kanabinoidy (Hanuš 2015; Hanuš & Hod 2020).

Nejznámější fytokanabinoidy jsou  $\Delta^9$ -THC,  $\Delta^8$ -THC, CBD, CBG, CBN, CBC, CBE, CBDV, CBND, CBT, THCV a CBL jak už je výše popsáno (ElSohly et al 2017).

Fytokanabinoidy se hromadí hlavně v sekreční dutině žlázových trichomů, které se z velké části vyskytují v samičích květech a menším množství většiny nadzemních částí rostliny. Koncentrace těchto látek závisí na typu tkáně, věku, odrůdě, podmínkách růstu (vlhkost, výživa, světla), době sklizně a podmínkách skladování (Pacífico et al. 2008). Míznivé množství fytokanabinoidů bylo detekováno v semenech, kořenech a pylu (Ross et al. 2005). V semenech se nachází pouze stopové množství  $\Delta^9$ -THC a CBD, lehce vyšší koncentrace  $\Delta^9$ -THC se nachází na vnějším povrchu obalu semen, což je nejspíše zapříčiněno kontaminací květy nebo listy rostlin (Ross et al. 2000). Kromě toho se ukázalo, že množství kanabinoidů v listech se snižuje s délkou života, a že největší množství kanabinoidů v listech bylo detekováno v místech s větším množstvím uzlin, zatímco výskyt kanabinoidů ve stonku je nulový až vzácný (Pacífico et al. 2008).

Biosyntéza kanabinoidů v konopí pochází ze dvou odlišných biosyntetických drah, a to polyketidové dráhy, která vede ke vzniku kyseliny olivové (OLA) a 2-C-methyl-D-erythritol-4-fosfátové (MEP) dráhy, následující k syntéze geranyludifosfátu (GPP) (Sirikantaramas et al. 2005). Kanabinoidy jsou syntetizovány převážně v glandulárních trichomech. Tyto sekundární metabolity mají hlavní funkci k obraně rostlin. Rostlinné druhy mají tendenci optimalizovat obranu tím, že sekundární metabolity alokují do tkání. U konopí je to samičí květ. U nejvýkonnějších genotypů konopí se květenství vyvine v husté ochlupení obsahující kanabinoidy (Chandra et al. 2017). CBD a další kanabinoidy jsou vylučovány a sekvastrovány v hlavičce prskyřice v horní části stonku trichomu. (Chandra et al. 2017)



Obrázek č. 4: A: Dospívání *konopných* trichomů na povrchu konopí, B: jeden trichom (Chandra et al. 2017)

#### 3.7.1.1 $\Delta^9$ -THC

$\Delta^9$ -THC celým názvem  $\Delta^9$ -tetrahydrokanabinol je jedním z nejběžnějších fytokanabinoidem nacházející se v chemotypech konopí, který je produkován v rostlině prostřednictvím alely kodominantní s CBD (Russo 2011).  $\Delta^9$ -THC vzniká dekarboxylací svého

nepsychoaktivního prekursoru  $\Delta^9$ -THCA za působení světla nebo tepla během skladování, kouření, anebo za alkalických podmínek (Thakur et al. 2005).

Jelikož je  $\Delta^9$ -THC lipofilní a váže se stejně jako ananamid (endokanabinoid) na receptory v mozku CB1 a receptor CB2, tak možná proto jsou zapříčiněny jeho aktivity jako jsou např. psychoaktivní látka, svalový relaxant, antispasmodikum, analgetikum, bronchodilatátor, neuroprotektivní antioxidant, antipruritikum při cholestatické žloutence (Russo 2011). Kromě toho má 20krát větší protizánětlivou sílu než aspirin a dvakrát větší než hydrokortison (Russo 2011).

Neblahý potvrzený účinek  $\Delta^9$ -THC je narušení paměti, které je způsobené nerovnoměrnou distribucí kanabinoidních receptorů v mozku. Největší hustota těchto receptorů je v hypokampu, mozečku a bazálních ganglií (Ameri 1999).

Jelikož je  $\Delta^9$ -THC psychoaktivní látka, je zde důležitá fáze rychlosti vstřebávání do centrálního nervového systému, které následně mohou způsobit úzkost, zapomínání, psychotické účinky, které následně mohou vést až ke schizofrenii (Hauser et al. 1992). Psychoaktivní účinek  $\Delta^9$ -THC nastává, když podíl  $\Delta^9$ -THC je minimálně 1 %. Potence se zvyšuje na rostlině směrem k vrcholu, tedy květ nejvýše obsahují největší množství  $\Delta^9$ -THC, naopak listy nejnižší u hlavního stonku budou obsahovat nejmenší množství psychoaktivních látek (Dupal 2010).

Po několika klinických výzkumech, kde byly podávány známé kombinace kanabinoidů dobrovolníkům, bylo zjištěno, že  $\Delta^9$ -THC působí synergicky s jinými kanabinoidy, což způsobuje větší účinek jejich aktivit. Jinou hypotézou větší intenzity  $\Delta^9$ -THC je, že v některé rostlině se nacházejí deriváty  $\Delta^9$ -THC s delším postranním řetězcem na uhlíku C3, které mají výrazně vyšší aktivitu. Tyto kanabinoidy byly uměle vytvořeny a jejich aktivita byla pětsetkrát vyšší oproti přírodnímu  $\Delta^9$ -THC. Kromě toho intenzita, průběh a charakter  $\Delta^9$ -THC závisí na způsobu užití konopí (Dupal 2010).

### 3.7.1.2 CBD

CBD neboli kanabidiol je jeden z nejvýznamnějších fyto-kanabinoidů, kterému do nedávné doby nebyl kladen tak velký zřetel jako nyní. Rozdíl mezi  $\Delta^9$ -THC a CBD je, že  $\Delta^9$ -THC je v rovinné konformaci, CBD zastává konformaci, kde jsou dva kruhy víceméně ve vzájemném pravém úhlu. Z toho vyplývá, že CBD se neváže ani neaktivuje receptor CBR1, což je funkce, kterou  $\Delta^9$ -THC dokáže. To je důvod, proč je CBD zcela nepsychoaktivní na rozdíl od  $\Delta^9$ -THC. Základem toho je takzvaná „oblast sterické interference“ na receptoru CB1, který umožňuje vázání  $\Delta^9$ -THC, ale interferuje s vazbou CBD (Burstein 2015).

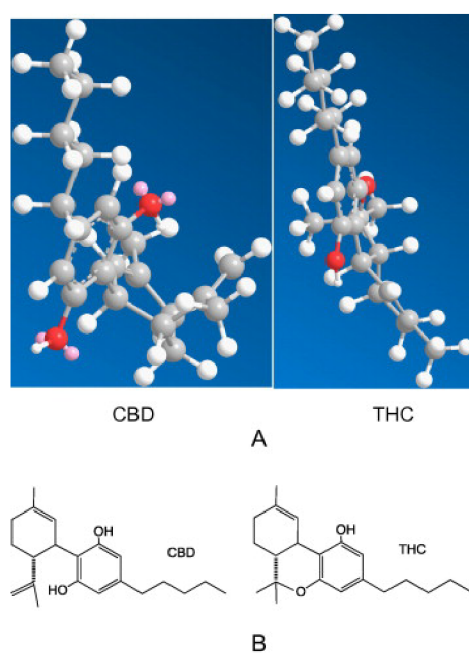
Hlavní metabolická cesta CBD je prostřednictvím enzymové dráhy cytochromu P450 oxidázy. Hlavními jaterními izoenzymy jsou CYP2C19 a CYP3A4, ale také CYP1A1, CYP1A2, CYP2C9 a CYP2D6. Po hydroxylaci na 7-hydroxykanabidiol a po dalším metabolismu v játrech se CBD vylučuje hlavně stolicí, ale také močí (Fitzcharles et al.).

CBD je léčivý přípravek s potencionálem pro protizánětlivé, analgetické účinky. CBD je to neuroprotektivní antioxidant, který je silnější než askorbát nebo tokoferol (Russo 2011).

Je potvrzeno, že CBD má pozitivní vliv na epilepsii nebo schizofrenii, dále má pozitivní účinky na deprese a úzkosti, může být příslibem jako léčba revmatických onemocnění a bolest, důkazy ale k dnešnímu dni zůstávají preklinické. Pouze jediná studie o osteoartróze kolene uvádí slibný účinek na symptomy (ElSohly et al 2017).

Světová zdravotní organizace (WHO) označila CBD za bezpečný a bez potenciálu zneužití. Produkty CBD nepodléhají normám pro regulaci léčiv, což vede k nejednotnosti ve výrobních postupech, a hlavně kvalitě produktů. Produkty CBD jsou volně dostupné a jsou prodávány jako doplňky a nejsou Úřadem pro kontrolu potravin a léčiv (FDA) z hlediska účinnosti a bezpečnosti schváleny (Fitzcharles et al.), výjimkou se stal v roce 2018 přípravek Epidiolex, který je schválený FDA pro léčbu dvou forem epilepsie (Lennox-Gastautův a Dravetův syndrom). Produkty stejně jako Epidiolex musí obsahovat méně než 0,1 %  $\Delta^9$ -THC (White 2019).

Jelikož je v poslední době velký zájem o CBD produkty jako jsou například kapsle, oleje a topické přípravky, je třeba se vyvarovat marketingovým tahům jako jsou špatná označení výrobků, která mohou zákazníka klamat. Mohou být špatně označeny například jako nutraceutika, dietní doplněk stravy atd. Takové označení není povoleno, pokud výrobek není zkoumán jako léčivo (Fitzcharles et al.).



Obrázek 5: Konformace CBD a  $\Delta^9$ -THC (Burstein 2015)

### 3.7.2 Terpeny

Terpeny se stejně jako kanabinoidy nachází v látce podobající se pryskyřici a společně s kanabinoidy působí synergicky (Booth & Bohlmann 2019; Russo 2011). U konopí lze terpeny a terpenoidy rozdělit do několika skupin (monoterpeny, seskviterpeny, diterpeny, triterpeny). Dohromady lze v konopí nalézt 110 typů terpenů a 121 terpenoidů (Hanuš & Hod 2020). Zatímco kanabinoidy mají léčivé a psychoaktivní účinky, těkavé terpeny (monoterpeny a

seskviterpeny) přispívají k mnoha různým aromátům, která následně mohou ovlivňovat preference spotřebitele (Booth & Bohlmann 2019). Esenciální olej (většinou terpeny nebo terpenoidy), zvláště když jsou destilovány, nemusí být nutně identický ve svém chemickém složení s olejem, který je přítomen v živé rostlině. Často se stává, že látky jak s vysokým bodem varu, tak i nízkým bodem varu se při destilačním procesu ztratí. Esenciální olej má tendenci degradovat při dlouhodobém skladování a při špatných skladovacích podmínkách, nebo když je olej vystaven vzduchu. Je tedy třeba olej chránit před oxidací a UV světlem, jelikož se pak některé terpeny mohou měnit na alergen (Hanuš & Hod 2020).

Rozdíl mezi terpeny a terpenoidy v rostlině konopí je, že terpeny jsou uhlovodíky a terpenoidy jsou terpeny obsahující kyslík. Výsledkem je spojení izoprenových jednotek, „od hlavy k ocasu“, jedná se o biogenetické izoprenové pravidlo nebo také C<sub>5</sub> pravidlo (Hanuš & Hod 2020). Monoterpenoidy a další těkavé látky jsou zodpovědné primárně za rozdíly ve vůni mezi různými druhy konopí. Seskviterpeny jsou méně těkavé než monoterpeny a výrazné aroma je pozorováno pouze u derivátů s jednoduchými substitucemi jako jsou alkoholy (fenchylalkohol, linalol a borneol), ketony (karvon), aldehydy (neral), estery (bornylacetát a linalylacetát), ethery (1,8-cineol) a fenoly (karvakrol a thymol) (Hillig 2004; Hanuš & Hod 2020).

Ross a ElSohley (1996) zjistili, že sušení čerstvých samičích květů vede k velké ztrátě monoterpenoidů než seskviterpenoidů, ale žádná z hlavních složek oleje nezmizí.

Monoterpeny poskytují různé léčivé vlastnosti, a to antimikrobiální, antioxidační, protirakovinné, antarytmické, antiagregační, anestetické, antinociceptivní, protizánětlivé, antihistaminické, antispasmodické, protinádorové a antidiabetické (Nuutinen 2018).

Monoterpen myrcen je nejmenší terpen, ale nejrozšířenější terpen, který je přítomen ve většině odrůd konopí. Chemotypy obsahující vysoké množství myrcenu (více než 0,5 % myrcenu), vedou k efektu „couch lock“, což je stav nečinnosti nebo lenosti, naopak chemotypy s nízkou hladinou myrcenu (menší než 0,5 %) podporují více energický stav. U myrcenu lze nalézt antioxidační, analgetické, protizánětlivé, antipsychotické, sedativní, svalové relaxanty a protirakovinné vlastnosti (Hanuš & Hod 2020). Nejdůležitější seskviterpen v konopí je  $\beta$ -karyofylen. Jedná se o pikantní terpen a je to jediný terpen, který interaguje s endokannabinoidním systémem těla (váže se na receptor CB2) (Gertsch et al 2008). Karyofylen má antibakteriální, antidepresivní, gastroprotektivní, analgetické, protirakovinné, antifungální, protizánětlivé, antiproliferativní, antioxidační, anxiolytické, analgetické a neuroprotektivní účinky. Mezi další terpeny patří  $\beta$ -pinen (antiseptikum),  $\alpha$ -pinen (antibakteriální, protizánětlivý, bronchodilatační, antiseptický a gastroprotektivní), linalool (sedativum, antipsychotikum, antikonvulzivum, anxiolytikum, anestetikum, antidepresivum, analgetikum, antiepileptikum a antineoplastikum), karyofylenoxid (analgetický, protirakovinný, protiplísňový, protizánětlivý), nerolidol (antiparazitární a antileishmanický), kamfen (kardiovaskulární onemocnění), ocimen, (antimykotikum),  $\gamma$ -terpinen (analgetický, protizánětlivý, antimikrobiální a protirakovinný),  $\alpha$ -humulen (antibakteriální, protizánětlivý a protinádorový),  $\beta$ -elemen (protinádorový, antineoplastický a protirakovinný) nebo citral (antifungální, antimikrobiální, antimikrobiální, antimikrobiální, protirakovinný a protinádorový) (Hanuš & Hod 2020).

### 3.7.3 Ostatní látky

V konopí byly nalezeny fenolové sekundární metabolity, které zahrnují fenolové kyseliny, lignany a stilbeny a flavonoidy. Flavonoidů je více než 20 a mohou mít sedm chemických struktur. Ty následně mohou být metylovány, prenylovány, glykosylovány (Flores-Sanchez & Verpoorte 2008). Do flavonoidů patří hlavně cannflavin A a cannflavin B, což jsou to metylované isoprenoidní flavony, které vykazují protizánětlivé účinky. Dále byly identifikované dva enzymy, které se podílejí na biosyntéze flavonu. Enzym O-methyltransferáza specificky přeměňuje široce rozšířený rostlinný flavon luteolin na chrysoeriol a prenyltransferáza, poté katalyzují regiospecifickou adici geranyldifosfátu nebo imethylallyldifosfátu na chrysoeriol. Takto vznikají cannflavin A a cannflavin B (Kaczorová et al. 2020).

Polyfenoly v konopí mají antioxidační funkci a využívají se v léčbě kardiovaskulárních, neurodegenerativních onemocnění a cytostatiky, regulaci krevního tlaku a alergií (Kaczorová et al. 2020).

Mezi další fenolické sloučeniny se řadí stilbenoidy. V konopí bylo identifikováno devatenáct stilbenoidů. Stilbenoidy jsou složkami jádrového dřeva nebo kořenů. Jejich funkce je, že zaujímají obranné mechanismy a inhibují růst rostlin, kromě toho mají antimikrobiální a antifungicidní účinky, dokonce mohou vykazovat repelentní funkci vůči hmyzu. (Flores-Sanchez & Verpoorte 2008).

Alkaloidy jsou jednou z hlavních skupin sekundárních metabolitů v rostlinách konopí. Alkaloidy jsou dusíkaté, bazické látky a mohou být odvozeny od aminokyselin. Obvykle je jejich biologická aktivita v nízkých dávkách. V konopí je identifikováno 10 alkaloidů. Neurin, cholin, muskarin a L-iso-leucin-betain, ty patří do protoalkaloidů. Další alkaloidy v konopí jsou cannabissativin, anhydrocannabissativin a jsou to polyaminy, hordenin je fenethylamin a trigonellin je pyridin (Flores-Sanchez & Verpoorte 2008).

## 3.8 Léčebné účinky konopí

Konopí je v lékařství využíváno už dlouhou dobu v několika oblastech světa. Tomu lze vděčit hlavně díky fytokanabinoidům CBD a  $\Delta^9$ -THC. Kanabinoidy uplatňují své účinky prostřednictvím endokanabinoidního systému, do kterého jsou zahrnuty, jak je už výše zmíněno kanabinoidní receptory CB1 a CB2, endogenní ligandy a metabolizující enzymy (Lal et al. 2021).

### 3.8.1 Chronická bolest

Nejběžnější účinek lékařského konopí je úleva od chronické bolesti, a tudíž má velký potenciál snížit spotřebu opioidů (Romero-Sandoval et al. 2018; The Health Effects of Cannabis and Cannabinoids 2017). Bohužel je legalizace konopí pro investigativní výzkum a lékařský výzkum povolena jen ve velmi málo zemích (Lal et al. 2021). Colorado, kde je konopí pro lékařské účely povolené má 94 % držitelů lékařského průkazu s povolením užívat konopí právě k úlevě od silných bolestí (The Health Effects of Cannabis and Cannabinoids 2017).



Po shrnutí 22 randomizovaných kohortních studií byly u pacientů trpící chronickou bolestí identifikovány pozitivní účinky. U těchto pacientů byla bolest snížena více jak 30 % (Nugent et al. 2017). Pacienti, kteří užívají schválené léky pociťují snížení bolesti pouze o 30 %, navíc tyto léky mohou mít různé vedlejší účinky, které následně omezují klinické využití. Jako jedna z možností podávaných léků na chronickou bolest jsou opioidní léky, které mohou mít vyšší potenciál závislosti, než je právě konopí. Moderní farmacie a biomedicínské výzkumné komunity by měly tedy zavést nové parametry k překonání výzev, které konopí představuje (Romero-Sandoval et al. 2018). Bohužel aby byla zajištěna bezpečná léčba konopím je třeba se v budoucích studiích více zaměřit na dávkování, kombinaci léků a způsob podávání konopí (Lal et al. 2021).

### **3.8.2 Alzheimerova nemoc**

U Alzheimerovy choroby je nejvíce ze znepokojivých neuropsychiatrických příznaků agitovanost, což zahrnuje emoční tíseň, nadměrnou psychomotorickou aktivitu, podrážděnost a agresivní chování. Při zasáhnutí pro zmírnění těchto neuropsychiatrických symptomů jsou jako první navrhovány nefarmakologické intervence, které u některých pacientů vedou až k farmakologickému zásahu. Tyto farmakologické zásahy zahrnují použití antipsychotik, sedativ/hypnotik, antidepresiv, anxiolytik a inhibitory acetylcholinesterázy. Bohužel vzhledem k malé účinnosti a špatné bezpečnosti a snášenlivosti léků má tato léčba omezenou užitečnost. Jako alternativní léčba agitace můžou být použity kanabinoidy jen v některých zemích, kde je konopí legalizované (Antonsdottir et al. 2016).

Pro potlačení agitovanosti je využíván kanabinoid  $\Delta^9$ -THC, který aktivuje kanabinoidní receptory (hlavně CB1), který potlačuje uvolňování neurotransmiterů v mozku a regulují synaptický přenos. Dronabil agonista kanabinoidního receptoru snižoval agitovanost, anorexii a noční poruchy u pacientů s demencí. To bohužel nebylo konzistentní u všech nemocných pacientů (Antonsdottir et al. 2016). Je tedy nezbytně nutné věnovat tomuto onemocnění více, aby byly potvrzeny účinky kanabinoidů.

### **3.8.3 Roztroušená skleróza**

Roztroušená skleróza je chronické autoimunitní onemocnění postihující centrální nervový systém, tedy mozek, míchu a obaly zrakového nervu. Tato nemoc se většinou projevuje střídáním období klidu a období vzplanutí. Během vzplanutí buňky vlastního imunitního systému napadají obaly nervových vláken (myelinové pochvy) a způsobují jejich rozpad (Landrigan et al 2022).

Landrigan et al. 2022 zhotovil souhrn údajů ze stávajících studií léčbou kanabinoidy ( $\Delta^9$ -THC) na roztroušenou sklerózu. Souhrnné údaje studií upozorňují na potenciální poškození chronického užívání konopí v běžně postižených kognitivních oblastech roztroušené sklerózy, a to včetně pozornosti, pracovní paměti, v menší míře verbální, zrakové paměti a výkonné funkce. Výsledky naznačily, že v krátkém úseku léčby kanabinoidy nezhoršují poznávání, ale dokonce mohou zlepšit kognitivní příznaky spojené s roztroušenou sklerózou. Tato zjištění jsou omezena rozdíly v údajích (Landrigan et al. 2022).

### 3.8.4 Kardiovasluukární onemocnění

Jeden z nejvíce konzistentních účinků konopí je zvýšení srdeční frekvence. Tato tělesná změna je paralelní se subjektivním „high“ pocitem a souvisí s množstvím THC v krvi. Zvýšená srdeční frekvence je nejvíce zřetelná u příležitostných uživatelů konopí, jelikož pravidelní uživatelé se stanou vůči tomu tolerantní. Tolerance se stanovuje do 24 hodin. Je třeba zmínit, že i velké množství konopí může mít malý vliv na hypertenzi. Pacienti s hypertenzí, ischemickou srdeční chorobou, cerebrovaskulárním onemocněním, kteří užívají konopí mohou pociťovat bolesti na hrudi, srdeční arytmii nebo infarkt myokardu, ale jelikož  $\Delta^9$ -THC vykazuje analgetické účinky, může tak maskovat bolest na hrudi a oddálit léčbu. Inhalace konopí zvyšuje hladinu karboxyhemoglobinu v krvi, zvyšuje srdeční činnost a snižuje přísun kyslíku do srdce. U pacientů s cerebrovaskulárním onemocněním se mohou objevit mozkové příhody způsobené změnami krevního tlaku a u pacientů s hypertenzí může dojít ze stejného důvodu ke zhoršení jejich nemoci (Hall et al 2001).

Na druhou stranu ve studii, která byla prováděna na potkanech, se ukázalo, že anandamid má fyziologický trojfázový účinek na kardiovaskulární systém, který se skládá z počátečního snížení srdeční frekvence (HR) a krevního tlaku, po kterém následuje krátká tlaková odezva, a poté výrazné snížení krevního tlaku srdeční frekvence (Devane et al. 1992; Varga et al. 1995). Bylo také prokázáno, že endokanabinoidy mají ochranný účinek proti ischemii myokardu a mohou pomoci zachovat funkci koronárního endotelu během ischemie (Ugdyzhekova et al. 2001). Je tedy těžké rozhodnout, zdali konopí má na kardiovaskulární soustavu pozitivní či negativní účinek.

### 3.8.5 Rakovina

Už několik desetiletí je preklinicky a klinicky zkoumaná bezpečnost a účinnost proti rakovině. Většina klinicky dostupných léků jsou neselektivní a mohou vyvolat u pacientů systémovou toxicitu. Každopádně je zjištěno, že kanabinod  $\Delta^9$ -THC přednostně indukuje nádorové buňky oproti normálním buňkám, indukují apoptózu, modifikují signální molekuly, inhibují angiogenezi a snižují invazi a metastázy (Lal et al. 2021).

#### 3.8.5.1 Rakovina prostaty

Rakovina prostaty je nejrozšířenější typ rakoviny vyskytující se u mužů a růst karcinomů u tohoto onemocnění je velmi pomalý. Je pomocí *in vitro* dokázáno, že fytokanabinoidy CBD, CBC, CBG, kyselina kanabidiolová, kyselina tetrahydrokanabinolová, a nolandineter inhibují buněčnou proliferaci proti řadě buněčných linií (Nikan et al. 2016).

#### 3.8.5.2 Rakovina prsu

Tato nemoc je nejvíce častým zhoubným nádorem a druhý nejčastějším důvodem úmrtí žen. V provedné studii v Lingresi byla hodnocena protinádorová aktivita u pěti kanabinoidů

(CBG, CBD, CBC, CBDA a  $\Delta^9$ -THC). V této studii byl nejučinnějším inhibitorem růstu rakovinných buněk i v době metastáze kanabidiol, který moduluje nádorové mikroprostředí změnou profilu molekul, které přenáší informaci mezi buňkami (cytokinu) (Nikan et al. 2016).

### 3.8.5.3 Rakovina plic

Rakovina plic je rozdělena do dvou typů: nemalobuněčný karcinom plic a malobuněčný karcinom plic, který tvoří pouze 20 % všech případů rakoviny plic. V 70. letech 20. století se ukázalo, že  $\Delta^9$ -THC inhibuje růst buněk adenokarcinomu, potlačuje uvolňování vaskulárního endoteliálního růstového faktoru u nemalobuněčného karcinomu a ananamid, který přes určité mezikroky zastavuje buněčný cyklus a apoptózu (Nikan et al. 2016).

### 3.8.5.4 Rakovina kostí

Rakovina kostí se dělí na primární a sekundární. Sekundární typ je více častý než primární typ rakoviny. Ten je většinou doprovázen chondrosarkomem a osteosarkomem. Studie *in vitro* ukazují, že apoptóza je indukovaná kanabinoidy, kromě toho bolest vyvolaná nádorem je tlumena endokanabinoidy a modulatory endokanabinoidního systému. Je také potvrzené, že podávání ananamidu (AEA) opravdu snižuje zvýšenou vnímavost bolesti (hyperalgezi) (Nikan et al. 2016).

### 3.8.5.5 Rakovina kůže

Tento typ rakoviny je nejběžnější formou na světě a bohužel její výskyt stále roste. Existují tři hlavní typy rakoviny kůže: melanom, bazaliom a spinocelulární karcinom. Oba zmíněné kanabinoidní receptory jsou v normální kůži exprimovány a při indukci apoptózy a regresi kožních nádorových buněk jsou oba funkční. Preklinické studie uvádí, že aktivace těchto receptorů snižuje růst nádoru, angiogenezi a metastáze melanomu, že  $\Delta^9$ -THC inhibuje růst transplantovaných buněk melanomu prostřednictvím antagosnistických protizánětlivých účincích (Nikan et al. 2016).

## 3.8.6 Epilepsie

V dnešní době tato nemoc postihuje na světě více jak 65 milionů lidí, z toho přibližně 1/3 z nich má z lékařského hlediska refrakterní epilepsii (epilepsie, u které selhala terapie dvou adekvátně vybraných antiepileptik). Přes dlouhé lékařské výzkumy, objevování nových léků, které jsou už po desítky let prováděny proti epileptickým záchvatům, nejsou bohužel záchvaty nijak potlačeny a jsou vyhledávány alternativní možnosti léčby. Zájem o alternativní léčbu epilepsie konopím se do teď velmi zvýšil, a to proto, že tato léčba byla velmi zviditelněna médii, která CBD zpopularizovala pro jeho antikonvulzivní účinek (Press et al. 2015). Důkazy o tom, že je kanabidiol antikonvulzivní zůstávají neoficiální, i přes to, že zprávy o pozitivních účincích Epidiolexu byly ohlasné. Neoficiální informace od nejméně jednoho lékaře s velkým množstvím epileptických pacientů potvrzují, že  $\Delta^9$ -THC a CBD umožňují kontrolu záchvatů,

ovšem s menším obsahem CBD. Tato synergická kombinace kanabinoidů však nebyla nijak testována ve formálních klinických studiích (Russo 2017).

### 3.8.7 Antimikrobiální aktivita

Obecně fytochemikálie mohou poškozovat bakteriální membránu a inhibovat bakteriální biofilm. Biofilm je tvořen bakteriemi uzavřené ve svojí vlastní matici, která je schopna přilnout k živým nebo inertním povrchům. Bakteriální biofilmy jsou nejvíce difundovány v klinickém prostředí a také v průmyslových činnostech a způsobují více než 75 % lidských mikrobiálních infekcí. Kromě toho, že je tvorba biofilmu zodpovědná za vážné hygienické problémy, je způsobuje ekonomické ztráty. Jsou-li bakterie ve formě biofilmu, mohou být až 10 - 1000krát odolnější vůči antimikrobiálním látkám (Frassinetti et al. 2020).

Byla stanovena antimikrobiální aktivita kanabinoidů z extrahovaných esenciálních olejů ze tří (THC <0,2 % w/v) odrůd konopí. Ty byly rozděleny do tří skupin: 1) Gram pozitivní bakterie, které se týkají gastrointestinálních bakterií a alimentárních 2) Gram negativní a 3) kvasinky (Nissen et al. 2010). Tyto antimikrobiální účinky byly stanoveny jako minimální inhibiční koncentrace (MIC). Jak je známo, tak gram pozitivní bakterie jsou zodpovědné za patogenezi v lidském gastrointestinálním traktu. Esenciální oleje vedly ke kontrole *Enterococcus hirae*, *Enterococcus faecium* a *S. salivarius* subsp. *thermophilus*. U gram pozitivních bakterií jenom jediný druh oleje (Futura), který vykazoval významně nižší MIC než u ostatních oleje u gram pozitivních bakterií. Mezi standardy alfa-pinen zcela inhiboval růst Gram pozitivní bakterie, zatímco alfa-humulen selhal ve třech případech ze sedmi, zejména u klostridií. Futura potvrdila nejlepší výsledky i na Gram negativních, s hodnotami MIC vždy hluboko pod prahovým limitem (2,00 % v/v). Co se týče ostatních odrůd, je třeba poznamenat, že jak Carmagnola, tak Fibranova-II byly nad limitem MIC pouze v jednom případě ze sedmi: *Pseudomonas savastanoi* a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *Carotovorum*, respektive pro obě odrůdy. Je třeba zmínit, že velmi důležité je doba setí, jelikož byl použit stejný druh oleje, ale ty samé rostliny byly sklizeny v jiný čas, tedy Fibranova II byla zasetá později, než Fibranova I. Při hodnocení oleje Fibranova II vykazoval lepší výsledky než Fibranova I o dvě bakterie. Mezi standardy byl alfa-pinen opět nejučinnější sloučeninou pro kontrastní Gram negativní bakterie a alfa-humulen byl bohužel zase neuspokojivý v šesti ze sedmi případů. U kvasinek nebyly oleje schopny inhibovat *Saccharomyces cerevisiare*. Výjimka byla rovněž u Futury, u kvasinek *Torulospora delbrueckii* a *Zygosaccharomyces bailii*. Carmagnola vykazovala významně nižší hodnoty MIC než Futura u *Khuyveromyces marxianus* a *Pichia membranaefaciens*, naopak u *Schizosaccharomyces japonicus*. alfa-humulen poskytl nejhorší výsledky mezi standardními sloučeninami, zatímco alfa-pinen byl opět nejučinnější standardní sloučeninou. Jako standard jediný vykazoval alfa-pinen hodnoty pod MIC u všech detekovaných případech a z esenciálních olejů Futura, který inhiboval všechny gram pozitivní i negativní bakterie. Jelikož olej Futura vykazoval tak výborné výsledky, byla zde stanovena minimální baktericidní koncentrace (MBC). Esenciální olej Futura usmrcoval gram pozitivní i negativní bakterie v dávkách dvakrát vyšší, než odpovídají hodnoty MIC (Nissen et al 2010).

Antimikrobiální aktivita extraktu z konopných semen může souviset s jeho vysokým obsahem polyfenolů, zejména caffeoyltyraminu a cannabisinu (Frassinetti et al. 2020). Podle Patnaika, Dey a Gouda (2008) vykazoval caffeoyltyramin antibakteriální aktivitu proti kvasině *Sacharomyces aureus* a bakterii *E. coli*.

Jiná studie poprvé odhalila antimikrobiální účinek u probiotik. Extrakty z konopných semen nevykazovaly žádné antimikrobiální aktivity u *Bifidobacterium* a *Lactobacillus* spp. kmeny. Mírné, ale významné zvýšení růstu bylo pozorováno u *L. paracasei*, *L. plantarum* a *B. longum*. Selektivní inhibice proti potenciálním patogenním kmenům je důležitá, protože udržování vyvážené střevní mikroflóry udržuje zdravý chod člověka (Frassinetti et al. 2020). Udržování prospěšných bakterií ve střevě je důležité nejen pro pravidelné vyprazdňování, zamezení průjmu, produkci bioaktivních molekul a detoxikaci škodlivých látek, ale také pro ochranu před příchozími patogeny (Montier et al. 2012). Prospěšné bakterie jsou schopny „soutěžit“ se střevními patogeny o živiny ke stimulaci buněčného slizničního imunitního i humorálního systému, které následně přilnou ke střevní sliznici, čímž je zabráněno adhezi patogenů (Tremaroli & Bäckhed 2012).

### 3.8.8 Kůže

Bylo stanoveno několik výzkumů *in vitro*, které zahrnovaly kanabinoidy, kde se stanovovala biologická aktivita a mechanismy působení v kožních buňkách, jako fibroblasty, keratinocyty, melanocyty a sebocyty. Nejvíce zkoumaný nepsychotropní kanabinoid na kožní úrovni byl CBD. Po všech preklinických a klinických studiích bylo zjištěno, že CBD chrání keranocyty před oxidačním poškozením způsobeným UV zářením a stimuluje produkci melaninu melanocytů, což naznačuje mnohočetné fotoprotektivní mechanismy, které mohou být užitečné při léčbě kožních poruch jako je stárnutí kůže a „fotostárnutí“ (Martinelli et al.).

Byla zhotovena studie, ve které byly použity extrakty konopí, kde byla hodnocena schopnost inhibovat aktivitu matricových metaloproteáz, kolagenázy a elastázy. Z toho byly připraveny hydrogely a měřil se jejich vliv na transepidermální ztrátu vody a hydrataci pokožky. Získané výsledky ukázaly, že výtažky z konopí mohou být cenným zdrojem biologicky aktivních látek, které snižují oxidační stres, brzdí procesy jako je stárnutí pokožky, pozitivně ovlivňují životaschopnost kožních buněk a hydratují pokožku. Jelikož je stále větší obliba hydrogelových přípravků v kosmetologii a dermatologii, tyto výsledky ze studie velmi přispívají k vývoji nových hydrogelů s konopnými extrakty (Zagórska-Dziok et al. 2021).

Velkým dermatologickým problémem je alopecie a porucha růstu vlasů, což vedlo ke studii, které zahrnovaly léčbu kanabinoidy. Bylo zjištěno, že mutace v tyrosinofosfatáze, která je zapojená do endokanabionidního anandamidu, který potlačuje proliferaci cytotoxických T-buněk, je spojena s alopecia areata. Studie byla prováděna na myších, kde byl růst vlasů potvrzen (Srivastava et al. 2009). Doposud však nebyly provedeny žádné klinické studie (Shao et al. 2021).

Je také třeba zmínit, že roce 2019 byl podán patent na přípravek proti psoriáze neboli lupénce, který obsahoval kanabinoidy CBD a CBG. Bohužel tato studie je vyhodnocena pouze ze dvou subjektů (Shao et al. 2021). Obecně léčba fytokanabinoidy je nejvíce početná a slibná u seborrhoických poruchách, hlavně u akné (Martinelli et al.).

### 3.9 Kontraindikace předepisovaného konopí

Přestože chybí lékařské pokyny k užívání konopí, je definována kontraindikace konopí, že by kanabinoidy neměly být předepisovány pacientům se závažnými poruchami osobnosti, schizofrenií a jinými psychotickými poruchami. Kromě toho je také důležité varovat při užívání konopí pacienty s kardiovaskulárním onemocněním. Kanabinoidy mohou podpořit ztuhnutí jater, takže pacienti s chronickou hepatitidou C by se jim měli vyvarovat. U pacientů, kteří trpí poruchou funkcí jater nebo ledvin může být účinek  $\Delta^9$ -THC a CBD zvýšen nebo prodloužen. Následně těhotné ženy a ženy zvažující těhotenství by se taktéž měly vyvarovat kanabinoidům. Kanabinoidy by neměly být předepisovány kojícím ženám, jelikož  $\Delta^9$ -THC se hromadí v mateřském mléce (Bougea et al. 2020).

### 3.10 Pěstební cyklus konopí

Pěstování konopí začíná obvykle klíčením, které trvá 3-7 dní, v tuto dobu nelze zde detekovat nějak významnou biosyntézu kanabinoidů, a proto je léčebná hodnota rostlin v tomto stádiu je velmi nízká. Následuje stádium juvenilní, které probíhá 2-3 měsíce. Rostlina vykazuje výrazný fototropismus a její růst tíhne směrem ke světelnému zdroji. V této fázi nelze rozpoznat, zda se jedná o mužské či ženské pohlaví, nicméně Mandolino et al. (1999) uvedl, že je možná identifikace DNA markerů specifické pro mužské pohlaví. Léčivý účinek konopí je však stále nízký. Po juvenilní fázi nastává fáze vegetativní, která je charakterizována zvýšenou biomasou, celkovým růstem rostliny a biosyntézou kanabinoidů a lze rozpoznat mužské a ženské pohlaví. Jako poslední je fáze kvetení, do které konopí přejde snížením světelné fáze na 12-14 hodin, což připomíná zkrácení dne. V tomto stádiu konopí produkuje nejvíce kanabinoidů a má největší léčebnou hodnotu (Farag & Kayser 2015).

### 3.11 Pěstební systémy

Pěstování konopí lze rozdělit na dva pěstební systémy, a to na outdoorové pěstování neboli venkovní pěstování a indoorové pěstování tedy vnitřní. Outdoorové pěstování předcházelo indoorovému, bohužel ale kvůli vnějším vlivům není možné dosáhnout takovému výnosu rostlin jako u indoorového pěstování. Indoorové pěstování vyžaduje obtížnější péči počínaje časem až po náklady (Dupal 2010).

Aby se docílilo úspěšnému pěstování konopí, je nutné splňovat několik ovlivňujících faktorů. Jeden z významných pro růst je světelný cyklus (fotoperioda). Pomocí světla lze upravovat poměr dne a noci. Nejdříve se volí fáze, kdy je den delší, protože světlo podporuje růst rostliny, osvětlení by tedy mělo být nastavené na 16 až 18 hodin. Po dosažení požadovaného vzrůstu rostlin, které by měly být vyšší než 1,5 m, je světlo omezeno na 12 hodin, což způsobí přechod konopí z růstu do kvetení. Dalším faktorem je dostatek závlahy, jelikož malé rostliny v kořenáčcích rychle vysychají a dostatečný vodní režim je důležitý pro růst listů.

Zároveň je ale třeba dávat pozor na přemokření, jelikož může dojít k hnití kořenů nebo onemocnění vyvolané houbami (Dupal 2010).

Konopí je schopné růst v teplotách od 10 do 40 °C, optimální teplota růstu konopí je ale 21-27 °C. Rostlinám přes noc prospívá o 5 °C nižší teplota než přes den (Dupal 2010) a relativní vlhkost 70-75 % (Mehboob et al. 2020).

### 3.11.1 Outdoor pěstování

Konopí, které je pěstované venku potřebuje k růstu dostatečné množství světla, takže nelze konopí pěstovat kdekoliv. Venkovní pěstování na jižní polokouli v oblastech u řeky Mississippi výsev semen začíná koncem března/začátek března, kdy se začíná oteplovat a může trvat až do listopadu nebo začátek prosince, to záleží na odrůdě konopí. Semena mohou být zaseta do květináčů nebo přímo do pole. Kromě semen mohou být zasazeny do květináčů řízky, které je výhodnější pěstovat, jelikož nehrozí, že semena nevzejdou jak z důvodu špatných klimatických podmínek nebo napadením hmyzem. Samčí květy a následně samičí se začínají objevovat během 2-3 měsíců od výsevu/přesazení. Samčí rostliny jsou odstraňovány z pole, a to z několika důvodů:

- 1) Samčí rostliny obsahují méně  $\Delta^9$ -THC v porovnání se samičími rostlinami
- 2) Aby se v rámci jednoho druhu zabránilo opylení rostlin, které produkují semena ve zralé plodině a následně mají nižší výnos biomasy a menší obsah  $\Delta^9$ -THC v porovnání s bezsemennými (sinsemilla) vzrostlými rostlinami.
- 3) Aby nedocházelo ke křížovému opylení mezi druhy (jsou-li pěstovány různé druhy v blízkosti) (Chandra et al. 2017).

Vzhledem k tomu, že je konopí alogamní (cizosprašné), je obtížné pěstovat na poli vybrané genotypy a udržet jednotný chemický profil s vysokým podílem  $\Delta^9$ -THC, pokud jsou pěstovány ze semen. Proto se více používají vegetativně množené řízky matečných rostlin (na základě jejich konzistentního chemického profilu). Podobně jako u množení ze semen se mohou řízky pěstovat v biologicky odbouratelných květináčích, které se po zakořenění sázejí přímo na pole pomocí automatického sázečního stroje. Obsah  $\Delta^9$ -THC se zvyšuje s věkem rostliny. Nejvyšší podíl  $\Delta^9$ -THC dosahuje konopí ve fázi pučení. Zralost je stanovena vizuálně a následně z odebraných vzorků potvrzena podle obsahu kanabinoidů. Jelikož celá rostlina nedozrává ve stejnou dobu, sklízí se nejdříve horní zralé květy, a po dosažení zralosti ostatních částí rostlin se postupně sklízí další. Obecně rostliny pěstované na poli obsahují více biomasy a jsou větší než rostliny pěstované uvnitř. Kromě polních plantáží je možné řízky pěstovat v hydroponických systémech, což je méně náročné na práci a sklizeň je čistší ve srovnání pěstování konopí v půdě (Chandra et al. 2017).



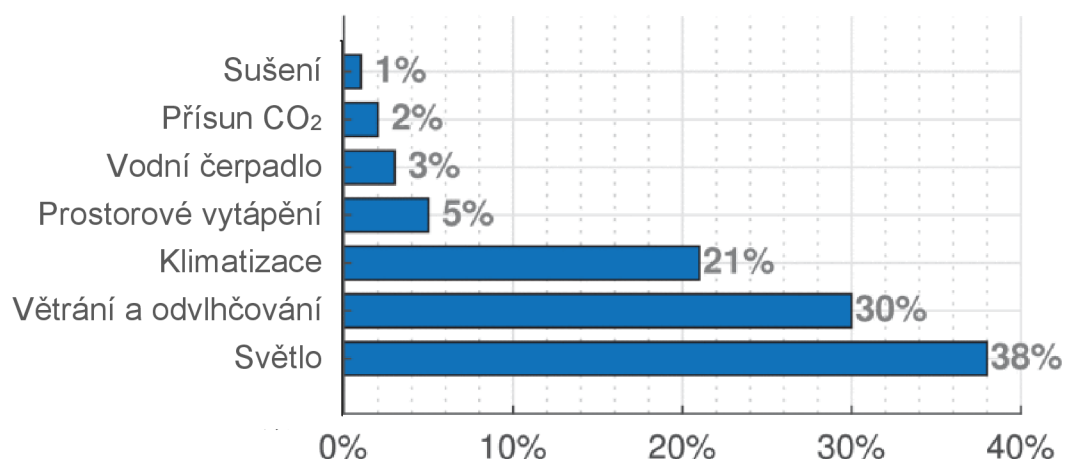
Obrázek 6 a 7: vlevo pěstování konopí volně v poli (Alchimiaweb.com 2021), vpravo pěstování konopí v květníku (Mullaways 2012)

### 3.11.2 Indoor pěstování

V moderním průmyslu se konopí s vysokým podílem  $\Delta^9$ -THC množí a pěstuje v kontrolovaném prostředí jako jsou skleníky a růstové komory, tedy v uzavřené místnosti. Tento typ pěstování konopí začal být celosvětovým trendem v přelomu 21. století, a to hlavně pro léčebné účely. Aby bylo docíleno konzistentního profilu účinných látek, na který klade indoor pěstování velký důraz, musí být dodržovány faktory jako genetika, podmínky pěstování, způsob sušení a skladování, způsoby zpracování a extrakce. Tak v konkrétním kultivaru zůstává poměr  $\Delta^9$ -THC a CBD konzistentní v samčích i samičích rostlinách. To platí i během vegetativní fáze růstu a kvetení (Jin et al. 2019). U podmínek vnitřního pěstování je dán velký důraz hlavně na úroveň záření světla, délku dne, teplotě, hustotě výsadby a načasování sklizně. Každý aspekt procesu pěstování je přísně dokumentován (Chandra et al. 2017). Jak už bylo zmíněno, konopí má během svého života tři fáze: 1) fáze množení/sazenice 2) vegetativní fáze 3) fáze květu. U vnitřních a skleníkových provozů je nejvyšší spotřeba energie ve fázi květu a nejnižší ve fázi sázení. U pěstování konopí v indoor prostředí je typické, že největší spotřeba elektřiny je u osvětlení (38 %), ventilace a odvlhčování (30 %) a klimatizace (21 %) (Mehboob et al 2020).

Pro zahájení vegetativního indoor pěstování se většinou používají nejprve matečné rostliny různých genotypů a když matečné rostliny mají dostatečnou velikost, jsou naklonovány. Řízky se následně s dostatečným množstvím dají zakořenit do vlhkých zakořeňovacích vat nebo kokosových zátek. Do dvou týdnů ve vysoké vlhkosti a téměř nepřetržitém světle by řízky měly tvořit bohatý kořenový systém. Poté jsou přesazeny do květníků (Chandra et al. 2017).





Obrázek číslo 8: Graf energetické spotřeby indoor pěstování konopí (Mehboob 2020)

## 3.12 Technologické požadavky u indoor pěstování

### 3.12.1 Osvětlení

Světlo je jedním z hlavních signálů vnímané rostlinami, které podporuje růst, vývoj, funkci a výnos konopí. Hlavní světelné vlastnosti, které ovlivňují rostliny jsou kvalita světla (spektrální vlastnosti světla), intenzita světla a fotoperioda (doba expozice světla). Tyto faktory ovlivňují funkci rostlin zapojením se do regulace tří hlavních rostlinných procesů fotosyntézy, fotoperiodismu a fotomorfogeneze (souhrn vývojových a růstových procesů, které jsou závislé na světle). V konopném průmyslu se v současné době používá několik typů světel. Mezi ně patří výbojky s vysokou intenzitou jako je metalhalogenid (MH), vysokotlaký sodík (HPS) a zářivky a světelné diody (LED). Svítidla se od sebe odlišují intenzitou a spektrem. Fluorescenční svítidla se liší ve spektru (s vysokým vrcholem na kratších vlnových délkách a sníženou intenzitou s nárůstem vlnové délky), HPS je bohatá na červenou zónu spekter, MH má ve všech vlnových pásmech relativně jednotnou intenzitu a LED diody lze vyrobit na míru, aby pokryly požadované oblasti spekter (Danziger & Bernstein 2021).

Fotosyntetická fixace uhlíku vyžaduje světelnou energii a reaguje většinou na intenzitu světla při specifických vlnových délkách. Fotosynteticky aktivní záření se pohybuje v mezích 400-700 nm. Červené (600-700 nm) a modré (420-450 nm) zóny spekter jsou konvenčně považovány za nejvlivnější vlnové délky a také maximální rozsahy absorpce chlorofylů a a b, karotenoidy zvyšují absorpci v rozmezí 470–700 nm. Nedávné studie potvrdily lepší účinky plného spektra (bílého světla) na růst a funkci rostlin v porovnání s modrým a červeným světlem (Danziger & Bernstein 2021). Fotosyntéza je přímo ovlivněna intenzitou světla, přičemž vyšší hustota fotonového toku na selektivní vlnové délky podporuje vyšší rychlost fixaci uhlíku (Feng et al. 2019). Léčebné konopí produkuje velké množství sekundárních metabolitů, které může obsahovat až 20 % sušiny, což má za následek velké energetické spotřeby, proto je důležité pochopit regulaci energetické bilance, která má velký vliv při fotosyntéze na sekundární metabolity (Danziger & Bernstein 2021).

Fotoperiodismus je vývojová reakce rostlin na délku světla a tmy, tedy přirozeně u rostlin vnímání východu a západu slunce. Při dvanáctihodinovém osvětlení denně začne rostlina

kvést po dvou až dvou a půl měsících, při šestnáctihodinovém osvětlení začne rostlina kvést po třech a půl až čtyřech měsících. Při osmnáctihodinovém osvětlení denně začne rostlina kvést po čtyřech a půl až pěti měsících (Dupal 2010). U indoor pěstování lze tedy nastavit světelný časovač pro růst na 18 hodin světla a 6 hodin tmy, pro květ 12 hodin světla a 12 hodin tmy (Dupal 2010; Danziger & Bernstein 2021).

Fotomorfogeneze je vliv kvality světla nebo spektra na vývoj a fyziologii rostlin. Ovlivňuje hlavně vývojová stadia rostlin včetně přechodu z vegetativního stadia do stadia květenství, zahrnuje také prodlužování, průchodovou vodivost, zvětšení/expansi listů a sekundární metabolismus (Danziger & Bernstein 2021). Na rozdíl od fotosyntézy, která využívá světlo jako zdroj energie, jsou fotomorfogeneze tak fotoperiodismus spouštěny aktivací pigmenty (fototropiny, fytochromy, kryptochromy a specifickými vlnovými délkami i při nízkých úrovních ozáření) (Huché-Thélier et al. 2016). Je tedy očekáváno, že kvalita světla velmi ovlivňuje fyziologii, progresi, morfologický vývoj a sekundární metabolismus konopí.

Ve studii Danziger & Bernstein 2021 bylo zjištěno, že světelné spektrum nemělo vliv na 2 hodnocené parametry vodních poměrů, které by následně měly mít vliv na oxidační stres, z čehož vyplývá, že světelné spektrum nemá vliv na poměr vody u konopí. Jako další tato studie potvrdila vliv poměru modrého a červeného světla na růst konopí a profil kanabinoidů, takže tato studie naznačuje, že kvalita světla je slibnou cestou pro přizpůsobení bioaktivního profilu ve prospěch pěstitelů a pacientů.

### 3.12.2 Vzduchotechnika

Fotosyntéza má významný vliv na růst rostlin, je primárním zdrojem uhlíku a energie. Zvýšený oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) podporuje asimilaci fotosyntetického uhlíku, urychluje růst rostlin a zlepšuje produktivitu konopí (Chandra et al. 2008). Zdvojnásobení koncentrace  $\text{CO}_2$  (~750 ppm) stimuluje rychlost fotosyntézy u různých odrůd až o 38–48 % ve srovnání s koncentrací  $\text{CO}_2$  v okolním prostředí (Chandra et al. 2017). Je tedy důležité, aby byl rostlinám poskytnut dostatečný přísun  $\text{CO}_2$  a kyslíku ( $\text{O}_2$ ) (Chandra et al. 2008). Kromě toho sušší prostředí a neustálé proudění vzduchu v pěstírně zabraňuje napadení některými chorobami a tvorbě plísní na rostlinách konopí. Pro cirkulaci vzduchu kolem rostlin se ve vnitřních pěstírnách doporučuje stálý proud čerstvého vzduchu z venkovní ventilace a horních otočných ventilátorů. Při zdvojnásobené koncentraci  $\text{CO}_2$  může být výnos zvýšen až o 30 % (Chandra et al. 2017). Hladina oxidu uhličitého může být v indoor pěstírnách až čtyřikrát zvýšená v porovnání s přirozenou úrovní (Mills 2012).

### 3.12.3 pH

Jeden ze základních faktorů, který řídí dostupnost půdních živin, půdní mikrobiální aktivitu včetně růstu a vývoje rostliny je pH. Jelikož voda má pH okolo 7, je třeba regulovat pH zálivky hned po zasazení semen, aby semena byla dobře vyživená. Optimální rozsah pH by se měl pohybovat mezi 5,5-6,5. V hydroponickém pěstování by mělo být pH v mezích 5,5-6,0, ovšem maximální vstřebávání živin je při pH 5,8. Co se týče pěstebního substrátu, je zde doporučeno pH v rozmezí 5,8-7,2 a maximální vstřebávání esenciálních živin je při pH 6,5. Při

poklesu této hodnoty je mnoho makroživin méně dostupných pro rostlinu a může tak dojít k nedostatku makroživin. Naopak, když hodnoty pH stoupnou nad tento rozsah, nebudou pro rostlinu dostupné stopové prvky (Malík et al. 2021).

### 3.12.4 Výživa

Konopí potřebuje k absorpci snadno vstřebatelné formy živin, jelikož jeho kořenový systém je oproti nadzemní části slabě vyvinut. Na kořenech konopí je více bakterií, které rozkládají dusíkaté organické sloučeniny než u jiných rostlin, které využívají organický dusík na stavbu svého těla. Dusíkatá hnojiva ovlivňují rychlost růstu a štíhlosti stonku. Nadbytek hnojení dusíkem způsobuje menší výtěžnost. Dusík má synergický účinek s ostatními živinami a je považován jako nejdůležitější živina (Bjelková et al. 2017).

Jako další důležitý prvek ve výživě konopí je fosfor. Fosfor ovlivňuje vývoj výnos stonku a vláken buněk. Potřeba výživy fosforem se postupně během vegetačního období zvyšuje. Nejvíce je fosfor rostlinou potřebován v době květu. Při nedostatku fosforu jsou kořeny dlouhé, stonek je načervenalý a listy jsou tmavě zelené s fialovým odstínem na spodní straně, možno doprovázené zvlněnými okraji. Na začátku vývoje se používá granulovaný superfosfát a v pozdějších fázích vývoje lze fosforové hnojivo doplnit kapalným (Bjelková et al. 2017).

Je zajímavé, že jako první má tendenci akumulovat draslík stonek. Koncentrace draslíku ve stonku zde zůstává i na konci vývojového období, kdy je intenzivní poptávka po živinách. To tedy ukazuje, že zde dochází ke značné akumulaci draslíku. Celkově koncentrace hnojiv dusík, fosfor, draslík jsou více v reprodukčních než ve vegetačních tkáních. Naopak koncentrace těchto tří minerálních látek je ve vějířovitých listech oproti listům u květů nízká (Bernstein et al. 2019).

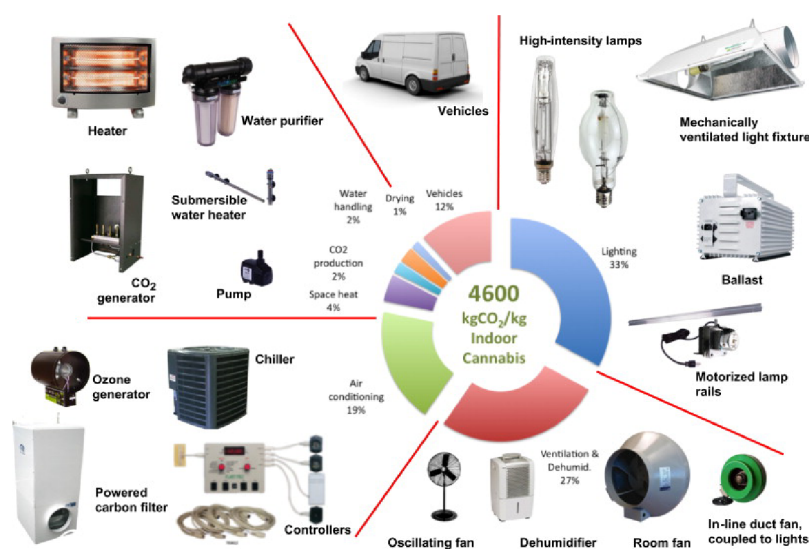
Další minerální látka, která ovlivňuje tloušťku stonku je vápník. Hnojení vápníkem je nutné mletým vápencem při osivu, jelikož přímou aplikaci konopí nesnese. Nejvíce je vápník absorbován za použití uhličitanu vápenatého. Je velmi důležité, aby rostlina měla dostatek vápníku v období 6-9 týdne růstu. Při nedostatku vápníku je rostlina ochablá a zakrnělá, horní listy usychají, kroutí se, jsou nažloutlé až tmavé a následně mohou opadat. Má-li konopí dostatek vápníku, tak je menší riziko napadením *Botrytis cinerea* (Bjelková et al. 2017). Obecně koncentrace vápníku je nižší kvůli jeho imobilitě ve floému a kvůli jeho závislosti na dodávce xylému v transpiračním proudu nebo průtoku řízeného kořenovým tlakem (Bernstein et al. 2019).

Nedostatek hořčíku je u konopí zřídka kdy, jelikož jeho nedostatek je nejvíce v období velkých dešťů nebo v písčitých půdách. Na rostlinách se projevuje jako chloróza na spodních listech (žluté okraje, šedobílé skvrny). Hořčík má synergický účinek s draslíkem, což pak vede k vysokým výnosům rostlin (Bjelková et al. 2017).

Potřeba individuálních rostlin se určuje odběrem živin z půdy spolu s výnosem rostlinné produkce. Stanovuje se tzv. kompenzační dávka hnojení (Bjelková et al. 2017).

### 3.12.5 Zavlažovací systém a relativní vlhkost

Vlhkost hraje důležitou roli v každé fázi konopí. Pro udržení optimálních podmínek je nutné řádné větrání a cirkulace vzduchu doprovázené někdy nutným odvlhčováním. Množství vody a frekvence zavlažování rostlin se liší v závislosti na fázi růstu konopí, velikosti rostlin, teplotě, velikosti nádob, ve kterých jsou rostliny zasazeny, vlhkosti ovzduší a dalších faktorech. Největší vlhkost vyžaduje konopí v juvenilním stádiu (sazenice nebo konopí), kde je doporučena vlhkost 75 %, ve vegetativním stádiu rostliny vyžadují pravidelný přísun postřiky vodou na listy, aby se udržela vysoká vlhkost v jejich mikroklimatu, dokud rostliny dobře nezakoření. Vlhkost ve vegetativní fázi a kvetoucí fázi (generativní) by měla být mezi 55-60 % (Chandra et al. 2017).

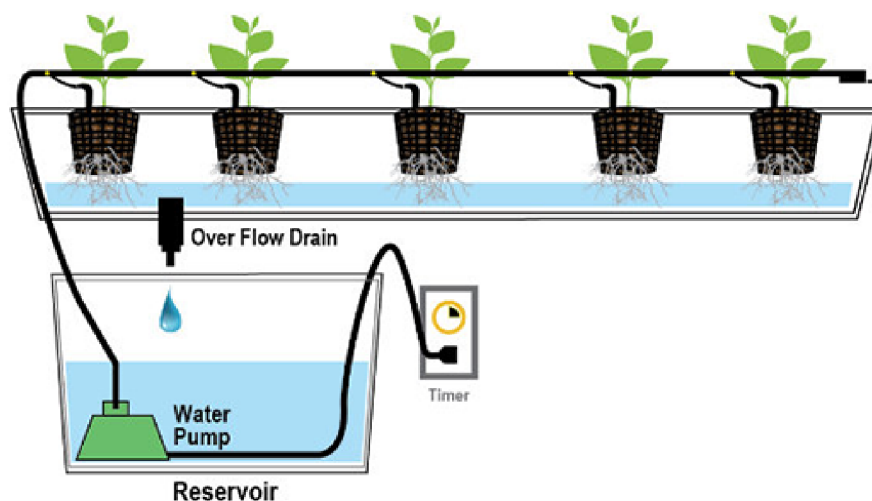


Obrázek číslo 9: Schéma energetických potřeb u indoor pěstování (Mills 2012)

### 3.12.6 Hydroponický systém

Hydroponický systém je kultivace bez půdy a je využíván ve venkovním i vnitřním pěstování. Princip tohoto systému je v tom, že rostliny jsou zalévány vyváženým živným roztokem. Jako pěstební médium jsou u hydroponického systému využívány hydrotonové jílové kuličky (keramzit), minerální vlna, nebo vermikulit. Ty jsou ve standardních pěstebních nádobách. Použití minerální vlny zajišťuje vynikající provzdušnění, ale také usnadňuje kontrolu množství živin, které rostlina absorbuje (Chandra et al. 2017).

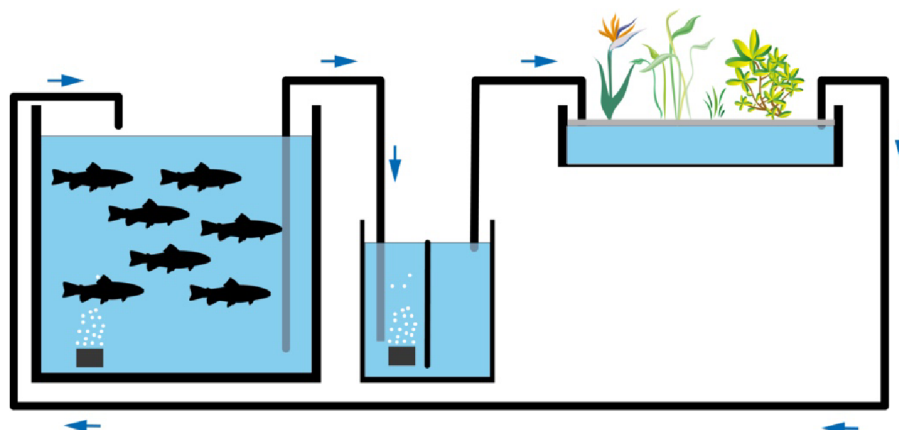
Tyto systémy mají rozmanitou kořenovou oblast: dostupnost kyslíku, průtok vody a dostupnost minerálních živin. To vše se může značně lišit v závislosti na fyzikálně-chemických vlastnostech, použitých substrátech a postupech hospodaření (např. frekvence hnojení). Kořenová oblast je důležitým faktorem pro úspěch pěstování, který je často přehlížen. Faktor Velikost květináče a hnojení mohou velmi ovlivnit výnos a potenci konopí, dokonce bylo zjištěno, že makroživiny v kořenové oblasti mohou samy ovlivnit výnos květů a množství fytoKANABINOIDŮ konopí (Yep et al. 2020).



Obrázek číslo 10: Schéma hydroponického systému (Pěstík.cz 2018)

### 3.12.7 Akvaponie

Dalším bezpůdním kultivačním systémem, o který je v poslední době vědecký a komerční zájem, jelikož jsou sníženy ekologické stopy je akvaponie. Akvaponie využívá odpadních vod z ryb a přirozeně se zde vyskytujících bakterií (k mineralizaci organických sloučenin) ke hnojení rostlin v uzavřeném ekosystému. Rostliny a ryby zároveň tak snižují používání pesticidů a hnojiv. Navzdory tomu, že je menší dostupnost rozpuštěných živin v porovnání s konvenčními systémy, tak větší množství mikroorganismů podporuje efektivitu využití živin rostlinou, a tedy podporu růstu rostlin. Jelikož má konopí velkou spotřebu živin, je třeba u akvaponie zjistit rychlost spotřeby zdrojů. V dnešní době mohou mít pěstitelé zájem o tento alternativní způsob pěstování, aby se odlišili od lékařsky nebo výzkumně založených pěstitelů nebo, aby se vyhnuli nedostatečné udržitelnosti v kontrolovaném prostředí (Yep et al. 2020).



Obrázek číslo 11: Schéma akvaponie (Zloch 2017)

### 3.12.8 Mikropropagace

Konopí je větrem opylovaná alogamní rostlina. Každá z rostlin se od sebe odlišuje svým chemickým profilem, a to především obsahem kanabinoidů. Jak už bylo zmíněno, pro produkci kanabinoidů jsou využívány samičí rostliny. Jakmile jsou samičí rostliny opyleny,

produkují ve své zralosti semena. Rostliny bez semen (sinsemilla) jsou preferovány pro produkci vyšších sekundárních metabolitů. Právě proto, aby se zabránilo tvorbě semen a byly odstraněny samčí rostliny, je využíván screening samičích klonů/řízků za použití biotechnologických nástrojů jako je mikromnožení. Tímto způsobem lze dosáhnout konzistentnosti chemického profilu. Kromě toho tato pěstební technika má za výhodu množení nezávisle na ročním období. U konopí je většina pěstování *in vitro* ve fázi kalusu, což je hojivé pletivo (Chandra et al. 2017).



Obrázek číslo 12: Schéma mikropropagace konopí (Softsecrest.com 2021)

### 3.12.9 Sklizeň, sušení a zpracování

Aby bylo dosaženo maximální sklizně sekundárních metabolitů, je důležité dodržet optimální dobu sklizně. Sklizeň se provádí na základě požadovaného obsahu kanabinoidů. Při sklizni by pestíky měly být hnědé. Pokud je biomasa jako výchozí materiál pro farmaceutické účely, mělo by být zabráněno jejím kontaktem se zemí, je tak zamezeno kontaminaci. Ze zralých pupenů by měly být před sušením odstraněny suché a velké listy. Typ zvoleného sušícího zařízení závisí na množství sklizené plodiny. Při velkoplošném pěstování konopí jsou rostliny sušeny v průmyslových sušárnách s nuceným oběhem vzduchu, ale pokud je konopí pěstováno v menším množství, jsou využívány jednoduché laboratorní pece, které mají při nočním sušení až 40 °C. Následně jsou sušené rostliny baleny do nádob schválených FDA a označeny jedinečným číslem šarže. Ty jsou následně skladovány v chlazeném trezoru, dokud není potřeba extrakce. Všechny procesy počínaje od výběru semene nebo klonu až po označení a balení musí být zahrnuty v šarži (Chandra et al. 2017).

### 3.12.10 Extrakce

Extrakce rostlin je prováděna dvěma způsoby. První způsob je rozpouštědlem nebo superkritickou fluidní extrakcí. Dekarboxylace z kyselých kanabinoidů na neutrální se provádí pomocí extrakce. V záznamu jednotlivých šarží musí být zaznamenány i šarže konopného extraktu. Čisté CBD nebo  $\Delta^9$ -THC se izoluje podle patentovaných metod (Chandra et al. 2017).

### 3.13 Onemocnění konopí

#### 3.13.1 *Botrytis cinerea*

Jelikož konopí není pěstováno v suchém prostředí, je často napadeno plísněmi. Nejvíce konopí napadá plíseň šedá (*Botrytis cinerea*). *Botrytis cinerea* se vyskytuje v mírných až chladnějších oblastech s velkou vlhkostí. Při těchto podmínkách může plíseň dosáhnout až epidemických rozměrů a zničit celou úrodu do týdne. Plíseň šedá se může na rostlině vyskytnout v různých fázích stáří rostlin. U sazenic plíseň způsobuje chřadnutí, u vláknitých kultivarů plíseň způsobuje onemocnění stonku, který vzniká jako šedohnědá podložka podhoubí pokryta konidii. Stonky na okrajích rohože se stávají chlorotickými a enzymy produkované plísní redukuje stonky na rakovinnou tkáň, které následně praskají. Plíseň šedá také napadá květy. Nejvíce napadeny jsou samičí pupeny, které zadržují vlhkost. Vějířové lístky nejprve zežloutnou a vadnou, poté začnou pestíky hnědnout. Celá květenství se brzy obalí rozmazaným šedým myceliem, a poté degradují na šedohnědý sliz (McPartland 1996).

#### 3.13.2 Rakovina konopí

Druhým významným onemocněním konopí je rakovina konopí. Tato nemoc je způsobena houbou *Sclerotinia sclerotiorum*. Nemoc se nejprve projevuje na stoncích a větvích jako vodou nasáklé léze, které se blíží ke zralosti. Léze se se zhroutí do rakoviny a ztmavnou. Postižená oblast má roztrhaný vzhled a dřev se zaplní bílým vatovým myceliem, rostlina buď zůstává v tomto stavu nebo vadne a upadá. Na povrchu stonku nebo dřevu mrtvých stonků mohou vznikat velká černá sklerocia (McPartland 1996).

#### 3.13.3 Kořenová hniloba

Kořenová hniloba vzniká napadením *Fusarium solani* nebo *Rhizoctonia solani*, který ničí až 80 % rostlin v Indii. V jižních mírných pásmech a tropech převládá hniloba kořenů způsobená *Sclerotium rolfsii*. Je velmi obtížné odlišit nadzemní příznaky kořenové hniloby od vadnoucích chorob. Důležité jsou tři vadnoucí choroby, a to vadnutí způsobené fusáriem *Fusarium oxysporum*, vadnutí verticillium způsobené *Verticillium* a předčasné vadnutí způsobené *Macrophomina phaseolina* (McPartland 1996).

#### 3.13.4 Hád'átka

Napadení konopí hád'átky je podceňované kvůli jejich malé velikosti a jejich neviditelné podzemní přítomnosti. Nadzemní příznaky se projevují zakrnutím, sníženým výnosem a vadnutím listů během poledne a nočním zotavením. To může často vést ke špatné identifikaci, že se jedná o nedostatek minerálů nebo přílišnému suchu. Výraznější příznaky jsou v podzemní části včetně kořenových uzlů nebo háčků. V Evropě se lze setkat s hád'átkem jižním (*Meloidogyne inkognita*) (McPartland 1996).

### 3.13.5 Viry

Viry žijí a replikují se pouze v živých rostlinách a zabíjí konopí jen zřídka. Mohou ale vážně snížit výnosy konopí. Viry mohou napadat jakoukoliv část rostlin a infekce se může přenášet pylem a semeny na další generace. Jakmile je rostlina napadena virem, je téměř nemožné je vymýtit. V Evropě je konopí často napadeno *Herpes simplex* virem. Jeho napadení rostliny začíná světle zelenou chlorózou listů, ty se později mění v intervenózní žluté pruhy nebo pruhy do tvaru V. Mohou se také objevovat hnědé nekrotické skvrny a okraje listů se mohou zvrásnit a špičky listů stočit nahoru do spirály. Celkový vzhled rostliny vypadá zvadle a vlnitě. Dále se v Evropě můžeme setkat s mozaikovým konopným virem, který tvoří na listech šedé listové mozaiky. Jsou to virus mozaiky vojtěšky, virus mozaiky arabis a vir mozaiky okurky (McPartland 1996).

## 3.14 Škůdci

### 3.14.1 Členovci

Nejčastějšími škůdci konopí jsou členovci, a to zejména šest tříd: Crustacea, Symphyla, Chilopoda, Diplopoda, Arachnida a n největší třída Insecta neboli hmyz. Mezi velké škůdce konopí jsou řazeny zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*) a zavíječ konopný (*Grapholita delineana*). Zavíječi pocházejí z východní Evropy, kde jako původní hostitelské rostliny sloužily *Cannabis sativa* a *Humulus lupulus* (chmel). Když se zavíječ krmí rostlinou, stonky rostlin zeslábnou a postupně způsobují rakovinu rostliny. Larvy zavrtané do menších větví způsobují vadnutí distálních částí rostlin. Při velkém napadení může zahynout celá rostlina. Podobní zavíječům jsou zavrtávači, kteří jsou oproti zavíječům menší. Ti způsobují poškození stonků a napadají rostliny ve vrcholcích květů. Jsou také známé pod jménem požirači konopných semen či válečky z konopných listů. Nejzávažnějšími kořenovými škůdci jsou brouci blešivci (*Psylliodes attenuata*), brouci japonští (*Popillia japonica*) a chroustci (*Melolontha hippocastani* a *M. melolontha*) (McPartland 1996).

Největšími škůdci konopí pěstovaném ve skleníku jsou svilušky. Ty napadají rostlinu, že sají rostlinnou šťávu, následné ztráty mohou být až 50 %. Nejvíce obávané druhy jsou sviluška tečkovaná *Tetranychus urticae*) a sviluška karmínová (*T. cinnabarinus*) (McPartland 1996).

Mezi další škůdce patří šest druhů mšic. Ty se shromažďují na spodní straně listů a způsobují vadnutí a žloutnutí listů. Rostlina může zvadnout celá a uhynout, ty rostliny, co přežijí jsou zakrnělé. Některé mšice mohou napadat kvetoucí vrcholy, které jsou buď zdeformovány nebo hypertrofovány. Když se mšice krmí, vylučuje u toho z řítního otvoru mizu/medovici, která způsobuje sekundární problémy a to ten, že přitahuje mravence a může podporovat silný růst černé sazovité plísně. Při krmení může mšice také šířit choroby rostlin, že přenáší viry, bakterie nebo houby z nemocných na zdravé (McPartland 1996).

Velkým problémem jsou třásněnky, které využívají hydroponii a minerální vlnu. Mezi ně patří třásněnka skleníková (*Heliothrips haemorrhoidalis*), třásněnka západní (*Frankliniella occidentalis*) a třásněnka cibulová (*Thrips tabaci*) (McPartland 1996).



Dříve ve starých sklenicích s půdní podlahou byly půdní houby, které infikují a zabíjejí třásněnky, které padají na zem, aby se zakuklily. Nyní jsou skleničky bez půdní podlahy, což způsobuje absenci výskytu půdních hub a následné zahubení třásněnek (McPartland 1996).

### 3.14.2 Ostatní škůdci

Kromě členovců mohou rostlině škodit i jiní škůdci, ale ve srovnání se členovci nejsou tak velkou hrozbou. Měkkýši jako jsou slimáci a hlemýždi mohou způsobit poškození sazenic ve vlhkých a chladných oblastech. Slimáci kromě toho ničí i starší listy rostlin. Jako další škůdci jsou ptáci, kteří se živí semeny, jedná se hlavně o holuba stěhovavého (*Ectopistes migratorius*), holubici smuteční (*Zenaidura macroura*), křepelku obecnou (*Colinus virginianus*) a bažanta obecného (*Phasianus colchicus*), v Evropě lze nalézt hlavně lindušku konopnou (*Carduelis cannabina*), straku (*Pica pica*), špačka obecného (*Sturnus vulgaris*), hrdličku (*Streptopelia turtur*), chrasta nachového (*Quiscalus quiscula*), vrabce stromového (*Passer montanus*), vrabce anglického (*P. domesticus*), strakapouda menšího (*Dendrocopus minor*) a brhlíka obecného (*Sitta europaea*). Savci, se kterými se můžeme setkat v Evropě a kteří se živí semeny konopí jsou především hraboši polní (*Microtus* sp.) a jiní hlodavci. Hlodavci také mohou ničit kořeny, pojídat malé výhonky nebo krysy mohou odstraňovat kůru ze stonků ke stavbě jejich hnízd (McPartland 1996).

## 4 Metodika a materiál

### 4.1 Biologický materiál

#### 4.1.1 Regulérní semena konopí

1. Nordle (šlechtitel: Mr. Nice) – 10 semen
2. Cannatonic (Ressin seeds) – 4 semena
3. CBD Caramel (Barney`s farm) – 10 semen
4. Jack Skellington (Subcool`s the Dank) – 5 semen
5. Jack Cleaner (Subcool`s the Dank) – 10 semen
6. Nurse Jackie (Homegrown natural wonders) – 10 semen
7. Conspiracy Kush (Heroes of the farm) – 10 semen
8. Shaman (Dutch Passion) – 10 semen
9. Blueberry (Dutch Passion) – 10 semen

Regulérní semena jsou semena, která jsou základem pro další generaci semen. Tato semena nejsou nijak upravována a měla by být v poměru 50:50, ze kterých se rodí samci nebo samice a jsou vhodná pro další šlechtění, produkci semen či selekce matečných rostlin (Konopí 2020).

Tabulka 1: Charakteristika regulérních genotypů

Genotyp	Šlechtitel	Rodiče	Sativa:Indica	Květ	Prostředí	Počet semen
Nordle	Mr. Nice Seedbank	Afgan x Skunk	20:80 %	8-10 týdnů	Indoor/outdoor	10
Cannatonic	Resin seeds	Reina Madre x NYC Diesel	50:50 %	9-10 týdnů	Indoor/outdoor	4
CBD - Caramel	Barney`s farm	Brazilian x Himalaya x Afghan x CBD Enriched	30:70 %	7 týdnů	Indoor/outdoor	10
Jack Skellington	TGA Subcool Seed	Cindy 99 x G-13 x Jacks Cleaner x Space Queen	70:30 %	8 týdnů	Indoor/outdoor	5
Jack Cleaner 2	TGA Subcool Seed	Pluton x Purple Haze x Lambsbread x NL x Jack Herer x Jack The Ripper Male	80:20 %	8-10 týdnů	Indoor/outdoor	10
Nurse Jackie	Homegrown Natural wonders	Medicine Woman x Jack the Ripper	80:20 %	9 týdnů	Indoor/outdoor	10
Conspiracy Kush	TGA Subcool Seed	Obama Kush . Space Queen	30:70 %	8 týdnů	Indoor/outdoor	10
Blueberry	Dutch Passion	Blueberry	20:80 %	8-9 týdnů	Indoor/outdoor	10
Shaman	Dutch Passion	Purple #1 x Super skunk	75:25 %	8 týdnů	Indoor/outdoor	10

#### 4.1.2 Feminizovaná semena konopí

10. CBG-Force (Dutch passion, Nizozemsko) – 5 semen
11. Tangie (Fair Seeds, USA) – 10 semen
12. Forbidden fruit (Fair Seeds, USA) – 10 semen

Feminizovaná semena konopí jsou geneticky nebo chemicky upravovaná, tak aby produkovala pouze samičí rostliny. Samčí květy lze indukovat čtyřmi hlavními možnostmi, kterými jsou aplikace koloidního stříbra, vnější dodání hormonů, cílené stresování fyzikálními podmínkami a přezrání rostlin. Z fyzikálních metod se nejvíce používá proměnlivá fotoperioda, kdy se střídá generativní a vegetativní fáze. V současnosti je nabízeno z takřka poloviny semenných bank nabízené pouze feminizovaná semena a u veškerých feminizovaných bank tvoří 90 % prodej právě feminizovaná semena. Výhodou těchto semen je, že v 99 % případech vyroste ze semene samičí rostlina a tím je ušetřeno selekci samců. (Legalizace 2016).

Tabulka 2: Charakteristika feminizovaných genotypů

Genotyp	Šlechtitel	Rodiče	Sativa:Indica	Květ	Prostředí	Počet semen
CBG-Force	Dutch Passion	CBG-Force	50:50 %	7 týdnů	Indoor/outdoor	5
Forbidden Fruit	Fair Seeds	Cherry Pie × Tangie	30:70 %	9 týdnů	Indoor/outdoor	10
Tangie	Fair Seeds	California Orange × Skunk-1	30:70 %	7-8 týdnů	Indoor/outdoor	10

## 4.2 Substráty a výživa rostlin

- Agra-Wool (minerální vlna) od značky Speedgrow (40x40 mm) – bez dírky
- Rockwool kostky (čedičová vata) od značky Grodan (40x40 mm)
- Keramzit od značky Liaflor (velikost kuliček 8-16 mm)
- Perlit – od značky Gramoflor
- Hydro a – Plagron (Nizozemsko)
- Hydro b – Plagron (Nizozemsko)
- pH<sup>-</sup> – Plagron (59% kyselina fosforečná)
- pH<sup>+</sup> – Plagron (25% hydroxid draselný)
- Kořenový stimulant – Stimulax I (Česká republika)

## 4.3 Pěstební technologie

- Světla 1000 W (Dimlux, USA)
- Klimatizace s uzavřeným okruhem Opticlimat (Nizozemsko), propojená s osvětlením
- Větráky (přítah-odtah, cirkulace)
- Čerpadla – (Aquaking Q5503), průtok 11000 L/h, maximální výtlak 8,5 metrů

## 4.4 Vysazování semen konopí

- 12. 10. 2021
- Zaseto do Agra-Wool kostek předem namočených ve vodě s upraveným pH na 5,8 (EC 0,3), do kterých byla propíchnuta 1 cm hluboká a 3 mm široká dírka, kam byla následně vložena semena jednotlivých genotypů
- Kostky byly položeny do centimetrové vrstvy perlitu, který upravuje vlhkost
- pH vody, do které byly namočeny kostky bylo sníženo ze 6,7 na 5,8
- Teplota 22-26 °C
- 24 hodin tma do klíčení



Obrázek 13: Vysazování semen konopí (autorka 2021)

#### 4.5 Klíčení semen konopí

- 1. klíčení 15.10. 2021
- Charakteristika klíčení – otevírání se osemení
- Po vyklíčení semen je světelný režim upraven na 18/6 (světlo/tma), zářivky 18 W
- Teplota 22-26 °C
- pH zálivky 5,8-6,2
- EC 0,3
- Po 3 týdnech byly rostliny přesazeny do květináčů s keramzitem (4. 11. 2021)
- Světlo zůstává 18/6 hodin
- 16.11. přesunuty z místnosti 1 (matkárny) do místnosti 2



Obrázek 14: První známky klíčení (autorka 2022)



Obrázek 15: Postupné klíčení dvou různých genotyp (CBD Caramel a CBG-Force) (autorka 2022)

#### 4.6 Selektce samčích rostlin

- 21. 12. 2021 z každé rostliny odebrány alespoň 2 klony a po zakořenění přesunuty do izolovaného stanu
- Světlo ve stanu upraveno pro fázi kvetení 12/12 hodin (světlo/tma)
- Teplota 25 °C
- Po měsíci, co byly rostliny ve stanu (24. 1. 2022), byla provedena selektce samčích rostlin



Obrázek 16: Klony konopí, které v izolovaném stanu určily pohlaví rostlin pro následnou selektci samčích a samičích rostlin (autorka 2022)

## 4.7 Dopěstování samčích rostlin

- Zůstává vegetativní fáze rostlin, teplota 22-26 °C
- EC rostlin 0,8-1
- Světlo 1000 W, které byly nastaveny na 60 % výkonu
- Před přepnutím rostlin do generativní fáze bylo od každé pořízeno několik klonů jako záloha rostlin do dalších pěstebních cyklů
- 28. 1. 2022 přepnuto světlo na generativní fázi 12/12 hodin (světlo/tma)
- Světlo 1000 W bylo zvýšeno na 69 %
- Teplota 22-26 °C
- EC 1-2,3 (postupně zvyšováno)
- Osvětlení 1000 W, které bylo zvýšeno na 69 %
- Generativní fáze trvala 4 týdny

## 4.8 Zpracování rostlin

- 22. 3. 2022 ukončení generativní fáze a sklizení
- Rostlinám byla před sušením změřena výška a hmotnost, byly očištěny od velkých listů a vertikálně zavěšeny při teplotě 21 °C za tmy, cirkulace vzduchu
- 29. – 31. 3. 2022 po usušení bylo květenství odděleno od stonků a očištěno od malých listů okolo
- Květy byly poté dány do neprodyšných pytlů a následně uchovány při teplotě 4 °C



Obrázek 17: Sušení konopí (autorka 2022)



Obrázek číslo 18: Čištění usušených květů (autorka 2022)

## 4.9 Vyhodnocení

Vyhodnocení bylo posouzeno na základě největšího výnosu sušeného květenství a také na základě poměru váhy sušeného květu a váhy stonků.

V rámci tohoto experimentu nebylo možné provést statistické vyhodnocení, protože po selekci samčích rostlin a po dopěstování rostlin zbyl od každého genotypu jiný počet rostlin.

## 5 Výsledky

### 5.1 Klíčivost semen konopí

Tabulka 3: Klíčivost semen různých genotypů konopí (%)

Genotyp	12.10.2021 vysazeno semen	15.10.2021	18.10.2021	19.10.2021	21.10.2021	29.10.2021	02.11.2021	%
Nordle	10	0 z 10	0 z 10	0 z 10	0 z 10	4 z 10	3 z 10	<b>30 %</b>
Cannatonic	4	1 ze 4	4 ze 4	4 ze 4	4 ze 4	4 ze 4	4 ze 4	<b>100 %</b>
CBG-Force	5	0 z 5	3 z 5	6 z 10	4 z 5	5 z 5	5 z 5	<b>100 %</b>
CBD Caramel	10	0 z 10	0 z 10	3 z 5	6 z 10	8 z 10	8 z 10	<b>80 %</b>
Jack Skellington	5	0 z 5	3 z 5	0 z 10	3 z 5	4 z 5	3 z 5	<b>60 %</b>
Jack Cleaner	10	0 z 10	0 z 10	7 z 10	3 z 10	3 z 10	3 z 10	<b>30 %</b>
Nurse Jackie	10	0 z 10	0 z 10	4 z 10	7 z 10	8 z 10	6 z 10	<b>60 %</b>
Conspiracy Kush	10	1 z 10	1 z 10	4 z 10	5 z 10	6 z 10	5 z 10	<b>50 %</b>
Forbidden Fruit	10	9 z 10	9 z 10	10 z 10	10 z 10	10 z 10	10 z 10	<b>100 %</b>
Tangie	10	7 z 10	7 z 10	9 z 10	10 z 10	10 z 10	9 z 10	<b>90 %</b>
Blueberry	10	10 z 10	10 z 10	10 z 10	10 z 10	10 z 10	6 z 10	<b>60 %</b>
Shaman	10	8 z 10	8 z 10	8 z 10	9 z 10	9 z 10	8 z 10	<b>80 %</b>

Nejlepší a nejrychlejší klíčivost vykazovala feminizovaná semena, a to zejména genotypy Forbidden fruit, která už po třech dnech po zasazení vyklíčila 9/10. Celková klíčivost těchto rostlin byla 100 %. Další vynikající klíčivost vykazovala feminizovaná semena genotypu Tangie, která měla klíčivost 90 %. Výbornou klíčivost také vykazovala semena genotypu CBG-Force, která měla také 100% klíčivost.

Z regulérních semen nejrychleji vyklíčil genotyp Blueberry 10/10, bohužel postupem času rostliny nebyly schopné zakořenit a uhynuly. Největší klíčivost a vitalitu z regulérních semen tedy vykazoval genotyp Cannatonic.

Z tabulky je zřejmé, že feminizovaná semena mají lepší klíčivost než regulérní semena. Nutno však podotknout, že klíčivost semen těchto rostlin závisí taktéž na, jejich stáří a průběhu skladování.





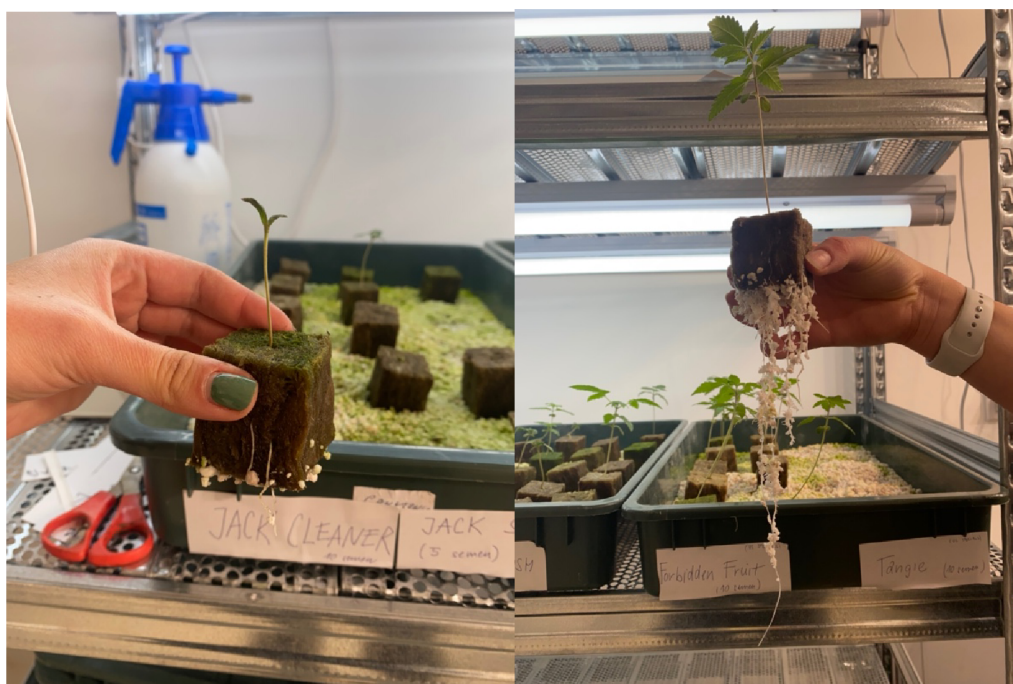
Obrázek 19 a 20: Porovnání klíčení semen ze dne 29.10. 2021 (vlevo genotyp Forbidden Fruit a vpravo Jack Cleaner a Jack Skellington) (autorka 2021)

## 5.2 Zakořenění vyklíčených rostlin konopí

Tabulka 4: Přehled zakořenění rostlin jednotlivých genotypů (%)

Genotyp	29.10.20212	%
Nordle	0 z 10	0 %
Cannatonic	4 z 4	100 %
CBG–Force	4 z 5	80 %
CBD Caramel	6 z 10	60 %
Jack Skellington	2 z 5	40 %
Jack Cleaner	2 z 10	20 %
Nurse Jackie	5 z 10	50 %
Conspiracy Kush	3 z 10	30 %
Forbidden Fruit	10 z 10	100 %
Tangie	9 z 10	90 %
Blueberry	6 z 10	60 %
Shaman	6 z 10	60 %

Nejlepší zakořenění vykazovaly opět feminizované rostliny (Forbidden Fruit 100 % zakořenění a Tangie 90 % zakořenění). Z regulérních rostlin bylo největší zakořenění u Cannatonicu, které bylo 100 %. Nejhorší zakořenění rostlin vykazovaly genotypy Nordle (0 %) a Jack Cleaner (20 %), stejně jako u klíčení.



Obrázky 21 a 22: Porovnání kořenového systému dvou různých genotypů (vlevo Jack Cleaner a vpravo Forbidden Fruit) ze dne 4. 11. 2021 (autorka 2022)



Obrázek číslo 23: Kořenový systém konopí po sklizni (autorka 2022)

### 5.3 Selekce samčích rostlin

Tabulka 5: Selekce rostlin jednotlivých genotypů podle pohlaví

<b>Genotyp</b>	<b>Samčí pohlaví</b>	<b>Samičí pohlaví</b>
Nordle	0	0
Cannatonic	2	2
CBG-Force	0	5
CBD Caramel	2	5
Jack Skellington	2	0
Jack Cleaner	0	1
Nurse Jackie	1	4
Conspiracy Kush	0	3
Forbidden Fruit	0	10
Tangie	0	9
Blueberry	2	3
Shaman	1	4
<b>Celkem</b>		<b>46</b>

Určení pohlaví rostlin se identifikuje podle květu, když jsou na rostlině vyrostlé bílé pestíky, je to samice a když na rostlině jsou tvary připomínající útvary kolínka, rostlina je samec.

Celkem bylo identifikováno 46 samičích rostlin. Selekce proběhla podle očekávání, z feminizovaných semen vyrostly samičí rostliny. U regulérních semen, ze kterých vyrostly samčí rostliny, byly z pěstování vyřazeny. Genotyp Nordle sice vyklíčil, ale do selekce rostlin nepřežil a bohužel u genotypu Jack Skellington bylo při selekci zjištěno, že obě rostliny jsou samčího pohlaví, takže byly odebrány z pěstování. Pěstování se tedy z 12 genotypů snížilo na 10. Při selekci bylo zjištěno, že ze 4 vypěstovaných rostlin bylo 50 % samčích a 50 % samičích rostlin. Genotypy Nurse Jackie a Shaman si při selekci vedly stejně. Z 5 vypěstovaných rostlin byla vyselektována pouze 1 samčí rostlina. U genotypu CBD Caramel z celkového počtu 7 byly vyselektovány 2 samčí rostliny. Přes to, že u genotypu Jack Cleaner vyklíčily 2 rostliny, 1 z nich zahynula, a tedy byla selektována pouze jedna rostlina, která byla samičí. Conspiracy Kush měl ze 3 rostlin 100% samičí orientaci. U genotypu Blueberry byly vyselektovány 2 samčí rostliny, 3 byly samčí.



Obrázky 24: Samčí květ (Blueberry 1) (autorka 2022)



Obrázek 25: Samičí květ (Cannatonic 2) (autorka 2022)

## 5.4 Fenologická stupnice

### 5.4.1 Vegetativní fáze

Tabulka číslo 6: Schéma genotypů a jejich vegetativní fáze po týdnech

Genotyp	1. týden	2. týden	3. týden + selekce nevyklíčených
<b>Nordle</b>	žádné klíčení	vyklíčeno 4 z 10	vyklíčeno 2 z 10
<b>Cannatonic</b>	vyklíčeno 4 ze 4, 1 rostlina děložní listy	vyklíčeno 4 ze 4	vyklíčeno 4 ze 4, 1 rostlina 1 pravé listy, 3 rostliny 2 pravé listy
<b>CBG-Force</b>	vyklíčeno 4 z 5 + (z 1 semena 2 rostliny), 3 rostliny děložní listy	vyklíčeno 5 z 5	vyklíčeno 5 z 5, 2 rostliny z 1 semene (1. rostlina 1 pár pravých listů, 2. rostlina 2 páry pravých listů), 1 rostlina dva pravé listy, 2 rostliny 3 pravé listy
<b>CBD Caramel</b>	vyklíčeno 6 z 10, žádné děložní listy	vyklíčeno 8 z 10	vyklíčeno 8 z 10, 1 rostlina 1 pravé listy, 3 rostliny 2 pravé listy, 3 rostliny 3 pravé listy
<b>Jack Skellington</b>	vyklíčeno 3 z 5, žádné děložní listy	vyklíčeno 4 z 5	vyklíčeno 2 z 5, 2 rostliny 2 pravé listy
<b>Jack Cleaner</b>	vyklíčeno 0 z 10	vyklíčeno 3 z 10	vyklíčeno 3 z 10, 1 rostlina 1 pravé listy
<b>Nurse Jackie</b>	vyklíčeno 7 z 10, žádné děložní listy	vyklíčeno 8 z 10	vyklíčeno 6 z 10, 1 rostlina 1 pravé listy, 3 rostliny 2 pravé listy
<b>Conspiracy Kush</b>	vyklíčeno 4 z 10, 2 rostliny děložní listy	vyklíčeno 6 z 10	vyklíčeno 3 z 10, 1 rostlina 1 pravé listy, 1 rostlina 2 pravé listy
<b>Forbidden Fruit</b>	vyklíčeno 10 z 10, 8 rostlin děložní listy	vyklíčeno 10 z 10	vyklíčeno 10 z 10, 4 rostliny 2 pravé listy, 6 rostlin 3 pravé listy
<b>Tangie</b>	vyklíčeno 9 z 10, 7 rostlin děložní listy	vyklíčeno 10 z 10	vyklíčeno 9 z 10, 1 rostlina 1 pravé listy, 5 rostlin 2 pravé listy, 3 rostliny 3 pravé listy
<b>Blueberry</b>	vyklíčeno 10 z 10, 5 rostlin děložní listy	vyklíčeno 10 z 10	vyklíčeno 6 z 10, 2 rostliny 1 pravé listy, 1 rostlina 2 pravé listy, 1 rostlina 3 pravé listy
<b>Shaman</b>	vyklíčeno 8 z 10, 5 rostlin děložní listy	vyklíčeno 9 z 10	vyklíčeno 5 z 10, 1 rostlina 2 pravé listy, 4 rostliny 3 pravé listy

## 5.4.2 Generativní fáze

Tabulka 7: Přehled jednotlivých rostlin během generativní fáze (1.-7. týden)

Genotyp	1. týden	2 týden	3. týden	4. týden	5-7. týden
Nurse Jackie 1			začátek kvetení	velké množství malých květů, pestíky bílé	dozrávání květů
Nurse Jackie 3			začátek kvetení	velké množství malých květů, pestíky bíložluté	dozrávání květů
Nurse Jackie 4			začátek kvetení	velké množství malých květů, pestíky bílé	dozrávání květů
Nurse Jackie 5		začátek kvetení		středně velké květy, pestíky bílé	dozrávání květů
CBD Caramel 1		začátek kvetení		středně velké květy, pestíky bílé	dozrávání květů
CBD Caramel 3		začátek kvetení		středně velké květy, pestíky bílé, rostlina suchá	dozrávání květů
CBD Caramel 4		začátek kvetení		velké množství středně velkých květů, pestíky bílé	dozrávání květů
CBD Caramel 5		začátek kvetení		středně velké květy, pestíky dlouhé bílé	dozrávání květů
CBD Caramel 6		začátek kvetení		velké množství květů, květy malé, pestíky světle hnědé	dozrávání květů
Conspiracy Kush 3			začátek kvetení	velké množství malých květů, pestíky bílé	dozrávání květů
CBG-Force 1	vypadlá kapilára, suchá, odstraněna				
CBG-Force 2		začátek kvetení		malé množství květů, květy malé, pestíky nahnědlé	dozrávání květů
CBG-Force 4		začátek kvetení		velké množství květů, středně velké, pestíky bílé/nahnědlé	dozrávání květů
CBG-Force 5		začátek kvetení		středně velké květy, pestíky napůl hnědé a napůl bílé	dozrávání květů
Shaman 1			začátek kvetení	malé množství květů, pestíky bílé	dozrávání květů
Shaman 2			začátek kvetení	květů malé množství, pestíky bílé	dozrávání květů
Shaman 3	vypadlá kapilára, suchá, odstraněna				
Shaman 5		začátek kvetení		velké množství květů, pestíky bílé občas hnědé	dozrávání květů
Blueberry 3		začátek kvetení		velký počet květů, velké květy a bílé dlouhé pestíky	dozrávání květů
Blueberry 5			začátek kvetení	menší květy, pestíky krátké bíložluté	dozrávání květů
Forbidden Fruit 1			začátek kvetení	rostlina sušší, květy menší, pestíky bílé	dozrávání květů
Forbidden Fruit 2		začátek kvetení		velké množství květů, květy hnědé, pestíky hnědé	dozrávání květů
Forbidden Fruit 3			začátek kvetení	dlouhé bílé pestíky, květy malé	dozrávání květů
Forbidden Fruit 4		začátek kvetení		středně velké květy, pestíky dlouhé bílé	dozrávání květů
Forbidden Fruit 5		začátek kvetení		květy menší, velké množství, pestíky napůl hnědé	dozrávání květů
Forbidden Fruit 6			začátek kvetení	květy menší, dlouhé bílé pestíky	dozrávání květů
Forbidden Fruit 7		začátek kvetení		květy velké, pestíky stále bílé	dozrávání květů
Forbidden Fruit 8				květy větší, hodně květů, pestíky bílé s náznakem hnědé	dozrávání květů
Forbidden Fruit 9		začátek kvetení		květy středně velké, pestíky dlouhé bílé	dozrávání květů
Forbidden Fruit 10		začátek kvetení		květy velké, pestíky napůl hnědé	dozrávání květů
Tangie 1		začátek kvetení		hodně květů, středně velké, pestíky bílé, občas světle hnědé	dozrávání květů
Tangie 3		začátek kvetení		květy velké, pestíky spíše bílé než hnědé	dozrávání květů
Tangie 5		začátek kvetení		málo květů, květy ale velké, pestíky dlouhé bílé	dozrávání květů
Tangie 6			začátek kvetení	hodně malých květů, pestíky bílé	dozrávání květů
Tangie 7		začátek kvetení		květy velké, bílé dlouhé pestíky	dozrávání květů
Tangie 8		začátek kvetení		květy středně velké, pestíky nahnědlé	dozrávání květů
Tangie 9			začátek kvetení	hodně menších květů, pestíky bílé	dozrávání květů
Jack Cleaner 2		začátek kvetení		hodně malých květů, pestíky dlouhé bíložluté	dozrávání květů
Cannatonic 1		začátek kvetení		velký počet květů, velké květy, pestíky bílé dlouhé	dozrávání květů
Cannatonic 2		začátek kvetení		hodně květů, středně velké, 6 pestíky bílé dlouhé	dozrávání květů

Tabulka 8: Přehled jednotlivých rostlin během 8. týdne generativní fáze

Genotyp	8. týden sklizeň (22.3.2022)	výška (cm)
Nurse Jackie 1	velké množství malých květů, pestíky světle hnědé, více jak 70 % hnědých pestíků	52
Nurse Jackie 3	menší květy, pestíky bílohnědé, méně jak 70 % hnědých pestíků	65
Nurse Jackie 4	malé květy, pestíky bíložluté, méně jak 70 % hnědých pestíků	52
Nurse Jackie 5	středně velké květy, žlutohnědé, méně jak 70 % hnědých pestíků	80
CBD 1	velké množství květů velkých květů, pestíky bíložluté, méně jak 70 % hnědých pestíků	100
CBD 3	během generativní fáze vypadlá kapilára, rostlina oschlá, květy minimálně, pestíky bílé, méně jak 70 % hnědých pestíků	97
CBD 4	menší množství velkých květů, pestíky světle hnědé, více jak 70 % hnědých pestíků	75
CBD 5	středně velké květy, pestíky žlutohnědé, více jak 70 % hnědých pestíků	92
CBD 6	velké množství středně velkých květů, pestíky bílohnědé, více jak 70 % hnědých pestíků	97
Conspiracy Kush 3	velké množství květů velkých květů, pestíky bíložluté, méně jak 70 % hnědých pestíků	66
CBG 2	malé množství malých květů, pestíky hnědí, více jak 70 % hnědých pestíků	50
CBG 4	velké množství malých květů, pestíky hnědé, více jak 70 % hnědých pestíků	85
CBG 5	velké množství středně velkých květů, pestíky světle hnědé, více jak 70 % hnědých pestíků	84
Shaman 1	velké květy, pestíky hnědé, více jak 70 % hnědých pestíků	90
Shaman 2	velké množství velkých fialových květů, pestíky hnědé, více jak 70 % hnědých pestíků	95
Shaman 5	velké množství květů, pestíky hnědobílé, více jak 70 % hnědých pestíků	92
Blueberry 3	květy menší, pestíky světle hnědé, více jak 70 % hnědých pestíků	56
Blueberry 5	malé květy, pestíky malé bíložluté, méně jak 70 % hnědých pestíků	50
Forbidden Fruit 1	středně velké květy, pestíky bílohnědé, méně jak 70 % hnědých pestíků	52
Forbidden Fruit 2	velké množství velkých květů, pestíky hnědé, více jak 70 % hnědých pestíků	89
Forbidden Fruit 3	velké množství velkých květů, pestíky světle hnědé, pestíky bílohnědé, více jak 70 % hnědých	85
Forbidden Fruit 4	velké množství velkých květů, pestíky světle hnědé, více jak 70 % hnědých pestíků	72
Forbidden Fruit 5	středně velké květy, pestíky bílohnědé, méně jak 70 % hnědých pestíků	64
Forbidden Fruit 6	středně velké květy, bílohnědé pestíky, méně jak 70 % hnědých pestíků	95
Forbidden Fruit 7	středně velké květy, pestíky bílohnědé, méně jak 70 % hnědých pestíků	85
Forbidden Fruit 8	velké množství středně velkých květů, pestíky bílohnědé, více jak 70 % hnědých pestíků	71
Forbidden Fruit 9	velké množství velkých květů, pestíky světle hnědé, více jak 70 % hnědých pestíků	76
Forbidden Fruit 10	velké květy, pestíky bílohnědé, pestíky méně jak 70 %	95
Tangie 1	velké množství středně velkých květů, pestíky hnědé, více jak 70 % hnědých pestíků	80
Tangie 3	velké množství květů velkých květů, pestíky žluté, méně jak 70 % hnědé	71
Tangie 5	středně velké květy, pestíky bílohnědé, více jak 70 % hnědých pestíků	90
Tangie 6	velké množství malých květů, pestíky hnědé, více jak 70 % hnědých pestíků	89
Tangie 7	velké množství menších květů, pestíky bílohnědé, méně jak 70 % hnědých pestíků	89
Tangie 8	středně velké květy, pestíky hnědé, více jak 70 % hnědých pestíků	87
Tangie 9	velké množství středně velkých květů, pestíky hnědé, více jak 70 % hnědých pestíků	80
Jack Cleaner 2	malé květy, pestíky bíložluté, méně jak 70 % hnědých pestíků	30
Cannatonic 1	velké květy, pestíky bílohnědé, pestíky méně jak 70 % hnědých pestíků	94
Cannatonic 2	malé květy, pestíky bíložluté, méně jak 70 % hnědých pestíků	50



Obrázky 26 a 27: Zralost květenství, vlevo květ Tangie 6 zralý ke sklizni, vpravo Tangie 7 nedozrálý (autorka 2022)

Aby mohlo být konopí sklizeno, musí mít zralé květy, což se určuje mimo jiné podle toho, že je minimálně 70 % pestíků hnědých. V případě jsou-li pestíky bílohnědé a převažuje více bílá barva, květ ještě není připraven ke sklizni. Při hodnocení pěstovaných rostlin měl genotyp Nurse Jackie tři rostliny v plné zralosti květů a jednu rostlinu nikoliv. Genotyp CBD vykazoval zralost pouze u dvou rostlin z pěti, což je méně jak polovina. U genotypů Conspiracy Kush a Jack Cleaner 2 byla od každého dopěstována pouze jen jedna rostlina, které zralost květů ještě neměly. Další 100% nezralost květů vykazoval Cannatonic, ze kterého se dopěstovaly dvě rostliny. Naopak genotyp CBG měl 100% zralost všech tří rostlin a stejně tomu tak bylo u genotypu Shaman. 50% zralost vykazoval genotyp Blueberry. Genotyp Forbidden Fruit měl 60 % rostlin zralé květy, přes to ale tento genotyp má více zralých, jelikož bylo dopěstováno celkem 10 rostlin genotypu Forbidden Fruit. Genotyp Tangie sice neměl 100% zralost květů, ale ze 7 rostlin, které byly vypěstovány, mělo 6 z nich plnou zralost květu. Nejlepší zrání květů tedy vykazovaly regulární rostliny CBG-Force a Shaman, následně feminizované rostliny Forbidden Fruit a Tangie.





Obrázek 28: Výškový rozdíl tří rostlin stejného genotypu CBG-Force (autorka 2022)



Obrázky 29 a 30: Vlevo uniformita výšky genotypu Forbidden Fruit s výjimkou rostlin Forbidden Fruit 1 a Forbidden Fruit 5, vpravo uniformita výšky rostlin u genotypu Tangie (autorka 2022)

V rámci jednoho genotypu by měly mít rostliny až na menší odchylky podobnou výšku. Před sklizní rostlin byly tedy změřeny včetně kořenového systému. Po změření rostlin však byly nalezeny i větší odchylky. Například u genotypu Nurse Jackie byla jedna rostlina vychýlená od ostatních o 15 cm. Větší rozdíl výšek byl u genotypu CBG-Force, kde byl rozdíl mezi rostlinami 34 cm. U rostlin genotypu Cannatonic byl rozdíl 44 cm. Jelikož byly vypěstovány jen dvě rostliny, není možné určit, jaká z nich je odchýlená. Největší uniformitu výšek vykazovaly genotypy Shaman a Tangie.

## 5.5 Výnosy

Tabulka 9: Váha jednotlivých rostlin před sušením, květ po usušení, stonk po usušení a jejich vzájemný poměr (pozitivní/negativní)

Genotyp a číslo rostliny	Celá čerstvá (g)	Květ sušený (g)	Stonk sušený (g)	Výnos květu/stonk (g)
Nurse Jackie 1	83	9	6	3
Nurse Jackie 3	122	14	10	4
Nurse Jackie 4	103	14	6	8
Nurse Jackie 5	202	24	20	4
CBD Caramel 1	230	27	25	2
CBD Caramel 3	90	4	20	-16
CBD Caramel 4	103	12	11	1
CBD Caramel 5	159	18	16	2
CBD Caramel 6	211	28	18	10
Conspiracy Kush 3	224	27	26	1
CBG-Force 1		Vypadlá kapilára, uschla		
CBG-Force 2	37	2	3	-1
CBG-Force 4	250	21	34	-13
CBG-Force 5	161	15	15	0
Shaman 1	164	13	25	-12
Shaman 2	190	17	23	-6
Shaman 5	281	34	29	5
Blueberry 3	147	15	16	-1
Blueberry 5	113	15	10	5
Forbidden Fruit 1	191	20	21	-1
Forbidden Fruit 2	238	33	22	11
Forbidden Fruit 3	270	31	30	1
Forbidden Fruit 4	230	31	19	12
Forbidden Fruit 5	210	22	27	-5
Forbidden Fruit 6	180	23	16	7
Forbidden Fruit 7	215	30	22	8
Forbidden Fruit 8	250	31	23	8
Forbidden Fruit 9	340	42	42	0
Forbidden Fruit 10	190	24	28	-4
Tangie 1	207	24	28	-4
Tangie 3	243	27	28	-1
Tangie 5	190	18	16	2
Tangie 6	249	38	25	13
Tangie 7	213	19	29	-10
Tangie 8	92	12	8	4
Tangie 9	165	27	32	-5
Jack Cleaner 2	55,6	9	21	-12
Cannatonic 1	206	23	14	9
Cannatonic 2	79	10	4	6

Po selekci a dopěstování rostlin byly od každého genotypu vybrány dvě nejvýnosnější a svým habitem unikátní rostliny. Toto hodnocení bylo posouzeno na základě výnosu sušeného květu a následně jako pozitivní rozdíl výnosů sušeného květu oproti sušenému stonku. Genotyp Nurse Jackie, ze kterého byly dopěstovány čtyři rostliny, byly vybrány 2 matečné rostliny. Nurse Jackie 5, která měla výnos květu 24 g a druhá Nurse Jackie 4, která měla výnos květů 14 g. U obou rostlin NJ4 i NJ5 byl výnos sušeného květu vyšší než stonku. U genotypu CBD Caramel vykazovaly největší výnosy rostliny CBD Caramel 1, která měla výnos sušeného květu 27 a sušeného stonku 25 g, celkový rozdíl výnosů 2 g a druhá rostlina CBD Caramel 6, která měla výnos sušeného květu 28 g a 18 g sušeného stonku. U genotypu Cannatonic byly dopěstovány dvě rostliny, jejichž výnosy byly u obou spokojivé. Cannatonic 1 měl výnos suchého květu 23 g, 14 g výnos stonků. Druhá rostlina Cannatonic 2 měla o něco menší výnos samotného květu, který byl 10 g, ale také menší hmotnost stonků. Z genotypů Conspiracy Kush a Jack Cleaner se dochovala pouze od každého jedna rostlina. Conspiracy Kush 3 měla výnos sušeného květu 27 g, 26 g usušených stonků. Bohužel genotyp Jack Cleaner tak uspokojivé výsledky neměl, jelikož čistý výnos sušeného květu byl 9 g, hmotnost usušených stonků 21 g. U genotypu Blueberry byly dopěstovány pouze dvě rostliny. Rostlina Blueberry 3 měla výnos květu 15 g, sušených stonků 16 g, takže celkový rozdíl mezi těmito výnosy činil -1 g. Druhá rostlina si vedla mnohem lépe, i přes to, že hmotnost čistého květu byla stejná jako u Blueberry 3, hmotnost větví byla 10 g, takže celkový rozdíl byl 5 g. Poslední z regulérních genotypů byl vypěstován genotyp Shaman. U něj i přes to, že jiné rostliny měly celkové vyšší výnosy byla vybrána rostlina Shaman 2 kvůli jeho fenotypové odlišnosti. Tato rostlina měla hmotnost sušeného květu 17 g, 23 g biomasy sušených stonků, celkový výnos tedy -6 g. Druhá rostlina Shaman 5 měla výnos květu 34 g, 29 g sušených stonků, tedy výnos 5 g.

Z feminizovaných genotypů CBG-Force rostlin, které byly dohromady vypěstovány 3, byla vybrána pouze jedna jako výnosná, a to CBG-Force 5, jejíž biomasa sušeného květu činila 15 g, stejně tomu tak bylo i u biomasy sušených stonků, tudíž celkový výnos byl 0. Jinak tomu bylo u ostatních rostlin vzniklých z feminizovaných semen, které lze považovat jako nejvýnosnější. Genotyp Forbidden Fruit 4 měl výnos suchých květů 33 g, 22 g suché biomasy stonků a celkový výnos tedy 11 g. Druhá rostlina byla Forbidden Fruit 4, u které byl výnos usušeného květu 31 g a 19 g suchých větví. Celkový rozdíl mezi květem a stonků činil 12 g. U tohoto genotypu byla přidána ještě třetí rostlina Forbidden Fruit 9, jelikož její výnos čistého květu byl 42 g, bohužel stejná hmotnost byla navážena i u stonků, celkem tedy výnos květů ku větvím byl 0. Jako poslední z feminizovaných genotypů je Tangie. Rostlina Tangie 3 měla výnos 27 g, výnos suchých stonků 28 g, celkem se tedy rozdíl rovnal -1 g. U druhé rostliny Tangie 6 bylo naváženo čistého květenství 38 g a 25 g biomasy stonků. Celkový rozdíl byl 13 g, což je největší naměřena celková výnosová hodnota. Obecně tedy výnosnější rostliny jsou z feminizovaného genotypu, v tomto experimentu tedy Forbidden Fruit a Tangie.



Obrázek 31: Fialové zbarvení květu genotypu Shaman 2 (autorka 2022)

## 6 Diskuse

### 6.1 Klíčivost semen konopí

Po vysazení 104 semen 12 různých genotypů ve stejném datu, byla klíčivost každého genotypu velmi odlišná. Příčin může být mnoho. Hu et al (2018) uvádí, že má velký vliv na klíčení konopí solný roztok ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ). Při zvyšující se koncentraci solí se klíčivost semen snižovala. Naopak při podání nízké koncentrace neutrální soli ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) bylo klíčení stimulováno. V našem experimentu však žádný přídavek solí nebyl přidán. Hu et al. (2018) také zmiňuje, že větší vliv, než přidání soli do nevyklíčených semen má na klíčení vliv stres, což by mohl být jeden z důvodů nevyklíčených semen, jelikož se jednalo spíše o celý genotyp (Nordle 30 % klíčivost, Jack Skellington 30 %).

Další důvod nevyklíčení mohl být, že semena byla špatně uložena v minerální vlně, jelikož dírky, do kterých byla semena zasazena byly vpichovány ručně a každá z nich mohla být jinak hluboká. V našem experimentu byla semena zasazena přibližně 3 cm, což by mělo být adekvátní hloubka v porovnání se studií Small & Brookes (2012), kde je uvedena hloubka sázení osiva 1-4 cm. Další aspekt toho, že u odrůd Nordle a Jack Cleaner byla tak nízká klíčivost je, že mohly být méně zalité než ostatní semena, jelikož opět rostliny byly zalévány ručně a mohla být zalita málo nebo naopak přelita.

Jeden z mnoha důvodů může být i způsob skladování semen, Small & Brookes (2012) odhalili, že až při 11% vlhkosti při teplotě 20 °C snižuje klíčivost všech genotypů na nulu za méně než 18 měsíců. Příznivý účinek mělo buď snížení vlhkosti na alespoň 6 % nebo snížení teploty na 5 °C. Jeden z mnoha faktorů ovlivňující klíčivost mohla být i teplota, která v se v našem experimentu pohybovala mezi 22-26 °C. Tyhle malé, ale stále teplotní výkyvy mohly ovlivnit klíčivost semen, jelikož by teplota měla být konstantní 24 °C. Kromě toho inhibitor růstu semen je také světlo, které v našem případě klíčení nemohlo ovlivnit, jelikož semena byla

po celou dobu vystavena tmě. Potvrzený faktor, který velmi ovlivňuje klíčivost je doba skladování semen před vysazením. Small & Brookes (2012) uvádí, že doba skladování semen po dvou letech snižuje jejich životnost až o 70-80 %.

## **6.2 Zakořenění vyklíčených semen a klonů**

Jelikož klíčivost semen úzce souvisí se zakořeněním rostlin, procentuální podíl zakořenění byl téměř stejný jako u klíčivosti semen. Campbell et al. (2021) uvádí, že Rockwoolové kostky vykazovaly lepší zakořenění než jiný typ zakořeňovacího média Berger BM6, což v našem experimentu byly použity právě Rockwoolové kostky, takže i díky tomu mohlo dojít k početnějšímu zakořenění rostlin.

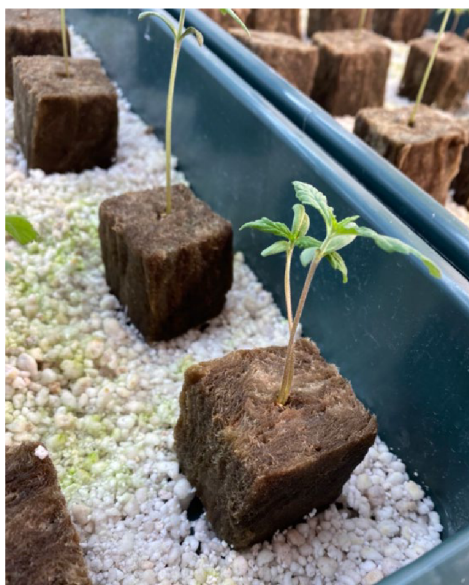
Co se týče zakořenění klonů, které byly zhotoveny z matečných rostlin za účelem rozpoznání pohlaví rostlin, jejich zakořenění mohlo ovlivněno spousty faktory. V experimentu Caplan et al. (2018) byly zjištěny faktory ovlivňující růst kořenů. První z nich byl typ hormonálního stimulantu, který v tomto experimentu použit Stimulax I. Ve studii Caplan et al. (2018) je preferován gel kyseliny indol-3-máselné než gelový extrakt z vrby. Následný možný ovlivňující faktor zakořenění je hloubka zasazení klonů do Rockwoolových kostek, množství použité zálivky, počet listů a odstranění špiček listů na klonu a poloha řezu stonku.

## **6.3 Vegetativní období**

Chování rostlin během vegetativního prostředí je nejvíce ovlivněno světlem, jelikož se podle toho rostlina orientuje, zdali má vykvést nebo být ve fázi růstu. V tomto experimentu měly všechny rostliny stejné světelné podmínky, takže růst rostlin nemohl být osvětlením nijak ovlivněn. U většiny rostlin se mezi druhým a třetím týdnem vegetace život rostlin nezměnil, jen u výjimek se snížil po třetím týdnu pravděpodobně kvůli malé zálivce či slabou rostlinou.

Cosentino et al. 2012 uvádí, že teplota nižší pod 10 °C a nad 24 °C dramaticky snižuje rychlost vývoje rostlin. Naopak, že rychleji rostliny vzchází mezi 13,5 a 18,5 °C, což mohlo být taktéž jeden z důvodů zahynutí rostlin, jelikož teplota v tomto experimentu se pohybovala mezi 22-26 °C.

Je nutné zmínit, že při klíčení došlo k anomálii, z jednoho semene vyrostly dvě rostliny. Jednalo se o feminizovaný genotyp CBG-Force. Při selekci rostlin byla vybrána pouze ta s větší predispozicí výnosu.



Obrázek 32: Růst dvou rostlin (CBG-Force) z jednoho vyklíčeného semene (autorka 2021)

## 6.4 Generativní fáze rostlin

Po přepnutí světelného režimu na 12 hodin světla a 12 tmy byly rostliny uzpůsobeny tvořit květy. Po prvním týdnu se nic nezměnilo, ale v druhém týdnu už začaly kvést první rostliny. O týden později už vykvetly všechny rostliny. Většinou v rámci jednoho genotypu proběhl začátek květu ve stejný týden. Tato variabilita je způsobena odrudou, jelikož jak je výše uvedeno už v tabulce, každý genotyp by měl dozrát jiný týden. Časová osa dozrávání květů se pohybuje od 7 do 10 týdnů.

Je zajímavé, že u genotypu Forbidden Fruit, u kterého se celou dobu očekávalo, že vykvetou všechny rostliny už druhý týden generativní fáze, téměř polovina začala kvést až ve třetím týdnu. Do osmého týdne byly rostliny hydroponicky zalévány, zastříhovány a otrhávány. Během 8. týdne, i přes to, že nějaké rostliny nebyly zralé, byly všechny sklizeny.

Při zasazení rostlin se očekávalo, že po vykvetení odrůdy Blueberry budou květy fialové, jak uváděl výrobce. Přes to, po vykvetení tohoto genotypu byly všechny rostliny zelené.

Jako další anomálie, která se vyskytla u pěstování nastala u genotypu Shaman. U tohoto genotypu se předpokládalo, že budou všechny květy zelené. Tomu tak bylo až na jednu rostlinu Shaman 2, která po vykvetení měla fialový květ. Zprvu jsme se obávali, že zasazené semeno bylo zaměněno se semenem genotypu Blueberry, což nebylo možné, jelikož zasazování semen bylo důsledné. Tuto rostlinu si tedy budeme chtít nechat jako matečnou, jelikož díky tomuto zbarvení může tato rostlina obsahovat více polyfenolických látek, který mají léčebné účinky.

## 6.5 Výška rostlin

V našem experimentu se pohybovala výška rostlin připravené ke sklizni od 52 cm do 100 cm, což je skoro až dvojnásobná hodnota minimální výšky. V porovnání se studií Cosentino (2012), kde byly testovány pouze 4 různé genotypy, byla v našem experimentu výška nižší, jelikož zde se pohybovala výška rostlin mezi 76 cm až 226 cm. Ve studii Yoshimatsu et al. 2004 dosahovaly rostliny dokonce výšky až 260 cm. Výška u našeho experimentu byla

ovlivněna nuceným prodlužováním vegetativní fáze, jelikož se mezitím čekalo na selekci klonů. U tohoto ukazatele však není vždy pravidlem, že když je rostlina vzrůstově vyšší, bude i vyšší výnos květů.

## 6.6 Výnos

Jako velký úspěch v tomto experimentu lze považovat i to, že rostliny v tomto experimentu nebyly napadeny žádnými škůdci, což je při tomto pěstování zcela běžné. Rostliny nebyly nijak postříkovány proti škůdcům, byly chráněny pouze lepicími papírkami, které na sebe nachytávaly mšice. Výnos rostlin tedy nebyl tímto faktorem ovlivněn.

Velký vliv na výnos rostlin má termín sklizně, v tomto experimentu byl u všech rostlin stejný, i přes to, že nějaké rostliny nebyly zcela zralé. Výnosy mezi odrůdami se tedy odlišovaly. Výživa rostlin zde byla použita pouze Hydro A a B, což je růstové hnojivo při růstové i generativní fázi rostlin, jelikož toto hnojivo umožňuje vývoj rostlin i přes nepříznivé pH vody. Tento faktor tedy také mohl velmi ovlivnit výnos rostlin.

Výnosy sušeného květu se v tomto experimentu, kde bylo dopěstováno 10 různých genotypů se pohybovaly od 4 do 42 g, přičemž průměrný výnos květů ze všech rostlin činil 21,13 g. V porovnání se studií Janatová et al. (2018), kde bylo použito 7 genotypů rostlin byl průměrný výnos květů  $21,02 \pm 3,33$  g, což lze považovat za stejný výsledek jako v tomto experimentu. Kromě toho u této studii Janatová et al. (2018) byly použity stejné genotypy jako v této studii. Ty byly následující: Conspiracy Kush, Nurse Jackie, Nordle, Jack Cleaner 2, Jack Skellington. Genotyp Conspiracy Kush byl v tomto experimentu 27 g, jelikož byla dopěstována pouze jedna rostlina a v druhém experimentu  $18,07 \pm 3,9$ , což v tedy v našem experimentu byl výnos vyšší. Nurse Jackie v našem experimentu měl průměrný výnos 12,3 g a v druhé studii  $24,74 \pm 6,1$ , což v našem případě byl prokazatelně nižší výnos. Genotypy Nordle a Jack Skellington nelze ani porovnávat, jelikož v tomto experimentu se rostliny nedopěstovaly do fáze, aby mohly být sklizeny. Jako poslední společný genotyp byl Jack Cleaner 2, u kterého se nám v tomto experimentu dopěstovala pouze 1 rostlina, ta měla výnos v sušeném květu 9 g. V druhé studii činil výnos květu  $22,86 \pm 3,8$ . Tyto genotypy, které byly totožné s druhou studií v tomto experimentu poskytovaly spíše nižší výnosy. Naopak velké výnosy byly detekovány u genotypů Tangie a Forbidden Fruit.

## 7 Závěr

Hypotézou a cílem této práce bylo vypěstovat co nejvíce rostlin a následně vyselektovat nové mateřské rostliny z regulérních semen a vybrat určité silné genotypy, které jsou vhodné pro pěstování v řízených podmínkách.

V této práci bylo použito 12 genotypů, z nichž 9 bylo regulérních a 3 feminizované. Hypotéza, která byla, dána byla hned před selekcí vyvrácena genotypem Nordle, jelikož tento genotyp zahynul ještě před selekcí samců. Následoval ho genotyp Jack Skellington, u kterého ze zasazených 5 semen byly selektovány pouze 2 rostliny a obě byly samčí. Tyto regulérní rostliny nejsou vhodná pro pěstování ve vnitřním prostředí.

Celkově, co se týče klíčení a výnosů z regulérních rostlin, vykazovaly výborné výsledky genotypy Cannatonic a CBD Caramel. Genotyp Nurse Jackie měl 60% klíčivost, přesto ale vykazoval velké výnosy květenství. Lze tedy tyto genotypy doporučit pro řízené pěstování. Nutno také zmínit, že u genotypu Blueberry bylo očekáváno fialové zbarvení květu, které u generativní fázi nezbarvilo u žádné z vypěstovaných rostlin. Anomálie se vyskytla u genotypu Shaman, kde fenotyp jedné z rostlin byl fialový.

Nutno také zmínit, že klíčení i výnosy feminizovaných rostlin byly vyšší než u rostlin z regulérních semen. Jedná se o genotypy Tangie a Forbidden Fruit.

Závěrem bych ráda potvrdila hypotézu a cíl práce, jelikož bylo vyselektováno dostatečné množství rostlin, aby následně byly vypěstovány rostliny s vysokými výnosy, které následně mohou být nápomocny ve výběru pěstování rostlin určené pro lékařské účely.



## 8 Literatura

Adovasio JM, Soffer O, Klíma B 1996. Technologie svrchního paleolitu: proplétané tkané nálezy z Pavlova I, Česká republika, cca. před 26 000 lety. *Starověk* **70** :526-534.

Akhtar N, Rashid A, Murad W, Bergmeier E. 2013. Diversity and use of ethno-medicinal plants in the region of Swat, North Pakistan. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **9**.

Aliferis KA, Bernard-Perron D. 2020. Cannabinomics: Application of Metabolomics in Cannabis (*Cannabis sativa* L.) Research and Development. *Frontiers in Plant Science* **11**.

Ameri A. 1999. The effects of cannabinoids on the brain. *Progress in Neurobiology* **58**:315-348.

Andre CM, Hausman J-F, Guerriero G. 2016. Cannabis sativa: The Plant of the Thousand and One Molecules. *Frontiers in Plant Science* **7**.

Antonsdottir IM, Makino KM, Porsteinsson AP. 2016. Dazed and Confused: Medical Cannabis in Alzheimer Disease. *The American Journal of Geriatric Psychiatry* **24**:1004-1006

Anwar F, Latif S, Ashraf M. 2006. Analytical characterization of hemp (*Cannabis sativa*) seed oil from different agro-ecological zones of Pakistan. *Journal of the American Oil Chemists' Society* **83**:323-329.

Baldantoni D, Morra L, Zaccardelli M, Alfani A. 2016. Cadmium accumulation in leaves of leafy vegetables. *Ecotoxicology and Environmental Safety* **123**:89-94.

Bernstein N, Gorelick J, Koch S. 2019. Interplay between chemistry and morphology in medical cannabis (*Cannabis sativa* L.). *Industrial Crops and Products* **129**:185-194.

Bjelková M, Šmirous P, Vrbová M, Vaculík A. 2017. Komplexní metodika pěstování konopí setého. NAZV QH81219, TA04010331 a 7RP Multihemp, Šumperk.

Bonini SA, Premoli M, Tambaro S, Kumar A, Maccarinelli G, Memo M, Mastinu A. 2018. Cannabis sativa: A comprehensive ethnopharmacological review of a medicinal plant with a long history. *Journal of Ethnopharmacology* **227**:300-315.

Booth JK, Bohlmann J. 2019. Terpenes in Cannabis sativa – From plant genome to humans. *Plant Science* **284**:67-72.

Bougea A, Koros C, Simitsi A-M, Chrysovitsanou C, Leonardos A, Stefanis L. 2020. Medical cannabis as an alternative therapeutics for Parkinsons' disease: Systematic review. *Complementary Therapies in Clinical Practice* **39**.

Burstein S. 2015. Cannabidiol (CBD) and its analogs: a review of their effects on inflammation. *Bioorganic & Medicinal Chemistry* **23**:1377-1385.

- Campbell SM, Anderson SL, Brym ZT, Pearson BJ, Dong B-C. 2021. Evaluation of substrate composition and exogenous hormone application on vegetative propagule rooting success of essential oil hemp (*Cannabis sativa* L.). *PLOS ONE* **16**.
- Caplan D, Stemeroff J, Dixon M, Zheng Y, Willenborg C. 2018. Vegetativní množení konopí stonkovými řízkami: účinky počtu listů, polohy řezu, zakořeňovacího hormonu a odstranění špiček listů. *Canadian Journal of Plant Science* **98** :1126-1132.
- Casano S, Grassi G, Martini V, Michelozzi M. 2011. Variations in terpene profiles of different strains of *Cannabis sativa* L. *Acta Horticulturae*:115-121.
- Castaneto MS, Gorelick DA, Desrosiers NA, Hartman RL, Pirard S, Huestis MA. 2014. Synthetic cannabinoids: Epidemiology, pharmacodynamics, and clinical implications. *Drug and Alcohol Dependence* **144**:12-41.
- Chandra S, Lata H, ElSohly MA, Walker LA, Potter D. 2017. Cannabis cultivation: Methodological issues for obtaining medical-grade product. *Epilepsy & Behavior* **70**:302-312.
- Chandra S, Lata H, Khan IA, Elsohly MA. 2008. Photosynthetic response of *Cannabis sativa* L. to variations in photosynthetic photon flux densities, temperature and CO<sub>2</sub> conditions. *Physiology and Molecular Biology of Plants* **14**:299-306.
- Chandra S, Lata H, Khan IA, ElSohly MA. 2017. *Cannabis sativa* L.: Botany and Horticulture. 79-100 in *Cannabis sativa* L. - Botany and Biotechnology. Springer International Publishing, Cham.
- Cosentino SL, Testa G, Scordia D, Copani V. 2012. Sowing time and prediction of flowering of different hemp (*Cannabis sativa* L.) genotypes in southern Europe. *Industrial Crops and Products* **37**:20-33.
- Cristino L, Bisogno T, Di Marzo V. 2020. Cannabinoids and the expanded endocannabinoid system in neurological disorders. *Nature Reviews Neurology* **16**:9-29.
- Danziger N, Bernstein N. 2021. Světelné záležitosti: Vliv světelných spekter na profil kanabinoidů a rostlinný vývoj léčebného konopí (*Cannabis sativa* L.). *Průmyslové plodiny a produkty* **164**.
- Devane WA, Hanuš L, Breuer A, Pertwee RG, Stevenson LA, Griffin G, Gibson D, Mandelbaum A, Etinger A, Mechoulam R. 1992. Isolation and Structure of a Brain Constituent That Binds to the Cannabinoid Receptor. *Science* **258**:1946-1949.
- Devinsky O et al. 2014. Cannabidiol: Pharmacology and potential therapeutic role in epilepsy and other neuropsychiatric disorders. *Epilepsia* **55**:791-802.
- Dupal L. 2010. *Kniha o marihuaně*. 3., dopl. vyd. Maťa, Praha.
- Durst R, Danenberg H, Gallily R, Mechoulam R, Meir K, Grad E, Beeri R, Pugatsch T, Tarsish E, Lotan C. 2007. Cannabidiol, a nonpsychoactive Cannabis constituent, protects against myocardial ischemic reperfusion injury. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology* **293**:H3602-H3607.

- El-Hammadi MM, Small-Howard AL, Jansen C, Fernández-Arévalo M, Turner H, Martín-Banderas L. 2022. Potential use for chronic pain: Poly(Ethylene Glycol)-Poly(Lactic-Co-Glycolic Acid) nanoparticles enhance the effects of Cannabis-Based terpenes on calcium influx in TRPV1-Expressing cells. *International Journal of Pharmaceutics* **616**.
- ElSohly MA, Slade D. 2005. Chemical constituents of marijuana: The complex mixture of natural cannabinoids. *Life Sciences* **78**:539-548.
- ElSohly MA, Radwan MM, Gul W, Chandra S, Galal A. 2017. Phytochemistry of Cannabis sativa L. 1-36in *Phytocannabinoids*. Springer International Publishing, Cham.
- Farag S, Kayser O. 2015. Cultivation and Breeding of Cannabis sativa L. for Preparation of Standardized Extracts for Medicinal Purposes. 165-186 in *Medicinal and Aromatic Plants of the World*. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Farinon B, Molinari R, Costantini L, Merendino N. 2020. The Seed of Industrial Hemp (Cannabis sativa L.): Nutritional Quality and Potential Functionality for Human Health and Nutrition. *Nutrients* **12**.
- Feng L et al. 2019. The Influence of Light Intensity and Leaf Movement on Photosynthesis Characteristics and Carbon Balance of Soybean. *Frontiers in Plant Science* **9**.
- Fišar Z. Endokanabinoidy. *Chem. listy*, 2006, 100: 314-322.
- Fitzcharles M-A, Clauw DJ, Hauser W. A cautious hope for cannabidiol (CBD) in rheumatology care. *Arthritis Care & Research*.
- Flores-Sanchez IJ, Verpoorte R. 2008. Secondary metabolism in cannabis. *Phytochemistry Reviews* **7**:615-639.
- Frassinetti S, Gabriele M, Moccia E, Longo V, Di Gioia D. 2020. Antimicrobial and antibiofilm activity of Cannabis sativa L. seeds extract against Staphylococcus aureus and growth effects on probiotic Lactobacillus spp. *LWT* **124**.
- Gertsch J, Leonti M, Raduner S, Racz I, Chen J-Z, Xie X-Q, Altmann K-H, Karsak M, Zimmer A. 2008. Beta-caryophyllene is a dietary cannabinoid. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **105**:9099-9104.
- Hall W, Lynsley M. T., Degenhardt L. 2001. The health and psychological effects of cannabis use. Canberra: Commonwealth Department of Health and Ageing.
- Hanuš LO. 2009. Pharmacological and therapeutic secrets of plant and brain (endo)cannabinoids. *Medicinal Research Reviews* **29**:213-271.
- Hillig KW. 2004. A chemotaxonomic analysis of terpenoid variation in Cannabis. *Biochemical Systematics and Ecology* **32**:875-891. "
- Hillig KW. 2005. Genetic evidence for speciation in Cannabis (Cannabaceae). *Genetic Resources and Crop Evolution* **52**:161-180.

Hanuš LO, Hod Y. 2020. Terpenes/Terpenoids in Cannabis: Are They Important?. *Medical Cannabis and Cannabinoids* **3**:25-60.

Hosking RD, Zajíček JP. 2008. Terapeutický potenciál konopí v medicíně bolesti †  
†Prohlášení o zájmu. Autoři obdrželi finanční prostředky od Medical Research Council a South West Regional Development Agency. *British Journal of Anesthesia* **101** :59-68.

Hu H, Liu H, Liu F. 2018. Klíčení semen kultivarů konopí (*Cannabis sativa* L.) reaguje odlišně na stres typu soli a koncentrace. *Průmyslové plodiny a produkty* **123** :254-261.

Huché-Théliér L, Crespel L, Gourrierc JL, Morel P, Sakr S, Leduc N. 2016. Light signaling and plant responses to blue and UV radiations—Perspectives for applications in horticulture. *Environmental and Experimental Botany* **121**:22-38.

Huestis MA, Henningfield JE, Cone EJ. 1992. Krevní kanabinoidy. I. Absorpce THC a tvorba 11-OH-THC a THCCOOH během a po kouření marihuany\*. *Journal of Analytical Toxicology* **16** :276-282.

Janatová A, Fraňková A, Tlustoš P, Hamouz K, Božik M, Klouček P. 2018. Yield and cannabinoids contents in different cannabis (*Cannabis sativa* L.) genotypes for medical use. *Industrial Crops and Products* **112**:363-367.

Jansen C et al. 2019. Myrcene and terpene regulation of TRPV1. *Channels* **13**:344-366.

Jin D, Jin S, Chen J. 2019. Cannabis Indoor Growing Conditions, Management Practices, and Post-Harvest Treatment: A Review. *American Journal of Plant Sciences* **10**:925-946.

Kaczorová, D., Béres, T., Čavar Zeljković, S., Bjelková, M., Kuchař, M. a Tarkowski, P. 2020. O konopí bez předsudků. *Chemické listy*. 114, 4 (dub. 2020), 277-284.

Knight G, Hansen S, Connor M, Poulsen H, McGovern C, Stacey J. 2010. The results of an experimental indoor hydroponic Cannabis growing study, using the ‘Screen of Green’ (ScrOG) method—Yield, tetrahydrocannabinol (THC) and DNA analysis. *Forensic Science International* **202**:36-44.

Kumar P et al. 2021. Pharmacological properties, therapeutic potential, and legal status of *Cannabis sativa* L: An overview. *Phytotherapy Research* **35**:6010-6029.

Lal S, Shekher A, Puneet, Narula AS, Abrahamse H, Gupta SC. 2021. Cannabis and its constituents for cancer: History, biogenesis, chemistry and pharmacological activities. *Pharmacological Research* **163**.

Landrigan J, Bessenyei K, Leitner D, Yakovenko I, Fisk JD, Prentice JL. 2022. A systematic review of the effects of cannabis on cognition in people with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis and Related Disorders* **57**.

Mahlberg PG, Kim ES. 2004. Accumulation of Cannabinoids in Glandular Trichomes of Cannabis (*Cannabaceae*). *Journal of Industrial Hemp* **9**:15-36.

Malík M, Velechovský J, Tlustoš P. 2021. The overview of existing knowledge on medical cannabis plants growing. *Plant, Soil and Environment* **67**:425-442

- Martinelli G, Magnavacca A, Fumagalli M, Dell'Agli M, Piazza S, Sangiovanni E. Cannabis sativa and Skin Health: Dissecting the Role of Phytocannabinoids. *Planta Medica*: a-1420-5780.
- Marzorati S, Friscione D, Picchi E, Verotta L. 2020. Cannabidiol from inflorescences of *Cannabis sativa* L.: Green extraction and purification processes. *Industrial Crops and Products* **155**.
- McPartland JM, Guy GW. 2017. Models of Cannabis Taxonomy, Cultural Bias, and Conflicts between Scientific and Vernacular Names. *The Botanical Review* **83**:327-381.
- Mehboob N, Farag HEZ, Sawas AM. 2020. Energy Consumption Model for Indoor Cannabis Cultivation Facility. *IEEE Open Access Journal of Power and Energy* **7**:222-233.
- Mills E. 2012. The carbon footprint of indoor Cannabis production. *Energy Policy* **46**:58-67.
- Montier Y, Lorentz A, Krämer S, Sellge G, Schock M, Bauer M, Schuppan D, Bischoff SC. 2012. Central role of IL-6 and MMP-1 for cross talk between human intestinal mast cells and human intestinal fibroblasts. *Immunobiology* **217**:912-919.
- Moreira FA, Aguiar DC, Guimarães FS. 2006. Anxiolytic-like effect of cannabidiol in the rat Vogel conflict test. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry* **30**:1466-1471.
- Nikan M, Nabavi SM, Manayi A. 2016. Ligands for cannabinoid receptors, promising anticancer agents. *Life Sciences* **146**:124-130.
- Nissen L, Zatta A, Stefanini I, Grandi S, Sgorbati B, Biavati B, Monti A. 2010. Characterization and antimicrobial activity of essential oils of industrial hemp varieties (*Cannabis sativa* L.). *Fitoterapia* **81**:413-419.
- Nugent SM et al. 2017. The Effects of Cannabis Among Adults With Chronic Pain and an Overview of General Harms. *Annals of Internal Medicine* **167**.
- Nuutinen T. 2018. Medicinal properties of terpenes found in *Cannabis sativa* and *Humulus lupulus*. *European Journal of Medicinal Chemistry* **157**:198-228.
- O'Dell CP, Tuell DS, Shah DS, Stone WL. 2022. The systems medicine of cannabinoids in pediatrics: the case for more pediatric studies. *Frontiers in Bioscience-Landmark* **27**.
- Pacher P, Bátkai S, Kunos G. 2006. The Endocannabinoid System as an Emerging Target of Pharmacotherapy. *Pharmacological Reviews* **58**:389-462.
- Pacifico D, Miselli F, Carboni A, Moschella A, Mandolino G. 2008. Time course of cannabinoid accumulation and chemotype development during the growth of *Cannabis sativa* L. *Euphytica* **160**:231-240.
- Pellati F, Borgonetti V, Brighenti V, Biagi M, Benvenuti S, Corsi L. 2018. Cannabis sativa L. and Nonpsychoactive Cannabinoids: Their Chemistry and Role against Oxidative Stress, Inflammation, and Cancer. *BioMed Research International* **2018**:1-15.

Petrocellis LD, Cascio MG, Marzo VD. 2004. The endocannabinoid system: a general view and latest additions. *British Journal of Pharmacology* **141**:765-774.

Pertwee RG. 2006. Cannabinoid pharmacology: the first 66 years. *British Journal of Pharmacology* **147**:S163-S171.

Press CA, Knupp KG, Chapman KE. 2015. Parental reporting of response to oral cannabis extracts for treatment of refractory epilepsy. *Epilepsy & Behavior* **45**:49-52.

Rhoades JD, Raats PAC, Prather RJ. 1976. Effects of Liquid-phase Electrical Conductivity, Water Content, and Surface Conductivity on Bulk Soil Electrical Conductivity. *Soil Science Society of America Journal* **40**:651-655.

Rodríguez de Fonseca F, Del Arco I, Bermudes S F, Bilbao A, Cippitelli A, Navarro M. 2005. The endocannabinoid system: Physiology and pharmacology. *Alcohol and Alcoholism* **40**:2-14

Ross SA, ElSohly MA, Sultana GNN, Mehmedic Z, Hossain CF, Chandra S. 2005. Flavonoid glycosides and cannabinoids from the pollen of *Cannabis sativa* L. *Phytochemical Analysis* **16**:45-48.

Ross SA, Mehmedic Z, Murphy TP, ElSohly MA. 2000. Analýza GC-MS celkového obsahu  $\Delta^9$ -THC v semenech konopí s drogami i vlákný. *Journal of Analytical Toxicology* **24** :715-717.

Rubin V. 1975. Cannabis and Culture. DE GRUYTER MOUTON.

Russo EB. 2007. History of Cannabis and Its Preparations in Saga, Science, and Sobriquet. *Chemistry & Biodiversity* **4**:1614-1648.

Russo E B. 2017. Cannabis and epilepsy: An ancient treatment returns to the fore. *Epilepsy & Behavior* **70**:292-297.

Russo EB. 2011. Taming THC: potential cannabis synergy and phytocannabinoid-terpenoid entourage effects. *British Journal of Pharmacology* **163**:1344-1364.

Russo EB. 2019. The Case for the Entourage Effect and Conventional Breeding of Clinical Cannabis: No “Strain,” No Gain. *Frontiers in Plant Science* **9**.

Russo EB, Guy G W.; Robson P J. 2007. Cannabis, pain, and sleep: lessons from therapeutic clinical trials of Sativex®, a cannabis-based medicine. *Chemistry & biodiversity*, 4.8: 1729-1743.

Ryz NR, Remillard DJ, Russo EB. 2017. Cannabis Roots: A Traditional Therapy with Future Potential for Treating Inflammation and Pain. *Cannabis and Cannabinoid Research* **2**:210-216.

Shao K, Stewart C, Grant-Kels JM. 2021. Cannabis and the skin. *Clinics in Dermatology* **39**:784-795.

- Shaw LJ, Bugiardini R, Merz CNB. 2009. Women and Ischemic Heart Disease. *Journal of the American College of Cardiology* **54**:1561-1575.
- Sirikantaramas S, Taura F, Tanaka Y, Ishikawa Y, Morimoto S, Shoyama Y. 2005. Tetrahydrocannabinolic Acid Synthase, the Enzyme Controlling Marijuana Psychoactivity, is Secreted into the Storage Cavity of the Glandular Trichomes. *Plant and Cell Physiology* **46**:1578-1582.
- Small E, Brookes B. 2012. Temperature and Moisture Content for Storage Maintenance of Germination Capacity of Seeds of Industrial Hemp, Marijuana, and Ditchweed Forms of *Cannabis sativa*. *Journal of Natural Fibers* **9**:240-255.
- Small E, Cronquist A. 2019. A practical and natural taxonomy for cannabis taxon **25**:405-435.
- Smith LA, Azariah F, Lavender VTC, Stoner NS, Bettiol S. 2021. Cannabinoids for nausea and vomiting in adults with cancer receiving chemotherapy. *Cochrane Database of Systematic Reviews* **2021**.
- Sorrentino G. 2021. Introduction to emerging industrial applications of cannabis (*Cannabis sativa* L.). *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali* **32**:233-243.
- Struik PC, Amaducci S, Bullard MJ, Stutterheim NC, Venturi G, Cromack HTH. 2000. Agronomy of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) in Europe. *Industrial Crops and Products* **11**:107-118.
- Staginnus C, Zörntlein S, de Meijer E. 2014. PCR marker spojený s polymorfismem syntázy THCA je spolehlivým nástrojem k diskriminaci rostlin *Cannabis sativa* bohatých na THC L. *Journal of Forensic Sciences* **59** :919-926.
- Srivastava BK et al. 2009. Hair growth stimulator property of thienyl substituted pyrazole carboxamide derivatives as a cb1 receptor antagonist with in vivo antiobesity effect. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters* **19**:2546-2550.
- The Health Effects of Cannabis and Cannabinoids. 2017. National Academies Press, Washington, D.C.
- Tremaroli V, Bäckhed F. 2012. Functional interactions between the gut microbiota and host metabolism. *Nature* **489**:242-249.
- Turner CE, Elsohly MA, Boeren EG. 1980. Constituents of *Cannabis sativa* L. XVII. A Review of the Natural Constituents. *Journal of Natural Products* **43**:169-234.
- Thakur GA, Duclos RI, Makriyannis A. 2005. Natural cannabinoids: Templates for drug discovery. *Life Sciences* **78**:454-466.
- Turner CE, Elsohly MA, Boeren EG. 1980. Constituents of *Cannabis sativa* L. XVII. A Review of the Natural Constituents. *Journal of Natural Products* **43**:169-234
- Ugdyzhekova DS, Bernatskaya NA, Stefano JB, Graier VF, Tam SW, Mekhoulam R. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine* **131**:251-253.

Varga K, Lake K, Martin BR, Kunos G. 1995. Novel antagonist implicates the CB1 cannabinoid receptor in the hypotensive action of anandamide. *European Journal of Pharmacology* **278**:279-283.

White CM. 2019. A Review of Human Studies Assessing Cannabidiol's (CBD) Therapeutic Actions and Potential. *The Journal of Clinical Pharmacology* **59**:923-934.

Yep B, Gale NV, Zheng Y. 2020. Comparing hydroponic and aquaponic rootzones on the growth of two drug-type *Cannabis sativa* L. cultivars during the flowering stage. *Industrial Crops and Products* **157**.

Yoshimatsu, K., Iida, O., Kitazawa, T., Sekine, T., Kojoma, M., Makino, Y., & Kiuchi, F. 2004. Growth characteristics of *Cannabis sativa* L. cultivated in a phytotron and in the field. *Bulletin on Natural Instruction of Health Science*, **122**: 16-20.

Zagórska-Dziok M, Bujak T, Ziemlewska A, Nizioł-Łukaszewska Z. 2021. Positive Effect of *Cannabis sativa* L. Herb Extracts on Skin Cells and Assessment of Cannabinoid-Based Hydrogels Properties. *Molecules* **26**.



## 9 Internetové zdroje

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mullaways\\_Medical\\_Cannabis\\_Research\\_Crop.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mullaways_Medical_Cannabis_Research_Crop.JPG)

<https://softsecrets.com/cs/clanek/konopi-ze-zkumavky-aneb-mikropropagace>

<https://www.alchimiaweb.com/blogen/marijuana-growing-guide/outdoor-marijuana-growing/>

<https://www.cannaman.cz/co-je-to-endokanabinoidni-system-v-lidskem-tele-p99.htm>

<https://www.leafly.com/>

<https://magazin-legalizace.cz/2019-tipy-a-triky-feminizace/>

<https://magazin-konopi.cz/kdy-zaciname-klicit/>

<https://www.marekzloch.cz/akvaponie-1/>

<https://www.pestik.cz/module/csblog/post/72-14-hydroponie-pro-zacatecniky-.html#gref>

<https://en.seedfinder.eu/>,

## 10 Seznam použitých zkratek a symbolů

$\Delta^9$ -THC – tetrahydrokanabinol  
2-AGE – 2-arachdonoglycerylether  
2AG – arachdonoylglycerol  
AEA – N-arachidonoylethanolamin  
CB1 – receptor typu 1  
CB2 – receptor typu 2  
CBC – kanabichromen  
CBCA – kyselina kanabichromenová  
CBD – kanabidiol  
CBDA – kyselina kanabidiolová  
CBDV – kanabidivarin  
CBE – kanabielsoin  
CBG – kanabigerol  
CBGA – kyselina kanabigerolová  
CBL – kanabicyklol  
CBN – kanabidol  
CBT – kanabitriol  
CO<sub>2</sub> – oxid uhličitý  
FDA – Úřad pro kontrolu potravin a léčiv  
GPP – geranyludifosfát  
NADA – N-arachidonoyl-dopamin  
HPS – vysokotlaký sodík  
MBC – minimální baktericidní koncentrace  
MEP – 2-C-methyl-D-erythritol-4-fosfátová dráha  
MH – metalhalogenid  
MIC – minimální inhibiční koncentrace  
LED – světelné diody  
O<sub>2</sub> – kyslík  
OLA – kyselina olivová  
SZP – Společná zemědělská politika  
THCA – kyselina tetrahydrokanabinolová  
THCV – tetrahydrokanabivarin  
WHO – Světová zdravotní organizace

