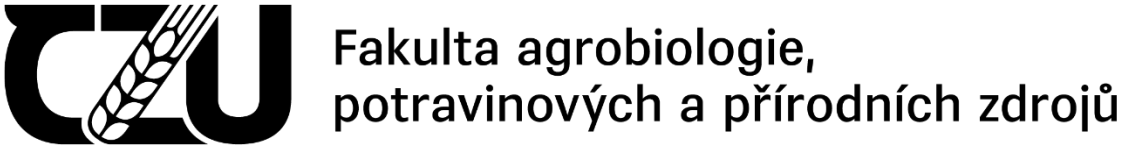
Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra kvality a bezpečnosti potravin



Stanovení kontrolovaných klimatických podmínek a optimální koncentrace CO2 v atmosféře za účelem společné kultivace rostlin konopí, jedlých a léčivých hub

Bakalářská práce

Alexander Sabáček

Rostlinná produkce

Ing. Anežka Kosmáková Janatová, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Stanovení kontrolovaných klimatických podmínek a optimální koncentrace CO2 v atmosféře za účelem společné kultivace rostlin konopí, jedlých a léčivých hub" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 28.4.2024 _____

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucí práce Ing. Anežce Kosmákové Janatové Ph.D. za úsilí, které doposud věnovala bádání a výzkumu léčebného konopí na ČZU v Praze, vedení studentů zajímajících se o tuto problematiku, a především za lidský přístup, cenné rady a vstřícnost. Poděkování patří také mé rodině a přátelům, kteří mě po celou dobu mého studia podporovali.

Stanovení kontrolovaných klimatických podmínek a optimální koncentrace CO_2 v atmosféře za účelem společné kultivace rostlin konopí, jedlých a léčivých hub

Souhrn

Bakalářská práce se skládá ze tří klíčových kapitol, které se zabývají různými aspekty využití léčebného konopí a pěstování hub.

Kapitola "léčebné konopí" se podrobně věnuje evoluci využívání konopí jako léčivé rostliny. Začíná zkoumáním jeho použití v dávných civilizacích, kde konopí sloužilo nejen pro medicínské, ale i rituální účely. Postupně přechází k období, kdy konopí bylo běžně předepisováno lékaři v 19. století před jeho prohibicí ve 20. století. Kapitola dále popisuje nedávné vědecké objevy, které potvrdily léčebné účinky konopí, vedoucí k postupnému znovu uznání a legalizaci konopí v medicíně v mnoha zemích. V neposlední řadě se zabývá současnými legislativními změnami, které umožňují jeho širší lékařské využití.

Kapitola "pěstební systémy" poskytuje podrobný přehled různých metod pěstování konopí, od tradičních zemědělských technik až po inovativní řešení jako hydroponie a aeroponie. Hydroponie představuje systémy, kde rostliny rostou bez půdy, s kořeny ponořenými přímo do živinového roztoku. Tato sekce zdůrazňuje efektivitu hydroponie v kontrolovaných prostředích, jako jsou skleníky, a její schopnost rychleji produkovat vyšší výnosy.

Kapitola "pěstování léčebných rostlin a hub v nepříznivých podmínkách" se zaměřuje na inovativní přístupy a technologie umožňující kultivaci rostlin a hub v extrémním a omezeném prostředí. Zvláštní pozornost je věnována uzavřeným systémům, jako je hydroponie, které umožňují efektivní pěstování v kontrolovaném prostředí bez přirozené půdy. Tyto systémy jsou ideální pro použití ve vesmírných stanicích a pod vodní hladinou, kde tradiční zemědělské metody nejsou vhodné nebo možné.

Tato práce předkládá ucelený pohled na využití konopí a hub v léčebných aplikacích a představuje důležitý přínos k oblasti udržitelného zemědělství a výzkumu.

Klíčová slova: CO2, léčebné konopí, medicinální houby

Determination of controlled climatic conditions and optimal CO_2 concentration in the atmosphere for the co-cultivation of cannabis plants, edible and medicinal mushrooms

Summary

The bachelor's thesis consists of three key chapters that deal with various aspects of the use of medical cannabis and mushroom cultivation.

The chapter "medicinal cannabis" is devoted in detail to the evolution of the use of cannabis as a medicinal plant. It begins by examining its use in ancient civilizations, where cannabis was used not only for medicinal purposes, but also for ritual purposes. It gradually transitions to the period when cannabis was commonly prescribed by doctors in the 19th century before its prohibition in the 20th century. The chapter further describes recent scientific discoveries that have confirmed the medicinal effects of cannabis, leading to the gradual re-recognition and legalization of cannabis in medicine in many countries. Last but not least, it deals with current legislative changes that enable its wider medical use.

The "potting systems" chapter provides a detailed overview of the various methods of growing cannabis, from traditional agricultural techniques to innovative solutions such as hydroponics and aeroponics. Hydroponics are systems where plants grow without soil, with roots immersed directly in a nutrient solution.

The chapter "cultivation of medicinal plants and mushrooms in adverse conditions" focuses on innovative approaches and technologies enabling the cultivation of plants and mushrooms in extreme and limited environments. Particular attention is paid to closed systems such as hydroponics, which allow efficient cultivation in a controlled environment without natural soil. These systems are ideal for use in space stations, arid regions or other locations where traditional agricultural methods are not suitable or possible.

This work presents a comprehensive view of the use of cannabis and mushrooms in medicinal applications and represents an important contribution to the field of sustainable agriculture and medicine.

Keywords: CO2, medicinal cannabis, medicinal mushrooms

1 Úvod 1
2 Cíl práce 2
3 Literární přehled 3
3.1 Léčebné konopí 3
3.1.1 Charakteristika a taxonomie konopí 3
3.1.2 Historie léčebného konopí 4
3.1.3 Biologické aktivní látky 4
3.1.4 Legislativní aspekt léčebného konopí 6
3.2 Pěstební systémy 7
3.2.1 Outdoor pěstební systémy 7
3.2.1.1 Polní pěstování 7
3.2.1.2 Skleníky 8
3.2.2 Indoor pěstební systémy 11
3.2.2.1 Hydroponie 11
3.2.3 Integrované pěstební systémy 17
3.2.3.1 Udržitelná produkce léčebného konopí a hub 17
3.3 Suplementace CO_2 v produkci léčebného konopí 18
3.3.1.1 Využití odpadního CO_2 z produkce hub 25
3.4 Pěstování léčebných rostlin a hub v nepříznivých podmínkách 27
3.4.1 Pěstování v kosmu 27
3.4.2 Pěstování pod vodní hladinou 29
4 Závěr 31
5 Seznam použité literatury 32
6 Seznam obrázků 34

1 Úvod

V posledních desetiletích se významně rozšířila oblast pěstování rostlin a hub v kontrolovaných podmínkách. Tento trend nejenže umožňuje efektivnější využívání zemědělských ploch a zdrojů, ale také nabízí příležitost pro optimalizaci podmínek růstu, s cílem maximalizovat výnosy a kvalitu produkce. Zvláště významné je to v případě kultivace rostlin a hub s vysokou hospodářskou nebo léčivou hodnotou, jako jsou konopí a různé druhy jedlých či léčivých hub. Společná kultivace těchto organismů však přináší specifické výzvy spojené s potřebou přesného stanovení a udržení optimálních klimatických podmínek, mezi které řadíme teplotu, vlhkost, osvětlení a zejména koncentraci CO_2 v atmosféře.

Akumulace oxidu uhličitého v atmosféře je přitom jedním z klíčových problémů aktivně diskutovaných vědci, politiky a médii. Hlavní důraz je kladen na jeho schopnost ovlivňovat globální klima. Mnohem méně často se diskutuje o bezprostředním (přímém) vlivu rostoucích koncentrací tohoto plynu na růst a vývoj rostlin. Živé organismy mají jedinečnou schopnost přeměňovat energii Slunce na energii chemických sloučenin. Tomu se říká fotosyntéza. Rostliny tak produkují organické látky pro konzumenty, které jsou předávány dále v potravním řetězci. Čím více organické hmoty se vyprodukuje, tím lepší je potravní nabídka pro býložravé a masožravé živočichy včetně člověka. Rostliny navíc potřebují k fotosyntéze velké množství CO_2.

Koncentrace CO_2 má přímý vliv na fotosyntézu rostlin a tím i na jejich růst a vývoj či výnos. Zatímco některé studie naznačují, že zvýšená koncentrace CO_2 může podporovat růst rostlin, jiné poukazují na možné negativní dopady ve kvalitě produkce, nebo na růst společně pěstovaných hub. V této práci se zaměříme na identifikaci optimálních klimatických podmínek a koncentrace CO_2 pro společnou kultivaci konopí a vybraných jedlých a léčivých hub, s cílem najít ideální rovnováhu, která by podpořila synergický vztah mezi těmito organismy a zároveň zajistí jejich zdravý růst a vysokou produktivitu.

2 Cíl práce

Hlavním cílem bakalářské práce je identifikovat a definovat optimální klimatické podmínky a koncentraci CO_2 v atmosféře, které jsou nezbytné pro úspěšnou společnou kultivaci rostlin konopí a vybraných druhů jedlých a léčivých hub. Tímto přístupem se snažím odpovědět na klíčové otázky týkající se optimálních podmínek pro společnou kultivaci a přispět k lepšímu porozumění procesů, které tyto podmínky ovlivňují.

3 Literární přehled

3.1 Léčebné konopí

3.1.1 Charakteristika a taxonomie konopí

Cannabis sativa L. jedna z nejstarších kulturních rostlin na planetě. *Cannabis sativa L.* spadá do řádu *Urticales* a čeledi *Cannabaceae*. Je jednoletou rostlinou pocházející ze severní polokoule obvyklá v mírném podnebí. Přesné oblasti, ve kterých konopí původně rostlo, nejsou známy, protože rostlina se rozšířila po celém světě a vyvíjela se po staletí. Existují zprávy o pěstování a používání *Cannabis sativa L.* v době neolitu (Rätsch, 2012).

Konopí se vyznačuje malým počtem široce rozmístěných větví a dlouhými, dlanitě složenými listy. Na jedné větvi je 3 až 13 listů. Konopí je většinou dvoudomé. Samičí rostliny jsou mrazuvzdorné a pěstují se ve sklenících nebo v zemích bez nízkých teplot. Je důležité zmínit, že konopí jednodomé pro svou lepší vhodnost ke konzumaci v Evropě z velké části nahradilo konopí dvoudomé. *Cannabis sativa L*. dosahuje výšky 1–5 m v závislosti na prostředí. Jeho vegetační období obvykle trvá 3–4 měsíce. Značná genetická variabilita konopí ztěžuje jeho taxonomickou klasifikaci. Studie porovnávající chemický obsah mezi skupinami pěstovaných a planě rostoucích rostlin vedly k protichůdným interpretacím a četným klasifikacím konopí. V současné době bylo v konopí identifikováno 750 přírodních sloučenin, které představují různé chemické třídy, což ukazuje na velmi složitou fytochemii. Mezi jeho primární metabolity řadíme aminokyseliny, mastné kyseliny a steroidy a sekundárními metabolity jsou: fytokanabinoidy, flavonoidy, terpenoidy, lignany a alkaloidy. Fytokanabinoidy jsou nejvíce studovanými sloučeninami v konopí. Objev a pochopení biosyntetické cesty fytokanabinoidů je rozhodující pro prokázání, že koncentrace každé sloučeniny přítomné v rostlině je určena geneticky, protože různé genotypy se vyznačují různými profily kanabinoidů (Hanuš, 2009).

Původně ho lidé používali jako zdroj vlákniny pro zvířata a jako textilní vlákno, postupem času se začal používat jako zdroj potravy a léků. Tato rostlina obsahuje biologicky aktivní sloučeniny, zvané kanabinoidy.

Kanabinoidy jsou skupinou sloučenin, které se nacházejí v rostlinách rodu konopí. Konopí zná svět pod takovými pojmy jako marihuana, hašiš (pryskyřice z indického konopí), ganja, anasha atd. Pěstuje se v mnoha zemích světa a je známé především pro svůj vliv na lidské vědomí.

Počet druhů v rodu *Cannabis* byl mezi taxonomy dlouho sporný. V literatuře neexistuje jasně definovaná nomenklatura pro konopí. Nejjednodušší rozdělení rostlin v rodu je do tří samostatných druhů: *Cannabis sativa* (vláknité konopí), *Cannabis indica* (indické konopí) a *Cannabis ruderalis* (považováno za divokou formu).

Kanabinoidy mají kromě psychodysleptických účinků řadu zajímavých vlastností. Od starověku lidé používali konopí k výrobě vlákniny, k provádění náboženských obřadů a také jako lék.

3.1.2 Historie léčebného konopí

První zmínky o léčivých vlastnostech konopí byly nalezeny ve staré Číně: v lékopisu „Pen-jiao-chin“ (2700 př. n. l.) jsou informace o použití konopí při léčbě revmatických bolestí, poruch ženského reprodukčního systému, malárie atd. V Indii se konopím léčila neuralgie, bolesti hlavy a zubů, křeče, revmatismus, křeče, průduškové astma atd. (Pantoja-Ruiz, 2022). Vědci Římské říše (Plinius starší a Dioscorides), zemí Blízkého a Středního východu (Avicenna) také věděli o analgetických a protizánětlivých účincích konopí (Crocq, 2020).

Evropští lékaři významně přispěli ke studiu léčebného potenciálu konopí. Koncem první poloviny 19. stol. Irský lékař William Brooke O'Shaughnessy během své služby v Indii (1833–1841) provedl řadu studií a zjistil, že konopí může mít pozitivní účinek při léčbě revmatismu, bolestivých syndromů, křečí a ztuhlosti u roztroušené sklerózy atd. V roce 1890 popsal britský lékař John Russell Reynolds své zkušenosti s konopím a prokázal pozitivní účinek konopí při léčbě neuralgie, migrény, dysmenorey atd. (Crocq, 2020).

Klíčovým momentem v historii studia konopí bylo stanovení struktury jeho hlavních chemických složek. V roce 1940 americký vědec Roger Adams izoloval kanabidiol (CBD) a v roce 1964 izraelský biochemik Raphael Mechoulam určil strukturu delta-9-tetrahydrokanabinolu (THC). V roce 1988 profesor Allyn Howlett a postgraduální student William Devane (1988) objevili první kanabinoidní receptor CB1. Přítomnost receptorů pro fytokanabinoidy v lidském těle naznačuje existenci endogenních ligandů. V tomto ohledu byl v roce 1992 izolován první endogenní kanabinoid – N-arachidonoylethanolamin neboli anandamid. O rok později byl objeven druhý typ kanabinoidního receptoru, CB2 a v roce 1995 Raphael Mechoulam a tým vědců identifikovali druhý endogenní ligand receptorů CB1 a CB2, 2-arachidonoylglycerol (2-AG) (Sugiura, 1995). Důležitou událostí v historii léčebného konopí bylo objevení se syntetických kanabinoidních přípravků v USA: v roce 1985 - dronabinol (Marinol®), v roce 1992 - nabilon (Tsesamet®) (Ahmad, 2023).

3.1.3 Biologické aktivní látky

Při studiu komplexu účinných látek konopí chemici izolovali několik účinných kanabinoidů, z nichž nejstabilnější a ve významném množství byly psychotropně působící Δ^9-tetrahydrokanabinol (THC) a kanabidiol (CBD), analgetikum bez zjevného narkotického účinku, zastavující křeče a uvolňující nervové napětí (Leinen et al. 2023).

Výzkum provedený společností Botanix Pharmaceuticals Ltd ukázal, že CBD má také antibakteriální účinky proti řadě grampozitivních bakterií, včetně stafylokokových a streptokokových bakterií. Syntetické CBD navíc působilo na bakterie stejně jako antibiotika vankomycin a daptomycin a podle výzkumníků z University of Queensland CBD ani po dlouhodobém užívání nezpůsobilo rezistenci u pneumokokových bakterií a ničilo mikrobiální biofilmy (livescience.com, 2024).

Kanabidiol, nabízený jako bezpečnější možnost než pilulky pro léčbu stavů od úzkosti po chronickou bolest, se rychle stal populární v USA a v částech Evropy. Společnost Zynerba Pharmaceuticals Inc. (Devon, Pensylvánie) nejenže zjistila příznivé účinky, ale získala i americký patent a ochrannou známku na „Léčbu poruchy autistického spektra kanabidiolem“, která zahrnuje tvrzení, účinná množství a způsob podávání syntetického CBD pro léčbu poruchy autistického spektra.

Existují však studie, které prokazují problémy s používáním CBD. Zejména vědci z University of Arkansas zjistili, že CBD způsobuje stejné poškození lidských jater jako alkohol a jiné drogy. Navzdory pozitivním účinkům se mohou objevit vedlejší účinky. Například CBD zvyšuje chuť k jídlu u pacientů s rakovinou, ale také snižuje kvalitu života (Wang, 2019).

Protože bylo zjištěno, že k syntéze CBD v rostlinách může docházet s minimálními hladinami THC, šlechtitelé začali vyvíjet odrůdy s vysokou akumulací léčivé složky a výzkum konopných sloučenin pokračoval. Nyní bylo zjištěno, že i další látky vznikající v konopí mají biologickou aktivitu, i když ve velmi malých, často stopových množstvích. Mezi nimi:

Kanabigerol (CBG), jehož syntéza začíná podobně jako syntéza THC a CBD – s kyselinou kanabigerolovou (CBGA). Specifické enzymy jej rozkládají na dvě kyseliny: THCA / CBDA, při jejichž dekarboxylačním procesu vznikají CBG, THC a CBD. Fyziologické účinky CBG jsou spojeny se zvýšenými hladinami anandamidu, endokanabinoidu, který ovlivňuje chuť k jídlu, spánek a paměť.

CBG navíc stimuluje tvorbu kostí, pomáhá opravovat kosti po úrazech a inhibuje osteoporózu související s věkem. Studie publikovaná Lazarini-Lopes (2022) ukázala, že kanabinoidní receptor typu 1 (CB1) může stimulovat kmenové buňky kostní dřeně regulací diferenciace osteoblastů (tvorba kostí) a adipocytů (hromadění tuku v pojivové tkáni) ve stromálních buňkách kostní dřeně.

CBG, podobně jako CBD a CBC, zpomaluje progresi a růst nádorů a rakovinných buněk a má antifungální a antimikrobiální vlastnosti. Existuje možnost jeho využití proti Staphylococcus aureus, rezistentnímu na antibiotika a methicilin. CBG má antiproliferativní/proapoptotické účinky a vykazuje slibné výsledky při léčbě hyperaktivního močového měchýře, léčbě psoriázy, glaukomu, deprese a úzkosti a má neuroprotektivní účinky (Leaf Science, 2017).

Kanabinol (CBN), jehož obsah v rostlinách nepřesahuje 1 %, vznikající při oxidaci THC v důsledku zahřívání, se špatně váže na receptory CB1 a CB2, a proto nepůsobí psychoaktivně. Tato sloučenina způsobuje nepřímou stimulaci tvorby buněk kostní tkáně z mezenchymálních kmenových buněk obklopujících kostní dřeň, což podporuje hojení kostí při zlomeninách (Croxford, 2005). Existují důkazy, že CBN je sedativní analgetikum, protizánětlivé, antikonvulzivní a má silný antibakteriální a antimykotický účinek. V kombinaci s CBD pomáhá při léčbě popálenin, zlepšuje spánek a chuť k jídlu (Sumpter, 2020).

Tetrahydrokanabivarin (THCV), psychoaktivní kanabinoid působící podobně jako THC (váže se na tělesné receptory CB1 a CB2, aktivuje je a má silný účinek). Pokud však THC působí v jakékoli dávce, pak THCV pouze ve vysoké. Navíc se efekt dostaví rychleji a dříve odezní. V nízkých dávkách se THCV chová jako CBD – snižuje počet a trvání záchvatů u lidí s epilepsií. Kromě toho stimuluje růst

kostí, zlepšuje motorickou kontrolu, snižuje třes a účinky poškození mozku při Alzheimerově chorobě a co je zajímavé pro odborníky na výživu, blokuje příjemné pocity z konzumace „nezdravých“ potravin (Rahn, 2015).

3.1.4 Legislativní aspekt léčebného konopí

V České republice je používání konopí pro léčebné účely upraveno několika zákony a nařízeními, které společně definují, jak má být konopí využíváno v medicíně. Základní právní rámec byl stanoven v roce 2013, kdy bylo léčebné konopí legalizováno.

Jedná se o zákon č. 50/2013 Sb., kterým se mění zákon č. 378/2007 Sb. Je to klíčový právní dokument, který zavedl změny umožňující využívání konopí pro léčebné účely v České republice, a představuje významný krok v legislativním uznání léčebného potenciálu konopí a jeho začlenění do českého zdravotnického systému. Zákon specifikuje, co je považováno za léčebné konopí, včetně požadavků na obsah účinných látek, jako jsou THC (tetrahydrokanabinol) a CBD (kanabidiol).

Dále je to vyhláška č. 236/2015 Sb., která upravuje některé podmínky předepisování, výdeje a používání léčebného konopí. Vyhláška detailně specifikuje, jaké formy a dávky léčebného konopí mohou být předepsány a jak mají být distribuovány.

Léčebné konopí mohou předepisovat lékaři, kteří mají odpovídající specializaci a jsou licencováni. To zahrnuje obvykle lékaře specializující se na onkologii, neurologii nebo na bolestivá onemocnění, kteří prošli speciálním školením o používání konopí v léčbě. Proces získání licence a odpovídajících kvalifikací je regulován Ministerstvem zdravotnictví ČR a souvisejícími profesními komorami.

Dávkování léčebného konopí je regulováno s ohledem na ochranu pacientů a zamezení zneužití. Lékaři jsou povinni dodržovat stanovené maximální množství, které mohou předepsat na měsíc, což se může lišit podle diagnózy a léčebného režimu. Některé náklady na léčebné konopí mohou být hrazeny z veřejného zdravotního pojištění, avšak toto je limitováno a závisí na specifických indikacích a schváleních.

Státní ústav pro kontrolu léčiv (SÚKL) má hlavní slovo roli v regulaci kvality a distribuce léčebného konopí. Tento úřad kontroluje licencované výrobce a importéry, zajišťuje dodržování kvality a bezpečnostních standardů, a monitoruje celý řetězec od výroby po distribuci. Společnost Elkoplast Slušovice s.r.o. získala historicky významnou pozici v českém kontextu léčebného konopí. Jako první firma vyhrála tendr vypsaný Státním ústavem pro kontrolu léčiv (SÚKL) a získala licenci od Státní agentury pro konopí pro lékařské použití (SAKL), což jí umožnilo začít pěstovat léčebné konopí. Jako první společnost, která získala tuto licenci, Elkoplast Slušovice sehrála důležitou roli v rozvoji trhu s léčebným konopím v České republice. Vytvořila precedens pro další firmy a ukázala, že český regulační rámec je funkční a že může podporovat legální produkci a využití konopí pro léčebné účely (SÚKL, 2024).

Dostupnost podomácku vypěstovaného konopí zvýšila přístupnost této alternativní léčby pro české pacienty, kteří potřebují konopí pro léčbu různých zdravotních stavů. Hlavní nevýhodou obstarání konopí na černém trhu zůstává neznalost parametrů dané odrůdy a absence testů kvality či přítomnost patogenů následně konzumovaného materiálu.

3.2 Pěstební systémy

Pěstební systémy jsou metody a technologie používané pro kultivaci rostlin v kontrolovaných nebo specificky upravených prostředích. Kapitola bude podrobně popisovat různé metody a techniky, které se používají pro pěstování rostlin, včetně konopí, s ohledem na jejich specifické prostředí a technologické vybavení. Zabývat se bude jak venkovními (outdoor), tak vnitřními (indoor) pěstebními systémy. Každý z těchto systémů má své specifické výhody a nevýhody, které ovlivňují výběr konkrétní metody pěstování v závislosti na cílech a podmínkách.

3.2.1 Outdoor pěstební systémy

Tento typ systémů využívá přírodní podmínky a je závislý na vnějších klimatických faktorech. Představuje **polní pěstování** (viz. subkapitola 3.2.1.1), což znamená, že rostliny jsou vysazeny přímo do půdy na otevřených polích, kde jsou ovlivňovány přírodními podmínkami jako je světlo, teplota a srážky. Dále to jsou **skleníky** (viz. subkapitola 3.2.1.2), poloprůhledné struktury, které umožňují kontrolu některých aspektů prostředí (např. teplota a vlhkost) a zároveň využívají přirozené sluneční světlo.

3.2.1.1 Polní pěstování

Konopí lze pěstovat venku v běžné půdě, květináčích se speciálně upravenou půdou nebo zeminou z obchodu. Některé odrůdy vykazují vyšší míru přežití venku než jiné v závislosti na různých podmínkách, faktorech a aspektech. Venkovní semena konopí, stejně jako mnoho jiných odrůd, jsou k dispozici na mnoha místech a existuje více než sto různých odrůd speciálně navržených pro venkovní pěstování. Mnoho z těchto semen jsou klony existujících odrůd nebo mají různá jména a popisy (Morrow, 2020).

Rostlina vyžaduje úrodnou půdu a mnoho hodin světla, aby dosáhla optimální hladiny aktivních látek. Z toho vyplývá, že produkce THC pro venkovní pěstování je nejefektivnější v oblastech do 35° od rovníku. Typickými pěstitelskými lokalitami je Mexiko, Nepál, severní Indie, mnohé oblasti Afriky, Afghánistán, Spojené státy a Austrálie (Russo, 2017).

V mnoha subtropických oblastech se konopí pěstuje od konce jara do začátku léta a sklízí se od konce léta do začátku podzimu. Venkovní pěstování je oblíbené ve venkovských i městských oblastech. Pěstitelé, kteří dávají přednost pěstování rostlin venku, často volí kultivary s dominantní indikou kvůli

jejich vysokým výnosům, rychlému zrání a kompaktnímu růstu. Někteří preferují kmeny s převahou sativy, protože ty lépe reagují na sluneční světlo a nemají tak intenzivní vůni.

Pěstitelé mají rostliny na svých pozemcích nebo praktikují tzv. guerillové pěstování, což znamená, že konopí vysazují na odlehlých místech, jako jsou lesní mýtiny nebo horské svahy, které navštěvují jen sporadicky. Při tomto přístupu však hrozí krádeže, proto někteří pěstitelé používají bezpečnostní techniky, jako je připevňování květináčů ke stromům. Na základě metody guerillového pěstování vzniklo aktivistické hnutí Operation Overgrow, jehož cílem je integrovat rostliny konopí do přirozeného ekosystému (ABC.27, 2024). Pro venkovní pěstování si pěstitelé vybírají oblasti, které poskytují dvanáct nebo více hodin slunečního světla denně. Na severní polokouli se semena obvykle vysévají v polovině dubna, koncem května nebo začátkem června, aby měly rostliny dostatek času k plnému růstu po dobu čtyř až devíti měsíců. Sklizeň probíhá obvykle od poloviny září do začátku října. V Severní Americe jsou preferovány severní oblasti, zejména severní pobřeží Kalifornie a Britské Kolumbie, ale pro produkci jsou vhodné i jižní oblasti, jako je Maui na Havaji (Sumpter, 2022).

Podnebí ČR je svými klimatickými podmínkami pro venkovní pěstování léčebného konopí nevhodné z důvodu nízkých teplot a vysoké vzdušné vlhkosti v období sklizně. Tyto skutečnosti mohou způsobit rozvoj houbových chorob na rostlině a jejím květenství, které nadále činí materiál nepoužitelným pro léčebné účely.

3.2.1.2 Skleníky

Pěstování konopí v půdě pod kombinovaným osvětlením vyžaduje pravidelné zavlažování a je složitější a nákladnější než pěstování venku. Umožňuje však pěstiteli mít plnou kontrolu nad podmínkami pěstování. Díky možnosti využití přírodního a umělého osvětlení (obr. 1), za dodání CO_2 a kontrolované vlhkosti mohou rostliny růst rychleji a získat podmínky, které potřebují k růstu. V případě potřeby je možné využití solárních panelů a zásobních baterií, kterými je možné snížit energetické vstupy potřebné pro provoz umělého osvětlení a další techniky v pěstírně.

Obrázek 1. Skleník využívající přirozeného a umělého osvětlení Louisiana, USA

https://coloradosun.com/2019/01/03/denver-boulder-cannabis-energy-use/

Úspěšné pěstování ve skleníku vyžaduje zajistit rostlinám výživné prostředí, vodu, hnojivo, světlo a větrání. Existuje několik typů výbojek pro osvětlení rostlin, mezi nimiž zaujímají přední místo halogenidové a keramické halogenidové výbojky.

Pro růst konopí je důležitá také fotoperioda, která vyžaduje použití časovačů pro regulaci světelného režimu. Optimální načasování osvětlení se může lišit v závislosti na každé jednotlivé rostlině (Texier, 2015).

Moderní LED technologie poskytuje nové možnosti pro efektivní pěstování konopí v interiéru. Speciální LED diody umožňují přesně regulovat emisní spektrum, poskytující optimální podmínky pro fotosyntézu.

Pro zvýšení účinnosti osvětlení se ve svítidlech často používají reflektory. Při průměrné hustotě 15 rostlin a výkonu osvětlení 430 wattů na metr čtvereční nejsou náklady na energii zanedbatelné. Rostliny nebo lampy jsou umístěny co nejblíže u sebe, aby na ně dopadalo stejné množství světla a aby k rostlinám dopadalo veškeré světlo z lamp. Maximální účinnosti lze dosáhnout vytvořením mírně konkávní kopule tak, aby okraj a střed kopule byly v optimální vzdálenosti od zdroje světla (Caulkins, 2010). Vzdálenost mezi lampou a rostlinou se často pohybuje od 0,6 m (2 stopy) při použití vysokotlakých sodíkových výbojek do 10 cm (4 palce) při použití jiných výbojek, jako jsou kompaktní, vysoce výkonné a účinné zářivky. Při správném chlazení lze jakýkoli typ lampy umístit velmi blízko k rostlinám, aby se zabránilo působení zákona inverzních čtverců, existují však důvody, proč udržovat určitou vzdálenost od kopule bez ohledu na problémy s ohřevem; nadměrné osvětlení může vést ke změně barvy rostlinného materiálu a celková plocha kopule osvětlená světlem se zmenšuje s tím, jak se zdroj světla přibližuje. Maximální účinnosti by mělo být dosaženo zvýšením průměrné intenzity světla (měřené v PAR wattech) na čtvereční stopu vynásobené počtem čtverečních stop rostlinného materiálu v kontaktu. Někteří pěstitelé konopí pokrývají stěny svých skleníků reflexním materiálem (často mylarem nebo vinylem), případně bílou barvou, aby zvýšili účinnost (Adams, 2012).

Kontrola prostředí

Při pěstování rostlin v interiéru musí mít pěstitel pro úspěšný růst zajištěny, pokud možno ideální podmínky. To představuje udržování stabilní teploty vzduchu, obvykle s mírnými výkyvy maximálně 10 °C mezi dnem a nocí. Důležité je také zajistit dostatečné množství CO_2 pro účinnou fotosyntézu.

K zajištění dobré cirkulace vzduchu v místnosti se obvykle používají odsávací a rotační ventilátory. Zdroje energie oddělené od svítidel mohou být umístěny mimo místnost, aby se mírně snížila teplota (Krejčík, 2022)

Hladinu CO_2 lze zvýšit různými způsoby, například pomocí lahví na oxid uhličitý, generátorů oxidu uhličitého, nádob s kvasnicemi nebo směsí jedlé sody a octa. Tyto metody pomáhají rostlinám získat správné množství CO_2 pro optimální růst a vývoj.

Rostliny, jako většina odrůd konopí, mají v období květu charakteristický zápach, který může způsobit problémy těm, kdo je pěstují v oblastech, kde je to nelegální nebo jinak nechtějí na jejich činnost upozorňovat. Jedním z nejběžnějších způsobů eliminace zápachu je použití uhlíkových filtrů ve ventilačním systému. Většina pěstitelů připojuje k ventilačnímu systému velké filtry s dřevěným uhlím, které čistí vzduch od zápachu ještě před jeho vypuštěním z pěstírny (Berrea, 2012).

Další metodou je instalace generátorů ozonu do výfukového potrubí. Vzduch prochází generátorem, který ve směsi s ozonem neutralizuje zápach. Je však důležité zajistit, aby byl vzduch před odváděním důkladně promíchán, aby nedocházelo k úniku zápachu. Je důležité dbát na to, aby v místnosti nebyla nadměrná koncentrace ozonu, protože může být škodlivá pro živé organismy. Ozon má charakteristický zápach a v atmosféře se rychle rozkládá, ale jeho koncentrace musí být kontrolována kvůli bezpečnosti pěstitele a dalších členů domácnosti (Raviv, 2007).

Pro pěstování kvalitního konopí v interiéru existuje mnoho konfigurací, ze kterých si pěstitelé mohou vybrat. Jedním z přístupů je přestavba celých místností nebo skladovacích prostor na specializované prostory pro pěstování konopí. Novější a oblíbenou možností je použití specializovaných pěstebních stanů. Tyto stany mají plastový nebo kovový rám, jsou obloženy odolným, pružným reflexním materiálem a vybaveny světlotěsnými dveřmi na zip. Jsou k dispozici v různých velikostech a obvykle jsou již vybaveny otvory pro odsávací ventilátory/vzduchovody a úchyty pro osvětlení.

Samopěstování

Vlastní výroba konopí v kontrolovaných podmínkách je v posledním desetiletí stále běžnější díky dostupnosti vybavení, osiv a návodů na pěstování. Pěstírny nebo pěstitelské provozy se staly preferovanou možností pro mnoho nadšenců, kteří je považují za levnější a stabilnější způsob, jak získat kvalitní konopí. Ve velkých provozech se pěstírny staly životaschopným komerčním podnikem, který přitahuje pozornost orgánů činných v trestním řízení, protože větší pěstírny jsou obecně snáze odhalitelné než ty menší.

Jedním z hlavních problémů spojených s pěstírnami je značná spotřeba elektrické energie, která je zapříčiněna používáním vysoce výkonných pěstebních lamp (obvykle 250 až 1 000 wattů nebo více), které jsou zapnuté 24 hodin denně. Energetické společnosti mohou upozornit orgány činné v trestním řízení na výrazné zvýšení spotřeby elektřiny v domácnostech, které může vést k odhalení pěstíren. V reakci na to mnozí pěstitelé používají postupy pro úsporu energie, jako je zhasínání světel při odchodu z místnosti, nákup energeticky úsporných spotřebičů a omezení používání jiných elektrických spotřebičů (Berrea, 2014).

Některé rostliny, například *C. sativa subsp. indica* a další odrůdy, mohou během růstu vydávat silný zápach, který může upozornit na nelegální pěstování, jak už bylo uvedeno a pěstitelé proto často používají uhlíkové filtry a ventilační systémy. To může představovat použití zařízení s aktivním uhlím k filtrování vzduchu procházejícího pěstírnou před jeho vypouštěním ven. Jiní pěstitelé dávají přednost

použití generátorů ozonu, které reagují s molekulami pachů a odstraňují je ze vzduchu. Hromadění ozonu však může být nebezpečné jak pro zahradníka, tak pro rostliny, takže jeho používání vyžaduje opatrnost (Russo, 2017).

V krajním případě lze proti zápachu použít metody, jako je těsné uzavření oken a použití silných osvěžovačů vzduchu. Nezbytným preventivním opatřením může být také kontrola vnějšího okolí budovy, protože pěstitelé si často na zápach zvyknou a nemusejí si uvědomovat jeho intenzitu. Mnoho lidí volí skladování rostlin v odlehlejších prostorách, jako je sklep nebo půda, aby snížili riziko odhalení zápachu. Další možností je pěstovat odrůdy se slabším zápachem (Berrea, 2014).

Mnoho pěstitelů se potýká s rizikem požáru, který je obvykle způsoben vadným elektrickým zařízením nebo elektroinstalací, mezi častými příčinami požáru je nesprávná instalace zásuvek, nedostatečné uzemnění a přetížené elektrické systémy. Ve velkých provozech se může nespolehlivá elektroinstalace roztavit a způsobit zkrat. Někteří nelegální pěstitelé kradou elektřinu, aby skryli své provozy, a ignorují důležitost bezpečnosti elektroinstalace a mnoho z nich nastavuje osvětlení tak, aby svítilo pouze v době jejich přítomnosti, což minimalizuje riziko požáru v době nepřítomnosti (Cervantes, 2006).

3.2.2 Indoor pěstební systémy

Indoor pěstební systémy představují metody pěstování rostlin v plně kontrolovaném prostředí, kde se reguluje světlo, teplota, vlhkost vzduchu, zásobování živinami a další faktory. Tyto systémy jsou navrženy tak, aby poskytovaly optimální podmínky pro růst rostlin nezávisle na vnějších klimatických podmínkách. Díky této kontrole je možné dosáhnout vyšší úrodnosti a kvality plodů během celého roku. Například hydroponie je technika pěstování rostlin ve vodním roztoku bohatém na živiny, bez použití půdy.

3.2.2.1 Hydroponie

Hydroponický systém je metoda pěstování bez použití půdy. Takto lze rostliny pěstovat v nádobách nebo koších naplněných zásobníkem s živným roztokem pro kořeny.

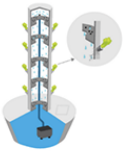
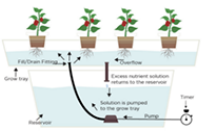
Tento způsob pěstování však není moderním vynálezem, již 600 let př. n. l. byly babylonské visuté zahrady známé svými bohatými a krásnými porosty. Péče o tyto zahrady spočívala ve svedení říční vody do kanálů, ve kterých se rostliny pěstovaly. Aztékové pěstovali plodiny na vorech na jezeře Tenochtitlan a nořili kořeny rostlin do vody jezera, kde nasávaly vlhkost (Texier, 2015).

První soudobá zmínka o hydroponii pochází od Williama Fredericka Gricakea, který na Kalifornské univerzitě v Berkeley začal prosazovat myšlenku pěstování rostlin v roztoku živin a vody namísto půdy. Svůj nápad demonstroval pěstováním rostlin rajčat vysokých 25 stop (7,6 m) (Singer J, 2021)

Hydroponické živiny pro konopí musejí být správně vyvážené a mít správnou sílu pro konkrétní fázi růstu rostlin. K nasycení živného roztoku vzduchem lze použít vzduchové kameny nebo vzduchové

hadice, které zabraňují hnilobě kořenů. Některé metody, jako je technika živinového filmu (NFT), umožňují rostlinám získat přístup ke kyslíku vystavením kořenů vzduchu přes látkovou podložku, na které rostou (Adams, 2012).

Existuje mnoho variant (obr. 2) hydroponických metod pěstování konopí a výběr závisí na preferencích pěstitele, na jeho možnostech a prostředí.

Method	Kratky	Deep Water Culture (DWC)	Vertical Grow Tower (NFT)	Ebb & Flow	Nutrient Film Technique (NFT)
					
Yield	★★	★★★	★★★★★	★★★	★★★★
Simplicity	★★★★★	★★★★	★★	★★★	★★
Cost	★★★★★	★★★★	★	★★★	★★
Pros	• Good Intro to Hydroponics • No moving parts • Passive system (without grow lights)	• Low maintenance • Low complexity • Easy DIY • Relatively low cost to buy	• Great for saving space	• Less complicated to DIY than NFT systems	• Greater yield in one unit than other systems
Cons	• Plants may grow slower with this system	• If air pump breaks plants will be affected within a few hours	• Can be a daunting DIY project • Relatively expensive to buy • Part maintenance can require knowledge and money	• Finicky system so breakdowns are common • Plants affected by nutrient toxicity within hours of breakdowns	• Roots quickly dry out with a break down

Obrázek 2 Rozdělení technologických metod hydroponického pěstování

https://www.farmtocafeteriacanada.ca/2024/02/living-hydroponics-models-comparison-resource/

Výhody a nevýhody hydroponického pěstování konopí

Hydroponie si získává přízeň mnoha pěstitelů konopí, kteří se zdráhají přejít na jiné metody. V této oblasti je mnoho profesionálů a hlavní výhodou hydroponie je rychlost růstu.

Rychlosti růstu hydroponie se vyrovná jen málo metod, rostliny pěstované v hydroponickém systému rostou o 30-50 % rychleji než v půdě. Další výhodou je čistota prostoru, protože zde není půda ani škůdci, které je třeba kontrolovat a hubit. Hydroponie také umožňuje snadnou likvidaci, protože po sklizni není třeba zbavovat se velkého množství zeminy nebo kokosových vláken (Lee & Lee, 2015).

Jednou z hlavních výhod hydroponického pěstování konopí je úplná kontrola nad různými aspekty růstu rostlin. Mnozí lidé se domnívají, že hydroponie představuje budoucnost zemědělství.

Při hydroponickém pěstování jsou živiny rozpuštěny ve vodě, takže jsou pro rostliny snadno dostupné. Kořeny konopí jsou ponořeny do vodního roztoku bohatého na kyslík a živiny, což jsou ideální podmínky pro rychlý růst (Adams, 2012).

Je důležité vyhnout se přemokření nebo naopak nedostatečnému napájení a správnému poměru živin k požadavkům rostlin v každé fázi růstu. To je jeden z důvodů, proč se mnoho začátečníků této metodě pěstování vyhýbá a knihy o hydroponickém pěstování konopí mohou výrazně pomoci při zvládnutí tohoto procesu. Jednou z nevýhod hydroponického pěstování je však její technická složitost, která může mnohé pěstitele odradit, dokud si neosvojí základy (Vanhove, 2017).

Důležitá je kontrola složení hydroponického živného roztoku. Pěstitel potřebuje znát, používat a rozumět hodnotám pH a EC, pravidelně je kalibrovat a mít k dispozici zálohu pro případ selhání některé z částí (Chotai et Young, 2014).

Některým pěstitelům nemusí vyhovovat množství zařízení potřebných pro hydroponické pěstování. Ve srovnání s prostým pěstováním v půdě může hydroponie vyžadovat vzduchové čerpadlo a hydroponický systém, který představuje vodní čerpadlo, ohřívač vody (nebo chladič), další časovače atd. Při správném použití však může hydroponie výrazně zvýšit výnosy a kvalitu výpěstků (Texier, 2015).

Jak vytvořit svůj vlastní hydroponický systém

Vybudování systému pro pěstování hydroponického konopí může být skutečně nákladné, ale investice se obvykle vrátí po první úspěšné sklizni. Následují některé z hlavních komponentů pro vytvoření takového systému (Raviv, 2007):

1. Zavlažovací systém: Například kapací systém Wilma, který poskytuje rostlinám rovnoměrné a účinné zavlažování. Voda s obsahem živin je dodávána prostřednictvím kapačů, což umožňuje přesnou kontrolu nad množstvím vláhy a hnojiva, které rostliny dostávají.

2. Zakořeňovací médium: Pro hydroponický systém lze použít různá média, jako je minerální vlna, kokosová vlákna nebo jílové oblázky. Poskytují optimální oporu kořenům a umožňují přístup živin a kyslíku.

3. Živný roztok: Při hydroponickém pěstování přijímají rostliny výživu z vodného roztoku živin, který musí být vyvážený a obsahovat všechny prvky pro zajištění zdravého růstu rostlin.

4. Kontrola parametrů: Pro zajištění optimálních podmínek pro růst rostlin je důležité mít k dispozici prostředky pro kontrolu parametrů, jako je pH a EC (elektrická vodivost). Důležitá je také kalibrace a pravidelná údržba těchto zařízení (Vanhove, 2017).

5. Osvětlení: Vzhledem k tomu, že hydroponie se obvykle používá uvnitř, je důležité správné osvětlení. To znamená LED nebo halogenové žárovky, které poskytují rostlinám optimální spektrum světla k fotosyntéze.

6. Vodní čerpadlo: Čerpadlo je odpovědné za cirkulaci živného roztoku v systému a zajišťuje rovnoměrnou distribuci vody a živin ke všem rostlinám.

7. Větrání: Pro úspěšný růst rostlin je důležité také zajištění cirkulace vzduchu a udržení optimální teploty a vlhkosti v místnosti.

Profesionální pěstitelé konopí samozřejmě přidají další specializované vybavení, jako jsou UVB-UVA světla (pro zvýšení obsahu kanabinoidů) a možná doplňky CO_2, aby dosáhli opravdu vysokých výnosů (Vanhove, 2017).

Výběr vhodného pěstebního substrátu

Pěstební médium poskytuje pevný základ, který udržuje rostlinu konopí ve vzpřímené poloze. Existuje několik běžných materiálů, které lze použít. Zde jsou čtyři nejčastěji používané:

Rockwool

Rockwool, také známý jako skelná vlna nebo minerální vlna, má široké využití v hydroponii, včetně pěstování konopí. Jeho hlavním úkolem je poskytovat tepelnou izolaci a pohlcovat zvuky, což z něj činí vhodný materiál pro hydroponické systémy. Rockwool má také schopnost zadržovat vlhkost a poskytovat dobrou úroveň pronikání kyslíku, takže je ideální pro kořeny rostlin, včetně rostlin konopí (Adams, 2012).

Obvykle se dodává ve formě kostek nebo bloků různých velikostí, které lze snadno integrovat do různých hydroponických systémů. Kostky z kamenné vlny lze například použít v systémech NFT (kontinuální tok živného roztoku) i v systémech DWC (hydroponie s plovoucími kořeny) ve speciálních držácích z plastového pletiva (Krejčík J, 2022)

Perlit

Vermikulit a perlit jsou v hydroponii, včetně pěstování konopí, opravdu oblíbené materiály. Oba tyto materiály mají porézní strukturu, která jim umožňuje dobře zadržovat vlhkost a kyslík a také poskytovat prostor pro kořeny rostlin.

Perlit se vyrábí zahřátím expandovaného vulkanického skla na vysoké teploty, které způsobují tvorbu bublin v materiálu. Díky tomu je lehký a porézní, ideální pro použití v hydroponii. Perlit se často přidává do zalévacích směsí pro zlepšení prodyšnosti a odvodnění.

Vermikulit se také vyrábí ze zahřátého materiálu, ale v tomto případě se používá slída. Po zpracování se vermikulit stává porézním a je schopen zadržovat vodu a kyslík. Používá se také v hydroponii, aby zlepšil propustnost vzduchu a vlastnosti média pro zadržování vlhkosti (Texier, 2015).

Oba tyto materiály jsou důležitou součástí mnoha hydroponických systémů a poskytují vynikající prostředky pro podporu zdravého růstu kořenů rostlin, včetně konopí.

Kokosové vlákno

Kokosové vlákno neboli Coco Coir je oblíbené médium v hydroponii a obecně při pěstování rostlin, včetně konopí. Vyrábí se z vláknité slupky kokosu a má několik výhod (Texier, 2015):

1. Dobré vlastnosti pro zadržování vody: Kokosová vlákna jsou schopna zadržovat vlhkost, což umožňuje rostlinám přístup k vodě i v době sucha. Nenasytí se vodou, čímž zabraňuje hnilobě kořenů.

2. Vynikající provzdušnění kořenů: Struktura kokosových vláken zajišťuje dobré provzdušnění kořenů, což je důležité pro zdraví a růst rostlin.

3. Ochrana před infekcemi: Kokosová vlákna mají antibakteriální a protiplísňové vlastnosti, které pomáhají předcházet infekcím kořenů a poskytují zdravé prostředí pro růst rostlin.

Použití kokosových vláken je stále oblíbenější díky jejich účinnosti a šetrnosti k životnímu prostředí. Je vynikající alternativou k tradiční půdě a lze s nimi dosáhnout vysokých růstových výsledků u různých druhů rostlin, včetně konopí (RQS Editorial Team, 2020)

Hliněné oblázky (keramzit)

Keramzit se hojně používá při hydroponickém pěstování jako substrát pro pěstování rostlin, včetně konopí. Hlavními výhodami je (Raviv, 2007):

1. Dobré zadržování vlhkosti a provzdušňování: Keramzit má schopnost zadržovat vlhkost, což umožňuje kořenům rostlin přijímat neustále potřebné množství vody. Zároveň porézní struktura zajišťuje dobré provzdušnění kořenů, které je důležité pro zdraví rostlin.

2. Vhodné pro hydroponické systémy: Keramzit je ideální pro použití v hydroponických systémech, jako je hlubinná kultura (DWC), přílivový systém a kapkové zavlažování. Poskytuje stabilní základ pro kořeny rostlin a podporuje rovnoměrnou distribuci živného roztoku.

3. Regulace pH: Keramzit lze opláchnout a namočit do vody s určitou hodnotou pH, což pomáhá stabilizovat pH v hydroponickém systému. To je důležité zejména pro udržení optimálního pH v kořenové zóně rostlin.

4. Snadné použití a dostupnost: Keramzit je snadno dostupný a snadno se používá. Lze jej použít jako základní pěstební médium nebo v kombinaci s jinými substráty jako je perlit, vermikulit nebo kokosové vlákno.

Obecně je oblíbenou volbou pro hydroponické pěstování konopí díky svým dobrým vlastnostem zadržování vody, provzdušňování kořenů a snadnému použití v různých hydroponických systémech (Raviv, 2007).

Vnitřní vs. venkovní hydroponický pěstební systém

Hydroponické systémy se používají především v interiérech, kde mohou pěstitelé přísně kontrolovat všechny parametry prostředí. Někteří však pěstují konopí v hydroponických systémech ve sklenících nebo venku.

Stále oblíbenější je venkovní hydroponie, která umožňuje využívat sluneční světlo namísto umělého osvětlení, což snižuje náklady na pěstování. Kontrola teploty živného roztoku, zejména udržení požadované teploty 20 °C/68 °F, však často představuje problém.

Dalším problémem může být to, že venkovní hydroponie přitahuje pozornost zemědělců, zejména těch, kteří pěstují potravinářské plodiny (Adams, 2012).

Nejlepší nastavení pro hydroponické konopí

Když pěstitelé začali zavádět hydroponii a půdní konopí, bylo jasné, že hydroponie nabízí některé významné výhody v rychlosti růstu. V průběhu let se vyvinulo mnoho různých typů hydroponických systémů, přičemž všechny sdílejí stejný základní princip koupání konopných kořenů ve vodě bohaté na kyslík a živiny. Zde jsou některé z nejoblíbenějších typů hydroponických systémů.

Aeroponie

Aeroponie je pokročilý a náročný hydroponický systém, tvořící jemnou mlhu živného roztoku kolem kořenové zóny rostliny. Díky této technologii je zajištěna vysoká rychlost růstu, protože kořeny dostávají kyslík i živiny. I zkušení pěstitelé hydroponického konopí považují aeroponii za technicky náročný systém (Vanhove, 2017).

Technika živinového filmu

Technika živinového filmu, také známá jako NFT Hydroponic Cannabis, je jedním z nejběžnějších hydroponických systémů. Tento systém využívá gravitace k tlačení živného roztoku dolů na speciální podložku. Rostliny konopí jsou umístěny nad úrovní výšky člověka často v kostkách kamenné vlny a jejich kořeny pronikají do nosné podložky, kde aktivně absorbují kyslík a základní živiny. Živný roztok cirkuluje pomocí čerpadla.

Způsob fungování systému NFT se příliš neodlišuje od toho, jak rostliny konopí rostou na skalnatých březích řek, kde jsou jejich kořeny jemně ponořeny ve vodě. Zásobník živin v hydroponickém systému má obvykle zařízení pro zavedení kyslíku do vody a může také obsahovat ohřívač pro udržení optimální teploty vody. V horkém klimatu mohou hydroponičtí pěstitelé používat chladiče, aby zabránili přehřátí živného roztoku (Raviv, 2007).

Hydroponický kapkovač/odkapávač

Princip fungování hydroponického kapkovače je v mnoha ohledech podobný systému kapkové závlahy používanému v zemědělství. Při tomto způsobu pěstování konopí se obvykle používají jako substrát hliněné oblázky. Vršek rostliny je vybaven malou trubičkou nebo prstencovým systémem, kterým živný roztok odkapává na povrch (Adams, 2012).

3.2.3 Integrované pěstební systémy

Integrované pěstební systémy jsou pokročilý koncept v zemědělství a pěstitelství, který kombinuje různé metody a technologie pěstování s cílem zvýšit efektivitu, udržitelnost a produkci. Tento přístup často zahrnuje integraci různých druhů pěstebních systémů jako jsou hydroponie, aeroponie a tradiční půdní metody a může být doplněn o technologie jako jsou automatizované systémy řízení, recyklace živin a udržitelné zdroje energie. Integrované systémy mohou kombinovat různé pěstební techniky a zdroje, což umožňuje pěstitelům využívat výhody každé metody a minimalizovat její nevýhody. Tyto systémy jsou navrženy tak, aby snižovaly množství odpadu a zvyšovaly účinnost využití zdrojů jako je voda a živiny. Například voda z hydroponických systémů může být recyklována a použita v aeroponických systémech (Raviv, 2007).

Integrované systémy často zahrnují pokročilé technologie pro monitorování a řízení environmentálních podmínek jako jsou světlo, teplota, vlhkost a koncentrace živin, což umožňuje optimalizovat růstové podmínky a zároveň snižovat potřebu lidské práce. Tyto systémy jsou vysoce adaptabilní na různé prostředí a mohou být implementovány ve velkých sklenících, městských farmách nebo dokonce ve vertikálních farmách. Díky své flexibilitě mohou být použity v různých geografických a klimatických podmínkách (Adams, 2012)

3.2.3.1 Udržitelná produkce léčebného konopí a hub

Udržitelná produkce léčebného konopí a hub se zaměřuje na minimalizaci environmentálního dopadu zemědělských praktik a zajištění dlouhodobé ekologické, sociální a ekonomické udržitelnosti. Tento přístup je obzvláště důležitý v kontextu rostoucího globálního zájmu o léčebné využití těchto produktů.

Udržitelná produkce zahrnuje použití organických zemědělských technik, které omezují použití syntetických pesticidů a hnojiv. Místo toho se využívají přírodní alternativy a metody, jako je kompostování a rotace plodin, které podporují zdraví půdy a snižují její erozi. Optimalizace využití vody prostřednictvím kapkového zavlažování a recyklace vody může výrazně snížit spotřebu vody. Kromě toho, využití obnovitelných zdrojů energie, jako jsou solární panely nebo větrné turbíny, může snížit energetickou náročnost pěstování. Zavedení praxí, které zvyšují ukládání uhlíku v půdě a minimalizují emise skleníkových plynů, například skrze zachování stávající vegetace a lesů, přispívá k udržitelné produkci (Sahu B. 2023)

Mnoho léčebných hub lze pěstovat v systémech podobných lesním ekosystémům, což zvyšuje biodiverzitu a zlepšuje strukturu a zdraví půdy. Tyto systémy mohou být navrženy tak, aby napodobovaly přirozené procesy a minimalizovaly potřebu vnějších zásahů. Udržitelné pěstování hub může zahrnovat recyklaci zemědělských odpadů jako substrátu pro růst hub, čímž se nejenom snižuje produkce odpadu, ale také se efektivně využívají zdroje, což zvyšuje celkovou udržitelnost systému.

Podpora místní produkce hub může snížit potřebu dlouhých dopravních tras a s tím související emise skleníkových plynů. Pěstování hub blízko místa spotřeby také podporuje lokální ekonomiku a zkracuje dodavatelský řetězec.

3.3 Suplementace CO_2 v produkci léčebného konopí

Fotosyntéza je proces přeměny atmosférického uhlíku ve formě molekul CO_2 na zelenou rostlinnou hmotu a vyžaduje sluneční světlo a vodu. Tyto faktory jsou nezbytné, absence kteréhokoliv z nich tento proces znemožní. Podle způsobu fixace oxidu uhličitého spadá naprostá většina rostlin k typům C3 a C4. Většina známých rostlinných druhů spadá do skupiny C3. Do skupiny C4 řadíme některé byliny, včetně důležitých zemědělských plodin jako je například kukuřice, čirok, cukrová třtina a proso (Idso, 2011). Mechanismus C4 fixace uhlíku se vyvinul jako adaptace na podmínky nízkých koncentrací oxidu uhličitého v atmosféře. Téměř u všech druhů rostlin vede zvýšení koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu k aktivaci fotosyntézy a zrychlení růstu (Norby, 1999), a to jak nadzemních, tak podzemních částí. Závislost rychlosti růstu rostlin a akumulace biomasy na koncentraci CO_2 je nelineární a má logaritmickou formu. U rostlin C3 se křivka začíná ustalovat při koncentracích oxidu uhličitého vyšších než 1000 ppm. U rostlin C4 se však nárůst rychlosti fotosyntézy zastaví již při koncentraci oxidu uhličitého 400 ppm (Nakano, 1997). Proto jeho současná koncentrace, aktuálně přibližně 395 molekul na milion (ppm), dosáhla téměř optima pro fotosyntézu u rostlin C4, ale k optimu u rostlin C3 má stále daleko.

Wittwer (1992) a Idso (2011) podrobně popisují výsledky experimentů, které ukazují významný nárůst produktivity divokých a kulturních druhů rostlin ve srovnání s moderními úrovněmi, kdy byly koncentrace CO_2 zvýšeny na přibližně 1000 ppm. U bylin je nárůst přírůstku biomasy zpravidla v rozmezí 25-60 % u rostlin C3 a o něco méně (10-55 %) u rostlin C4. U dřevin byly získány vyšší hodnoty - 50-100 % a u podrostu stromů jsou ještě vyšší. Podle údajů Idso (2011) zdvojnásobení současné koncentrace oxidu uhličitého (v průměru) urychlí růst biomasy v rostlinách C3 o 41 % a v rostlinách C4 o 22 %. Přidání 300 ppm CO_2 do okolního vzduchu povede ke zvýšení produktivity u rostlin C3 o 49 % a u C4 o 20 %, u ovocných stromů a melounů o 24 %, u luštěnin o 44 %, u okopanin o 48 %, u zeleniny o 37 %. Když navýšíme hladinu CO_2 z 350 ppm na 1100 ppm, fotosyntéza v kukuřici stoupne o 15 %. Arašídy vykázaly nárůst suché hmotnosti o 19 % a 31 %, když se koncentrace CO_2 zvýšila ze 400 ppm na 800 ppm a 1200 ppm, v daném pořadí. Schippers (2004) ukazuje, že nejen suchozemské rostliny, ale také fytoplankton, jak v mořích, tak ve sladkovodních útvarech, aktivně reagují na zvýšení koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře. Když se tedy současná koncentrace oxidu uhličitého zdvojnásobí, stoupne produktivita této složky vodních ekosystémů přibližně o 50 %. Je však třeba poznamenat, že v případě nedostatku v prostředí tak důležitého prvku jakým je dusík, bude vliv zvýšení koncentrace oxidu uhličitého na produktivitu rostlin výrazně (2x i vícekrát) nižší (Idso, 2011).

V mnoha pracích se uvádí, že nárůst koncentrace oxidu uhličitého za posledních 100-150 nebo dokonce 30 let již znatelně ovlivňuje stav vegetace. Wittwer (1992) uvádí, že od roku 1971 do roku 1990 na pozadí zvýšení koncentrace CO_2 o 9 % došlo ke zvýšení obsahu biomasy v evropských lesích o 25–30 %. V posledních desetiletích oblast jižní Sahary a okolní oblasti jsou na satelitních snímcích znatelně zelenější (Seaquist, 2009). V rozsáhlé studii provedené v Marylandu bylo zjištěno, že růst stromů se za posledních 200 let zvýšil o faktor 2 až 4.

Kromě vlivu rostoucích koncentrací CO_2 v atmosféře na produktivitu rostlin lze pozorovat i další vlivy. Nejvýznamnějšími jsou: morfologické změny, snížení intenzity transpirace, snížení citlivosti na nedostatek světla, zvýšení schopnosti adaptace na chemické polutanty a zvýšení teploty optimální pro fotosyntézu. Experimenty zaznamenaly zejména zvýšení (v průměru) velikosti listových čepelí u stromů a keřů a také průměrné velikosti plodů a kořenů (Wittwer, 1992). Když dojde k nárůstu koncentrace oxidu uhličitého z 340 na 600 ppm, dojde k 30% zvýšení vodního potenciálu listů (Idso, 2011). Růst rostlin za nedostatečných světelných podmínek a při vysokých koncentracích oxidu uhličitého probíhá aktivněji než při současných koncentracích. To může takovým rostlinám umožnit obsadit nové ekologické niky a v důsledku toho se může změnit struktura mnoha lesních ekosystémů. Snížení rychlosti transpirace je pro rostliny důležité, protože to podporuje delší zadržování vody v půdě, což jim umožňuje snášet delší období sucha. Za posledních 20 let bylo zaznamenáno v boreálních lesích a v lesích mírného pásma na severní polokouli výrazné zvýšení efektivity využívání vody rostlinami. Ale jak je uvedeno v článku “Carbon dioxide’s effects on plants increase global warming” (2010), snížení rychlosti transpirace může mít také negativní účinek, protože způsobí zvýšení teploty povrchu listů.

Vliv koncentrace CO_2 na ostatní složky ekosystémů

Změny rostlin a jejich společenstev v důsledku rostoucí koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře mohou ovlivnit další složky ekosystémů, neživé i živé. Zvýšený růst rostlin tedy povede ke zvýšení biomasy (suché hmotnosti) rostlinného materiálu, což zase zpomalí hromadění oxidu uhličitého v atmosféře. Je také logické předpokládat, že s narůstající tloušťkou a hustotou vegetačního pokryvu se bude snižovat intenzita povrchového odtoku dešťové vody do řek a oceánů což přispěje ke zvýšení srážek a tím i ke zvýšení vlhkosti. Je také velmi pravděpodobné, že se zmírní problémy vodní a větrné eroze, desertifikace, záplav a změlčení řek.

Další důsledky nemusejí být tak pozitivní. Byl zaznamenán pokles obsahu dusíku a bílkovin v rostlinných tkáních rostoucích při zvýšených koncentracích CO_2 a zvýšení poměru C/N bylo pozorováno téměř pokaždé a především v listech, což negativně ovlivňuje vývoj a reprodukci býložravců. Další možnou nevýhodou může být zhoršení problémů s plevelem na polích a vyšší riziko množení hmyzích škůdců. Je nutné vzít v úvahu i případné změny ve struktuře ekosystémů spojené s různými reakcemi různých rostlinných druhů na zvýšení koncentrace CO_2 a také změny (snížení) odrazivosti (albeda) vegetačního krytu (Idso, 2011).

Doplnění atmosféry v oblastech pěstování konopí oxidem uhličitým (CO_2) může výrazně zlepši růst rostlin a výnosy a zvýšit je až o 20 %. Je to proto, že konopí, stejně jako jiné fotosyntetické rostliny, spotřebovává během fotosyntézy spíše CO_2 než kyslík. Zvýšení koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu tedy vede k urychlení tohoto procesu a zvýšení celkové produktivity.

Při použití méně výkonných světelných zdrojů, jako jsou energeticky úsporné zářivky (ESL) nebo zářivky, není obvykle nutná zvláštní péče o další koncentraci CO_2. Za takových podmínek je standardní obsah oxidu uhličitého ve vzduchu dostatečný pro normální vývoj rostlin.

Situace se však mění s rostoucí intenzitou osvětlení. Za takových podmínek osvětlení, kdy rostliny dostávají více světla než mohou využít, může doplňkový CO_2 výrazně zvýšit jejich schopnost fotosyntézy. Při obohacování vzduchu oxidem uhličitým rostliny dostávají možnost využívat více světelné energie, což vede ke zvýšené fotosyntéze, která zase přispívá k intenzivnějšímu růstu a tvorbě větších a kvalitnějších pupenů (Adams, 2012).

Navíc použití dalšího CO_2 v takovýchto podmínkách může zlepšit odolnost rostlin vůči vysokým teplotám a lehkému popálení. Je tomu tak proto, že zvýšená hladina CO_2 umožňuje rostlinám efektivněji využívat světlo a teplo, čímž se minimalizuje potenciální stres a poškození způsobené přehřátím nebo nadbytkem UV záření. Proto použití oxidu uhličitého jako doplňku k tradičním pěstebním metodám může výrazně zlepšit celkovou efektivitu a výsledky pěstování konopí za kontrolovaných podmínek. Dodatečné využití CO_2 je nejlepší zkombinovat s HPS nebo LED osvětlením (Russo, 2017).

Klady a zápory používání CO_2 při pěstování

Použití oxidu uhličitého (CO_2) v procesu pěstování rostlin, zejména ve vnitřních nebo kontrolovaných prostředích, je technika zaměřená na urychlení růstu a zvýšení výnosu. Jako každá zemědělská praxe má však používání CO_2 své výhody a nevýhody, které je třeba před zavedením do procesu pěstování pečlivě zvážit (Jones, 2016).

Výhody používání CO_2 při pěstování (Berrea, 2016)**:**

- Urychlení růstu a zvětšení velikosti pupenů: Obohacení atmosféry oxidem uhličitým na koncentrace v rozmezí 1200-1500 ppm může urychlit růst rostlin o 20 % a výrazně zvýšit velikost pupenů a výnos, zvláště pokud všechny ostatní růstové faktory (světlo, voda, výživa) jsou optimalizovány.

- Zvýšená tolerance vůči vysokým teplotám: Udržování zvýšených hladin CO_2 umožňuje rostlinám lépe snášet vysoké teploty, což je zvláště důležité při použití výkonného umělého osvětlení, které může zvýšit teplotu uvnitř pěstebního boxu.

- Kontrola zápachu: V uzavřeném pěstebním boxu může použití oxidu uhličitého pomoci maskovat pachy rostlin, což zlepšuje bezpečnost pěstovaných produktů i pěstitele.

Nevýhody používání CO_2 při pěstování (Berrea, 2016)**:**

- Závislost na výkonu osvětlení: Účinnost přidávání CO_2 přímo závisí na intenzitě osvětlení. Rostliny budou moci využívat přidaný oxid uhličitý pouze v případě, že bude dostatek světla, například z vysoce účinných žárovek HPS/MGL nebo LED.

- Potřeba utěsnit prostor: Pro udržení vysokých úrovní CO_2 (1200-1500 ppm) může být nutné utěsnit pěstební box, aby se zabránilo úniku oxidu uhličitého, což může zvýšit počáteční náklady na instalaci a údržbu systému.

- Náklady: Počáteční investice do systémů obohacování CO_2 a jejich provozu mohou být značné. Zatímco se z dlouhodobého hlediska vyplatí zvýšením výnosů, počáteční náklady mohou být pro mnoho pěstitelů překážkou.

Potřebné množství CO_2

V kontextu historického vývoje rostlin se rostliny před miliony let, kdy byly koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře mnohem vyšší, adaptovaly na vyšší koncentrace CO_2. Tyto úpravy jim umožnily efektivně využívat CO_2 prostřednictvím fotosyntézy, což jim umožnilo prospívat v podmínkách až 1 500 ppm. Současné koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře, kolem 400 ppm, jsou výrazně nižší než ty, na které se rostliny původně adaptovaly. Stále jsou však schopny využívat CO_2 v mnohem vyšších koncentracích k posílení fotosyntézy a zvýšení produktivity.

Pro dosažení maximální efektivity procesu fotosyntézy je optimální je udržování hladiny CO_2 mezi 1200-1500 ppm za jasných světelných podmínek, jak ukázal výzkum. To poskytuje rostlinám dostatek oxidu uhličitého k maximalizaci fotosyntézy, což má za následek rychlejší růst a zvýšený výnos.

Praktické využití CO_2 při pěstování:

1. Efektivní využití

CO_2 vyžaduje předchozí optimalizaci dalších růstových faktorů jako je světlo, vlhkost, teplota a výživa rostlin. Pouze za takovýchto podmínek bude mít přidávání CO_2 významné výhody.

2. Metody suplementace CO_2

Existuje několik metod pro obohacení vzduchu v pěstírně oxidem uhličitým, přičemž nejběžnější je použití generátorů CO_2 a CO_2 v lahvích. Generátory produkují CO_2 spalováním zemního plynu nebo propanu, zatímco CO_2 v lahvích je dodáván v lahvích a přiváděn do životního prostředí prostřednictvím regulovaných systémů s časovači.

3. Dávkování

Generovaná dávka CO_2 musí být dobře kontrolována, aby nedošlo k přesycení, které může být neúčinné nebo dokonce škodlivé. Systémy časovačů pomáhají zajistit přesné a cílené přidávání oxidu uhličitého.

Dvěma nejúčinnějšími metodami obohacování oxidem uhličitým je použití generátoru CO_2 a plynové láhve/baleného CO_2. Oba tyto způsoby se ideálně kombinují s časovači (Berrea, 2016).

Zabudování CO_2 do pěstebního boxu:

1. Výběr správného osvětlení

Pro maximalizaci potenciálu přidaného oxidu uhličitého v koncentraci 1200-1500 ppm je nutné zajistit dostatečné osvětlení pěstebního boxu nebo pěstírny. Hlavním parametrem je zde celkový světelný tok měřený v lumenech, který by se měl pohybovat mezi 24 000 a 32 000 lumeny na metr čtvereční. Toto množství světla je nezbytné pro to, aby rostliny plně využily vysoké koncentrace CO_2 pro fotosyntézu (Adams, 2012).

Pro dosažení požadované úrovně osvětlení se pěstitelům doporučuje používat moderní světelné zdroje, jako jsou HPS (sodíkové obloukové výbojky) nebo LED (světelné diodové výbojky). Tyto typy světel poskytují vysoký světelný tok s relativně nízkou spotřebou energie a dlouhou životností, což z nich dělá ideální volbu pro intenzivní pěstování.

Postup pro zjištění vhodného osvětlení (Berrea, 2016)**:**

- Určení příkonu lampy: Je důležité zjistit, kolik lumenů produkuje každá lampa, která bude použita.

- Určení velikosti plochy pěstírny: Zjištění počtu čtverečních metrů prostoru vynásobením délky šířkou pěstebního prostoru.

- Výpočet požadovaného výkonu osvětlení:

- Pro prostor 1 x 1 m se doporučuje jedna 600 W HPS nebo LED lampa.
- Pro prostor 1,5 x 1,5 m dvě svítidla po 400 W HPS nebo LED.
- Pro prostor 2 x 2 m je vhodná 1000 W HPS nebo LED lampa.

Důležité rady

- V případě používání lamp s nižším příkonem, než je doporučeno, je dobré odpovídajícím způsobem snížit koncentraci CO_2 v prostoru, protože rostliny nebudou schopny plně využít více oxidu uhličitého bez dostatečného světla.
- Kromě světla a CO_2 je vhodné zajistit optimalizaci všech ostatních podmínek pěstování (teplota, vlhkost, výživa, větrání), aby byl zajištěn zdravý růst a vývoj rostlin.

2. Izolace pěstebních prostor

Izolace pěstebního prostoru je velmi důležitá pro ty pěstitele, kteří plánují používat vysoké koncentrace oxidu uhličitého (CO_2) ve svých sklenících nebo pěstírnách. Standardní vzduch obsahuje přibližně 400 ppm CO_2, což je výrazně méně než optimální úroveň pro podporu růstu rostlin. Když se CO_2 přidává ve velkých objemech bez dostatečného omezení, může značná část plynu unikat z prostoru, což výrazně snižuje jeho účinnost (Berrea, 2016).

Izolace pěstírny představuje utěsnění všech potenciálních cest umožňujících únik vzduchu, aby se zajistilo, že přidaný CO_2 zůstane uvnitř a bude využíván rostlinami. To vyžaduje pečlivé zajištění celistvosti všech spojů a švů ve struktuře pěstebního boxu.

Doporučení pro řízení podmínek v izolovaném pěstebním prostoru:

Teplota:

- Při přidávání velkých objemů CO_2 se doporučuje udržovat teplotu mezi 30 °C a 35 °C. Vysoké teploty podporují aktivnější fotosyntézu, je ale důležité pečlivě sledovat stav rostlin, zejména jejich vrcholů a listů, aby nedošlo k popálení.
- Různé odrůdy rostlin mohou na zvýšené teploty reagovat odlišně, proto je nutné sledovat každý druh individuálně.

Vlhkost:

- Vlhkost by měla být udržována na úrovni 60-70 %, aby se zabránilo rozvoji plísní a dalších problémů. V podmínkách vysoké vlhkosti se doporučuje použití odvlhčovačů

Větrání:

- Musí být zajištěno dostatečné větrání, aby se zabránilo stagnaci vzduchu a zajistilo se rovnoměrné rozložení CO_2. Je důležité, aby ventilační systémy nepřispívaly k úniku CO_2.
- Důležité je také správné chlazení světelných zdrojů pomocí chladného vzduchu, aby teplý vzduch z lamp nezvyšoval teplotu uvnitř boxu a nesnižoval koncentraci CO_2.

Svítidla s aktivním chlazením

Tento typ svítidel integruje aktivní chladicí systém, který zachycuje horký vzduch vyzařovaný žárovkami a směruje jej ven vzduchovými kanály. Sklo na svítidlech plní funkci ochranné bariéry, bránící přímému kontaktu teplého vzduchu s rostlinami a dalšími prvky v pěstírně. Tato svítidla jsou vybavena potrubními přípojkami na obou stranách, díky čemuž jsou ideální pro použití v systémech obohacených CO_2 (Berrea, 2016).

Větrání a řízení CO_2

Po utěsnění pěstebního boxu a instalaci ventilačního systému s aktivním přifukováním a profukováním světla není třeba obávat se ztráty CO_2. Tato konfigurace maximalizuje příjem oxidu uhličitého rostlinami, protože se neztrácí příliš rychle a účinně je využita při fotosyntéze.

Regulace teploty

Stěžejním je dodržovat teplotní režim v závislosti na množství CO_2. Pokud je koncentrace CO_2 v prostoru nízká, není dobré udržovat vysokou teplotu (30-35 °C) doporučenou pro prostředí s vysokým obsahem CO_2. Zvýšené hladiny CO_2 pomáhají rostlinám vyrovnat se s vysokými teplotami, ale když jsou koncentrace oxidu uhličitého nízké, mohou rostliny zažít tepelný stres. Pro vyloučení možnosti popálení rostlin je důležité sledovat jejich stav.

Klíčem k úspěšnému pěstování rostlin za kontrolovaných podmínek je tedy adekvátní využití aktivního chlazení světel spolu se správnou ventilací a kontrolou teploty a CO_2.

Optimální distribuce CO_2

Při zavádění systémů hospodaření s oxidem uhličitým pro pěstování rostlin je důležité vzít v úvahu fyzikální vlastnosti CO_2, zejména jeho hmotnost ve srovnání se vzduchem. Oxid uhličitý, který je těžší než vzduch, má tendenci hromadit se nízko nad podlahou, což může omezit jeho dostupnost pro listy rostlin umístěné nahoře (Jones, 2016).

Pro zajištění maximální účinnosti aplikace CO_2 v pěstírně se doporučuje umístit zdroje přímo nad rostliny. To umožní plynu klesnout dolů přímo k fotosyntetizujícím listům, což má pozitivní vliv na jeho absorpci. Rovnoměrné distribuce lze dosáhnout pomocí speciálních distribučních systémů, nebo dokonce pomocí jednoduchého ventilátoru namontovaného na podlaze a nasměrovaného nahoru, aby stimuloval cirkulaci vzduchu v prostoru a obohacoval tak celý prostor shora dolů.

Regulace dodávky CO_2 v závislosti na cyklu světla a tmy

Rostliny využívají oxid uhličitý k fotosyntéze pouze ve dne. V noci, když v přírodě není světlo a fotosyntéza se zastaví, je dodávání CO2 nejen zbytečné, ale může také plýtvat zdroji. Proto se optimalizace harmonogramu dodávek s ohledem na fotoperiodu rostlin stává klíčovým aspektem řízení efektivity zdrojů v uzavřených pěstebních systémech (Adams, 2012).

Důležité je zapnout přívod CO_2 asi půl hodiny po rozsvícení světel, aby se zajistilo, že rostliny začnou přijímat CO2 s nástupem denního světla. Stejně tak by měla být dodávka zastavena půl hodiny před zhasnutím světel, aby se zabránilo hromadění přebytečného plynu ve vzduchu, což je nejen ekonomické, ale také bezpečné pro udržení optimálního vnitřního klimatu (Jones, 2016).

Správné umístění zdrojů CO_2 a také pečlivé řízení dodávek CO_2 podle přirozených cyklů světla a tmy tedy nejen zajišťuje maximální účinnost CO_2, ale přispívá také k významným úsporám zdrojů, zvyšuje celkovou produktivitu a udržitelnost procesu pěstování.

Vliv CO_2 na vegetaci a kvetení

CO_2 hraje důležitou roli ve fotosyntéze a může výrazně urychlit růst a vývoj rostlin v různých fázích jejich životního cyklu. Jeho účinky jsou zvláště patrné ve fázi růstu a kvetení, kdy správné řízení koncentrace CO_2 může výrazně zlepšit celkový výnos a kvalitu rostlin (Adams, 2012).

Vliv CO_2 na vegetační fáze

Ve fázi růstu, kdy rostliny aktivně vytvářejí zelenou hmotu, může přívod dalšího oxidu uhličitého tento proces výrazně urychlit. Přívod CO_2 přímo nad rostliny během denního světla podporuje rychlejší a silnější růst, což umožňuje růst větších rostlin v kratším časovém období. Doporučuje se začít s

mírnými dávkami CO_2 a postupně je zvyšovat, přičemž je třeba sledovat reakci rostlin a jejich potřebu oxidu uhličitého.

Vliv CO_2 na fáze kvetení

Ve fázi kvetení je přísun CO_2 důležitý zejména v prvních 2-3 týdnech, kdy probíhá aktivní tvorba poupat. Většina zkušených pěstitelů se shoduje, že dodávání oxidu uhličitého v tomto období může výrazně pozitivně ovlivnit růst a velikost poupat. Zvýšená dostupnost CO_2 totiž zvyšuje fotosyntetickou aktivitu rostlin, což přímo ovlivňuje jejich růst a vývoj. Po prvních 2-3 týdnech kvetení se však účinnost trvalého přísunu CO_2 může snížit. Některé studie a praktické zkušenosti pěstitelů ukazují, že další zvyšování koncentrace oxidu uhličitého výrazně nezlepšuje kvalitu ani množství květenství. Z tohoto důvodu se mnoho pěstitelů rozhodne snížit nebo zastavit hladinu CO_2 dva týdny před sklizní, aby optimalizovali zdroje a zaměřili se na jiné aspekty péče o rostliny (Jones, 2016).

3.3.1.1 Využití odpadního CO_2 z produkce hub

Využití odpadního CO_2 z produkce hub představuje zajímavou příležitost pro zlepšení udržitelnosti a efektivity zemědělských a průmyslových procesů. Pěstování hub, jako je hlíva ústřičná (oyster mushroom) nebo houževnatec jedlý (shiitake), přirozeně produkuje značné množství oxidu uhličitého jako vedlejší produkt metabolismu hub. Tento CO_2 může být považován za odpadní, ale jeho potenciální využití může přinést řadu výhod.

Jednou z nejefektivnějších metod využití odpadního CO_2 je jeho aplikace v pěstitelství, zejména v řízených pěstebních prostředích jako jsou skleníky. Rostliny vyžadují CO_2 pro fotosyntézu, a jeho zvýšená koncentrace v prostředí může významně podpořit růst a zvýšit výnosy. Odpadní CO_2 z produkce hub může být efektivně přesměrován do skleníkových operací, což snižuje potřebu pro externí zdroje CO_2 a zároveň redukuje emise skleníkových plynů.

Odpadní CO_2 lze také využít jako substrát pro výrobu mikrobiální biomasy, jako jsou mikrořasy nebo jiné mikroorganismy, které efektivně absorbují CO_2 během svého růstu.

Tyto mikroorganismy mohou být následně využity pro výrobu bioenergie, jako je bioplyn nebo bioetanol, což představuje obnovitelnou alternativu k fosilním palivům.

Mikrořasy pěstované s využitím odpadního CO_2 mohou sloužit jako krmivo v akvakultuře. Poskytují vysoce kvalitní zdroj živin pro ryby a jiné vodní organismy, zároveň přispívají k čistění vody tím, že absorbují další znečišťující látky.

Ačkoli je to méně běžné a technologicky náročnější, odpadní CO_2 lze teoreticky využít pro geologickou sekvestraci, kde je CO_2 ukládán do podzemních formací. Tato metoda může přispět k dlouhodobému snížení atmosférických koncentrací CO_2.

Využití odpadního CO_2 z produkce hub v pěstování konopí představuje inovativní přístup k oběhovému hospodářství a udržitelným zemědělským praktikám. Odpadní CO_2, který je produktem

respirace hub během jejich růstu, může být efektivně využit pro zvýšení produkce a zdraví rostlin konopí ve skleníkovém nebo indoor pěstebním prostředí.

Proces a výhody

Zvýšení efektivity fotosyntézy:

- Konopí, jakožto C3 rostlina, je schopno efektivně využívat zvýšené hladiny CO_2 pro fotosyntézu. V prostředí s vyšší koncentrací CO_2 mohou rostliny konopí rychleji fotosyntetizovat, což vede k rychlejšímu růstu a větší biomase.
- Využití odpadního CO_2 z produkce hub jako zdroje pro konopí umožňuje zvýšit účinnost pěstování bez nutnosti investovat do drahých zdrojů umělého CO_2.

Optimalizace mikroklimatu:

- Integrace systémů pro distribuci CO_2 do skleníkových operací s konopím může pomoci stabilizovat mikroklima a snížit kolísání v úrovních CO_2, které mohou negativně ovlivnit růst rostlin.
- Správná regulace CO_2 také zlepšuje schopnost rostlin přežít ve vyšších teplotách, což je běžné v uzavřených pěstebních systémech s intenzivním osvětlením.

Udržitelnost a snížení emisí:

- Využitím odpadního CO_2 z produkce hub pro pěstování konopí se zavádí do zemědělské praxe recyklační prvek, který pomáhá snižovat celkové emise skleníkových plynů.
- Tento přístup podporuje principy udržitelného rozvoje tím, že minimalizuje odpad a zvyšuje efektivitu využití zdrojů.

Technické a logistické aspekty

- Odpadní CO_2 je třeba efektivně sbírat a přepravovat z míst produkce hub do skleníků s konopím. To může vyžadovat instalaci potrubí nebo jiných transportních systémů.
- Důležité je přesné monitorování a regulace hladin CO_2 v pěstebním prostředí, aby byly udržovány optimální úrovně pro růst konopí. To vyžaduje pokročilé senzorové a řídící systémy.
- Při manipulaci s CO_2 je třeba dbát na bezpečnost, protože vysoké koncentrace CO_2 mohou být pro lidi nebezpečné.

3.4 Pěstování léčebných rostlin a hub v nepříznivých podmínkách

3.4.1 Pěstování v kosmu

Pěstování v kosmu, známé také jako vesmírné zemědělství, je fascinujícím výzkumným směrem, který má potenciál poskytnout cenné zkušenosti pro budoucí dlouhodobé mise do vesmíru, včetně cest na Mars nebo na Měsíc. Pěstování rostlin v kosmu může poskytnout astronautům čerstvé ovoce, zeleninu a byliny, což by mohlo významně zlepšit jejich stravovací možnosti a celkovou fyzickou a psychickou pohodu. Pěstování rostlin může být součástí uzavřeného ekosystému, kde jsou odpadní produkty zpracovávány a využívány jako živiny pro rostliny, což může snížit závislost na zásobování zemědělskými produkty ze Země. Ve vesmíru je třeba řídit mnoho faktorů jako jsou gravitace, osvětlení, teplota a vlhkost, aby bylo zajištěno, že rostliny se vyvíjejí zdravě a speciální pěstební komory a osvětlovací systémy jsou navrženy tak, aby tyto podmínky optimalizovaly. Pěstování rostlin v mikrogravitačním prostředí kosmu poskytuje příležitost k výzkumu vlivu absence gravitace na růst a vývoj rostlin. To může vést k pochopení základních biologických procesů a k vylepšením pěstebních technik na Zemi.

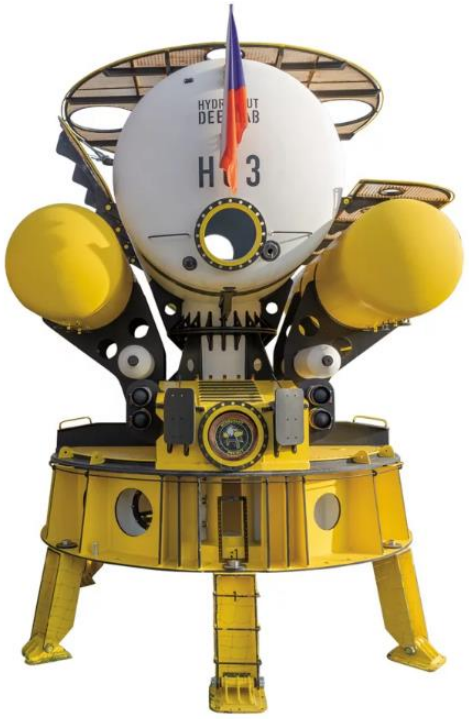
Pěstování léčivých rostlin a medicinálních hub v kosmu by mohlo nabídnout zajímavé možnosti, zejména pokud jde o to umožnit astronautům zdravě a vyváženě se stravovat a zároveň zkoumat vliv mikrogravitace na tyto druhy rostlin.

Konopí a určité druhy hub jsou bohaté na živiny a mohou v kosmu poskytnout cenné doplňky stravy. Konopí může být k užitku jak pro semena, která jsou bohatým zdrojem bílkovin a mastných kyselin, tak pro listy, které obsahují řadu vitamínů a minerálů, houby jsou rovněž významným zdrojem bílkovin, minerálů, vitamínů a dalších živin. V prostředí s omezenými zdroji jako je vesmír, je recyklace a opětovné využití živin velmi důležité. Pěstování konopí a hub by mohlo být součástí uzavřeného ekosystému, kde jsou odpadní produkty zpracovávány a využívány jako živiny pro další růst rostlin. Růst konopí a hub v mikrogravitačním prostředí by poskytoval cenné informace o tom, jak tyto rostliny reagují na změny gravitace. To by mohlo vést k lepšímu porozumění jejich biologickým procesům a zdokonalení technik pěstování na Zemi. Ve vesmíru je nutné pečlivě řídit faktory jako je teplota, vlhkost a osvětlení, aby rostliny dobře prospívaly. Speciální pěstební komory by byly navrženy tak, aby vytvářely optimální prostředí pro konopí a houby.

I když je pěstování konopí a hub v kosmu stále ve výzkumné fázi, může poskytnout důležité poznatky pro budoucí dlouhodobé vesmírné mise a posílit porozumění životním podmínkám ve vesmíru.

Právě pro takové mise je vhodná výzkumná a výcviková stanice Hydronaut HO3 DeepLab (obr. 3), která byla navržena pro pobyty malých skupin lidí pod vodou či na souši. Poskytuje prostředí pro široké spektrum výzkumu, zahrnující studium vlivu izolace a extrémních podmínek na psychologii člověka (Hydronaut Project, 2021).

Díky možnosti nepřetržitého provozu, monitoringu environmentálních podmínek a personálu na palubě stanice je Hydronaut ideálním místem pro pěstování ovoce, zeleniny, léčivých rostlin a medicinálních hub v nepříznivém prostředí.



Obrázek 3. výzkumná laboratoř Hydronaut HO3 DeepLab

https://www.aaqp.eu/cs/projekt-hydronaut/a-385/

3.4.2 Pěstování pod vodní hladinou

Hydronautika se zabývá konstruováním a provozem plavidel určených ke zkoumání oceánského prostředí. Implementace pěstebních systému v podvodních stanicích může být do budoucna důležitým zdrojem řady poznatků.

Konstruktér a zakladatel projektu Hydronaut Matyáš Šanda vyvíjí první verzi zemědělské stanice s názvem HO2 Deepfarm určenou k pěstování rostlin pod vodní hladinou (Abicko, 2021).

Pro pěstování léčebných rostlin a hub v hydronautickém prostředí je nezbytné použít speciální technologie a prostředky. To zahrnuje hydroponické systémy pro rostliny a pěstební systémy pro houby. Důkladné studium potřeb jednotlivých druhů rostlin a hub je klíčové pro úspěšné pěstování v těchto podmínkách.

Pěstování konopí a hub v nepříznivých podmínkách má potenciál pro různé aplikace. Konopí je známé svou schopností růst i za obtížných podmínek, a pěstování v testovacím zařízení pod vodní hladinou může poskytnout další možnosti kontroly prostředí a optimalizace růstu.

Díky hydronautice lze lépe kontrolovat faktory jako je teplota, vlhkost a osvětlení, což může vést k optimálním podmínkám pro růst konopí a hub. Prostor podvodní laboratoře může poskytnout vhodné prostředí pro výzkum a vývoj nových odrůd konopí a pěstebních postupů.

Autor projektu Hydronaut, Matyáš Šanda, roku 2018 oslovil Asociaci Aquaponických Farem (AAQP) s požadavkem na implementaci funkčního systému akvaponie do svého projektu. AAQP poté spolupracovala s firmou Farma Pro Všechny, věnující se na stavbě akvaponických systémů. Projekt DeepLab je podvodní výzkumná laboratoř a výcviková stanice, která využívána k dlouhodobým pobytům pod vodní hladinou a simulacím kosmických misí pro tříčlenné posádky. Tento prototypní projekt je spolufinancován Evropskou kosmickou agenturou ESA. Projekt Hydronaut, který je součástí tohoto programu, se zaměřuje na testování nových technologií a konceptů, včetně akvaponie. Na základě specifických požadavků pana Šandy byla vyvinuta a realizována kompaktní verze akvaponického systému (obr. 4), která denně produkuje jednu porci salátu (200 g) a zahrnuje dva jesetery, kapra a lína. Ačkoli není systém dostačující k úplnému zajištění stravy posádky,

Obrázek 4. Akvaponický systém instalovaný v DeepLab

https://www.aaqp.eu/cs/projekt-hydronaut/a-385/

nachází hlavní využití především v testování technologie a operací v prostředí pod vodní hladinou. V budoucím projektu H02 DeepFarm bude zaměřen na produkci potravin pro simulované přežití posádky, a tak je důležité tuto technologii důkladně otestovat (Fojtík M, 2018)

Konopí a určité druhy hub, jako například žampion, mají potenciál pro pěstování pod vodní hladinou. Voda, která obíhá v systému, je zároveň životním prostředím pro ryby a zdrojem živin pro rostliny. Voda, bohatá na živiny, jež jsou vytvářeny odpadními látkami produkovanými rybami, je vedená do nádrží s rostlinami, kde jsou tyto živiny absorbovány jejich kořeny. Rostliny pak zužitkují vodu, která je vrácena zpátky do nádrže s rybami. Pro úspěšné pěstování je důležité udržovat vhodné podmínky v prostředí, jako je teplota vody, pH, obsah kyslíku, CO_2 a dostatečné osvětlení. Speciální osvětlovací systémy mohou být použity k zajištění správného osvětlení pro rostliny a houby. Pěstování pod vodou může mít některé výhody v prevenci škůdců a chorob, ale je stále důležité monitorovat stav rostlin a hub a provádět preventivní opatření, pokud je to nutné. Pěstování konopí a hub pod vodní hladinou kombinuje výhody akvaponie s potenciálem léčebných vlastností těchto rostlin a hub. Tato metoda může nabídnout udržitelný a efektivní způsob produkce v nepříznivých podmínkách, zvláště pokud jde o omezené zdroje vody a půdy.

4 Závěr

V bakalářské práci jsem se zaměřil na analýzu a využití odpadního CO_2 z produkce hub v kontextu pěstování léčebného konopí. Práce zdůrazňuje potenciál recyklace CO_2 jako klíčového prvku v udržitelných pěstebních systémech, což má významné implikace pro zemědělskou praxi a environmentální management. Navíc, výzkum podporuje integraci inovativních technologií v agronomii, která může přispět ke snížení emisí skleníkových plynů a zefektivnění využívání zdrojů.

Dále bylo zdůrazněno, jak důležité je porozumění specifickým podmínkám potřebným pro optimální růst konopí, a to jak ve venkovních, tak ve vnitřních systémech. Výzkum také otevírá diskusi o legislativních aspektech pěstování léčebného konopí a jeho regulaci.

Kapitola léčebné konopí mapovala historický vývoj využívání konopí pro léčebné účely. Zahrnuje první záznamy o použití konopí v tradičních medicínách různých kultur, legislativní změny, které ovlivnily jeho používání, až po moderní vědecký výzkum potvrzující jeho léčebné benefity. Kapitola pěstební systémy popisovala různé metody a technologie používané pro kultivaci konopí, od tradičního polního pěstování přes pokročilé hydroponické systémy až po aeroponii. Diskutuje výhody a nevýhody jednotlivých systémů a jejich vhodnost pro komerční i osobní pěstování. Kapitola pěstování léčebných rostlin a hub v nepříznivých podmínkách se věnovala inovativním přístupům k pěstování léčebných rostlin a hub v extrémních nebo kontrolovaných podmínkách. Rozpracovává, jak technologie jako jsou uzavřené vodní systémy (hydroponie) mohou maximalizovat výnos a kvalitu produkce i v náročných podmínkách, jako jsou vesmírné stanice nebo pouště.

Téměř u všech druhů rostlin vede zvýšení koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu ke zvýšené fotosyntéze a zrychlení růstu, a to jak nadzemních, tak podzemních částí. Navíc závislost rychlosti růstu rostlin a akumulace biomasy na koncentraci CO_2 je nelineární a má logaritmickou formu.

Práce představuje významný přínos k porozumění možnostem využití odpadního CO_2 a nastiňuje další směry výzkumu, které by mohly prohloubit pochopení interakcí mezi různými systémy pěstování a environmentálními faktory. Doporučuje se další studium na téma optimalizace pěstebních systémů pro maximální absorpci CO_2 a zkoumání dalších potenciálních výhod recyklovaného CO_2 ve skleníkovém pěstování.

Výsledky práce naznačují, že efektivní využití odpadního CO_2 může být revolučním krokem k udržitelnějším pěstebním praxím, které jsou nejen životaschopné z ekonomického hlediska, ale také prospěšné pro životní prostředí.

5 Seznam použité literatury

ABC.27. 2024. Brogue man admits he grew marijuana for 20 years authorities say Available from https://www.abc27.com/news/brogue-man-admits-he-grew-marijuana-for-20-years-authorities-say/1037282763/ (accessed March 2024).

Adams P. 2012. Weedology – Marihuana, vše o pěstování konopí. Positive Publishers b.v.b.a. Nizozemsko.

Ahmad A. 2023. Endocannabinoid system: An untold story in hypertensive nephropathy. Electron J Gen Med. **20(3)**:em481.

Bailey R. 2015. What is THCV and what are the benefits of this cannabinoid? Available from https://www.leafly.com/news/cannabis-101/what-is-thcv-and-what-are-the-benefits-of-this-cannabinoid (accessed March 2024).

Berrea B. 2012. Tipy a triky: Tvarování rostlin. Legalizace. **3(13)**:22–24.

Berrea B. 2014. Tipy a triky: Pěstování pod LEDovým světlem. Legalizace. **5(26)**:56–57.

Berrea B. 2016. Tipy a triky: Oxid uhličitý. Legalizace. **7(34)**:74–75.

Carbon dioxide's. 2010. Carbon dioxide's effects on plants increase global warming, study finds. Proceedings of the National Academy of Sciences. May 4.

Caulkins J. 2010. Estimated Cost of Production for Legalized Cannabis. Available from https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/working_papers/2010/RAND_WR764.pdf (accessed March 2024).

Cervantes J. 2006. Marijuana Horticulture: The indoor/outdoor medical grower's bible. Van Patten Publishing. Vencouver.

Crocq M. 2020. History of cannabis and the endocannabinoid system. Dialogues Clin Neurosci. **22(3)**:223-228.

Croxford L, Yamamura T. 2005. Cannabinoids and the immune system: Potential for the treatment of inflammatory diseases? Journal of Neuroimmunology. **166(1-2)**:3-18.

Devane W, Dysarz F, Johnson M, Melvin L, Howlett A. 1988. Determination and characterization of a cannabinoid receptor in rat brain. Mol Pharmacol. **34(5)**:605-613.

Fojtík M. 2018. PROJEKT HYDRONAUT. Available from https://www.aaqp.eu/cs/projekt-hydronaut/a-385/ (accessed April 2024).

Hanuš L. 2009. Pharmacological and therapeutic secrets of plant and brain (endo)cannabinoids. Medicinal Research Reviews. **29**:213-271.

Hydronaut Project. Hydronaut. 2021. Available from https://www.hydronaut.eu/cs/ (accessed April 2024).

Chotai A, Young P. 2014. Of a Nutrient Film Technique (NFT). Mathematical and Control Applications in Agriculture and Horticulture. 1. 33.

Idso C, Carter R, Singer S, Eds. 2011. Climate change reconsidered: interim report of the nongovernmental panel on climate change (NIPCC), Chicago, IL: The Heartland Institute.

Idso C. 2000. Forecasting world food supplies: the impact of rising atmospheric CO2 concentration. Technology. **7**:33-56.

Jones J. 2016. Hydroponics: a practical guide for the soilless grower. CRC press.

Keenan T, Hollinger D, Bohrer G, et al. 2013. Increase in forest water-use effenciency as atmospheric carbon dioxide concentrations rise. Nature. **499**:324-327.

Krejčík J. 2022. Jak pěstovat konopí indoor 2.1. Mosca Verde, Česko.

Lazarini-Lopes W, Silva-Cardoso G. 2022. Neuroplastic alterations in cannabinoid receptors type 1 (CB1) in animal models of epileptic seizures. Neuroscience and biobehavioral reviews, **137**:104675.

Leaf Science. 2017. What is cbg cannabigerol. Available from https://www.leafscience.com/2017/04/26/what-is-cbg-cannabigerol/ (accessed March 2024).

Lee S, Lee J. 2015. Beneficial bacteria and fungi in hydroponic systems: Types and characteristics of hydroponic food production methods. Scientia Horticulturae. **195**:206–215.

Leinen ZJ, Mohan R, Premadasa LS, Acharya A, Mohan M, Byrareddy SN. 2023 Therapeutic Potential of Cannabis: A Comprehensive Review of Current and Future Applications. *Biomedicines* (2227-9059) DOI: 10.3390/biomedicines.11102630.

Livescience. 2024. Available from https://www.livescience.com (accessed March 2024).

Morrow K. 2020. 6 Common Greenhouse Problems and How to Solve Them. Available from https://www.cannabisbusinesstimes.com/article/common-cannabis-greenhouse-problems-how-to-solve-them/ (accessed March 2024).

Nakano H, Makino A, Mae T. 1997. The effect of elevated partial pressures of CO2 on the relationship between photosynthetic capacity and N Content in rice leaves. Plant Physiology. **115(1)**:191-198.

Norby R, Wullschleger S, Gunderson C, Johnson D, Ceulemans R. 1999. Tree responses to rising CO2 in field experiments: implications for the future forest. Plant, Cell and Environment. **22**:683-714.

Pantoja-Ruiz C, Restrepo-Jimenez P, Castañeda-Cardona C, Ferreirós A, Rosselli D. 2022. Cannabis and pain: a scoping review. Braz J Anesthesiol. **72(1)**:142-151.

Rätsch C. 2012. Marihuana jako lék: etnomedicína, užívání a recepty na léčení konopím. Fontána. Olomouc.

Raviv M. 2007. Soilless culture: theory and practice. Elsevier. Oxford.

Russo E. 2017. History of Cannabis as Medicine: Nineteenth Century Irish Physicians and Correlations of Their Observations to Modern Research. Botany and Biotechnology. Springer, Cham.

RQS Editorial Team, 2020. What Is The Best Gtowing Medium For Cannabis? Available from https://www.royalqueenseeds.com/blog-what-is-the-best-growing-medium-for-cannabis-n1302 (accessed March 2024).

Seaquist J, Hickler T, Eklundh L, Ardo J, Heumann B. 2009. Disentangling the effects of climate and people on Sahel vegetation dynamics. Biogeosciences. **6**:469—477.

Schippers P, Lürling M, Dcheffer M. 2004. Increase of atmospheric CO2 promotes phytoplankton productivity. Ecology Letters. 7:446-451.

Singer J. 2021. A Brief Overview of the History Of Hydroponics. Available from https://gardenculturemagazine.com/a-brief-overview-of-the-history-of-hydroponics/ (accessed March 2024).

Sugiura T, Kondo S, Sukagawa A, Nakane S, Shinoda A, Itoh K, et al. 1995. 2-Arachidonoylglycerol: a possible endogenous cannabinoid receptor ligand in brain. Biochem Biophys Res Commun. **215(1)**:89-97.

SÚKL. 2024. Státní ústav pro kontrolu léčiv. Available from http://www.sukl.cz/konopi-klecebnym-ucelum (accessed March 2024).

Sumpter L. 2020. Cannabinol (CBN): What Is It And What Are Its Effects? Available from https://www.royalqueenseeds.com/blog-cannabinol-cbn-what-is-it-and-what-are-its-effects-n474 (accessed March 2024).

Sumpter L. 2022. How To Grow Cannabis Outdoors in 2024. Available from https://www.royalqueenseeds.com/blog-growing-cannabis-outdoors-n98 (accessed March 2024).

Texier W. 2015. Hydroponie pro každého: Vše o domácím pěstování. Mama Publishing. Paris.

Vanhove W. Maalsté N, Van Damme P. 2017. Why is it so difficult to determine the yield of indoor cannabis plantations? A case study from the Netherlands. Forensic Science International. **276**:e20-e29.

Vyhláška č. 236/2015 Sb.Vyhláška o stanovení podmínek pro předepisování, přípravu, distribuci, výdej a používání individuálně připravovaných léčivých přípravků s obsahem konopí pro léčebné použití.

Wang J, Wang Y, Tong M, Pan H, Li D. 2019. Medical Cannabinoids for Cancer Cachexia: A Systematic Review and Meta-Analysis. BioMed Research International. **2019**:12-18.

Wittwer S. 1992. Flower power: rising carbon dioxide is great for Lants. Policy Review **23**:4-10.

Zákon č. 50/2013 Sb.Zákon, kterým se mění zákon č. 378/2007 Sb., o léčivech a o změnách některých souvisejících zákonů (zákon o léčivech), ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 167/1998 Sb., o návykových látkách a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů.

6 Seznam obrázků

Obrázek 1. Skleník využívající přirozeného a umělého osvětlení Louisiana, USA 8
Obrázek 2. Rozdělení technologických metod hydroponického pěstování.....12
Obrázek 3. Výzkumná laboratoř Hydronaut HO3 DeepLab.....28
Obrázek 4. Akvaponický systém instalovaný v DeepLab 29