



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra agroekosystémů

Bakalářská práce

Vliv vybraných podmínek pěstování na výnos rostlin "microgreens"

Autor práce: David Filip

Vedoucí práce: Mgr. Ing. Kristýna Perná, Ph.D.

České Budějovice
2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou pěstování rostlin microgreens. Zaměřuje se na hledání ideálního pěstebního substrátu z hlediska výnosových prvků. V rámci praktické části práce je testován vliv čtyř vybraných pěstebních substrátů na množství a obsah pigmentů ve vyprodukované biomase třech různých microgreens. Pro porovnatelnost výsledků jsou rostliny pěstovány za stanovených podmínek ve fytotronech. Práce také uvádí finanční náročnost pěstování na různých substrátech. Závěrem výzkumu vyplývá nejvhodnější pěstební substrát k jednotlivým rostlinám spolu s jejich finančním zatížením. Z práce tak vyplývá, že nejvhodnější substrát pro pěstování rostlin podle porovnávaných výnosových prvků a z porovnávaných pěstebních substrátů je zahradní substrát Agro CS Natura. Stejně tak je i produkce rostlin nejlevnější na pěstebním substrátu Agro CS Natura.

Klíčová slova: microgreens, výnosové prvky, pěstební substrát

Abstract

This bachelor's thesis deals with the cultivation of microgreens plants, focusing on the quest for an optimal growing substrate in terms of yield elements. The practical part of the thesis evaluates the influence of four selected growing substrates on the quantity and content of pigments in the produced biomass of three different microgreens. To ensure result comparability, the plants are cultivated under defined conditions in phytotrons. Additionally, the thesis outlines the financial implications of cultivation on various substrates. The research also indicates that the optimal substrate for plant cultivation, based on the compared yield elements and the compared growing substrates, is the garden substrate Agro CS Natura. Similarly, plant production is most cost-effective when using the Agro CS Natura substrate.

Keywords: microgreens, yield elements, growing medium

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Mgr. Ing. Kristýně Perné, Ph.D. za všestrannou pomoc, množství cenných a inspirativních rad, podnětů, doporučení, připomínek a zároveň za velkou trpělivost s obdivuhodnou ochotou při konzultacích poskytnutých ke zpracování této práce.

Obsah

Úvod.....	7
1 Cíl práce	8
2 Literární přehled.....	9
2.1 Microgreens	9
2.2 Nutriční složení rostlin microgreens	11
2.2.1 Vitamíny.....	11
2.2.2 Stopové minerály	12
2.2.3 Fytochemikálie	12
2.3 Rostliny vhodné k pěstování formou microgreens.....	14
2.3.1 Významné čeledi rostlin microgreens	15
2.3.2 Rostliny nevhodné k pěstování formou microgreens.....	16
2.4 Výnosové prvky hodnocené u rostlin microgreens	18
2.4.1 Biologický výnos	18
2.4.2 Barva	18
2.4.3 Klíčivost	18
2.5 Vliv podmínek pěstování na výnos rostlin microgreens	19
2.6 Pěstební substráty a druhy rostlin využité v metodické části	21
2.6.1 Charakteristika vybraných pěstebních substrátů	21
2.6.2 Charakteristika zkoušených rostlin microgreens	22
3 Metodický postup.....	24
3.1 Design pokusu	25
3.2 Založení pokusu	26
3.3 Měření výnosových prvků.....	29
3.4 Měření chlorofylů a karotenoidů	30
4 Výsledky a diskuze	31
4.1 Výnosové prvky	31

4.2	Obsah chlorofylů a karotenoidů	35
4.3	Ekonomické zhodnocení	38
	Závěr	41
	Seznam použité literatury	42
	Seznam obrázků	47
	Seznam tabulek	48
	Seznam grafů.....	49
	Seznam použitých zkratk.....	50

Úvod

Nezdravý životní styl, spolu s civilizačními nemocemi a nedostatečnou výživou, představuje aktuální výzvy ve společnosti. Zdravý životní styl klade důraz na vyváženou stravu s bohatým obsahem vitamínů a minerálů. V poslední době stoupá popularita gastronomie, která spojuje estetiku s péčí o zdraví, a právě zde nachází microgreens své místo. Tyto rostlinky jsou nejen bohaté na živiny, ale také příjemně estetické. Rostoucí obavy veřejnosti ohledně zdraví vedly k hledání nových zdrojů potravin, a klíčky a microgreens se ukazují jako zajímavá alternativa. Obsahují vyšší množství minerálů, antioxidantů a fytochemikálií než zralé rostliny, což zvyšuje jejich hodnotu jako potenciálního zdroje výživných látek s přidanou hodnotou. Těmto vlastnostem vděčí microgreens za rostoucí popularitu.

Microgreens jsou jedlé klíčící rostliny nejčastěji zeleniny, ale také různých bylin, olejnin, obilnin a jiných planě rostoucích jedlých rostlin. Tyto malé verze rostlin dorůstají několika centimetrů (cca 5-10 cm) v závislosti na rostlinném druhu, podmínkách jejich pěstování, případně na dalších faktorech vnějšího prostředí. Při opakovaném pěstování vyžadují vždy nový pěstební substrát, případně pěstitelskou rohož a sterilizovanou pěstební nádobu pro správný růst rostlin. Tyto pěstební substráty nezbytné pro vývoj rostliny však mohou zvyšovat finanční náročnost. Přesto pěstování microgreens nepatří mezi finančně, ale ani časově náročné činnosti. S tím přichází možnost pěstování microgreens ve venkovních i v domácích podmínkách, kde je možné k jejich pěstování využít sklenice, misky, nebo speciálně připravené květináče. Životní cyklus microgreens je velmi krátký a jejich konzumace se doporučuje do jednoho až dvou dní po sklizni. Po sklizni se jejich stav rychle zhoršuje, začínají zavadat, schnout a stávají se živným substrátem pro mikroorganismy.

1 Cíl práce

Tato bakalářská práce si klade za cíl shrnout dosavadní poznatky týkající se rostlin pěstovaných ve formě microgreens a metodiky jejich kultivace. Hlavním záměrem je provést komparativní analýzu vybraných výnosových faktorů při různých podmínkách pěstování a současně poskytnout přehled o finanční náročnosti pěstování na různých pěstebních substrátech. Pro dosažení tohoto cíle budou vybrány specifické druhy rostlin, na kterých budou výnosové prvky pečlivě vyhodnoceny a analyzovány.

Výstupem této práce bude srovnání vybraných výnosových charakteristik rostlin pěstovaných za stejných podmínek na různých pěstebních podkladech. Současně budou analyzovány finanční náklady v jednotlivých případech.

2 Literární přehled

2.1 Microgreens

Pojem „microgreens“, nebo také „mikrozelenina“, představuje rostliny ve fázi růstu děložních listů. Ty jsou tvořeny již v semeni a fungují stejně jako listy, rostlina skrze ně v procesu fotosyntézy získává potřebnou energii pro vlastní růst. U microgreens se konzumuje celá nadzemní část rostliny bez kořenů. Semena pro pěstování microgreens jsou vysévána na pěstební substrát, který rostlině poskytuje zdroj vody a živin. Jelikož semeno obsahuje vlastní zásoby živin a zároveň doba růstu microgreens je poměrně krátká, substrát, na kterém bude vyseto, nemusí být příliš bohatý na živiny. Pěstební substrát je však nutné při každém pěstebním cyklu obměňovat. Doba růstu microgreens se pohybuje nejčastěji od 10 do 21 dní v závislosti na různých faktorech. Tyto rostliny ke svému růstu také vyžadují velké množství světla, dobré větrání vzduchu a dostatečnou zásobu vody. Jsou také více aromatické oproti dospělým formám těchto rostlin. (ANONYM 1, b. r.)

Množství druhů rostlin, které lze konzumovat jako microgreens, je obrovský. Mezi nejoblíbenější skupiny rostlin pěstované formou microgreens patří obilniny, luštěniny a olejnin. Sklizené microgreens se mohou následně přidávat do různých salátů, jako příloha, zpestření jídla či jako jiná forma dekorace. (WOJDYŁO et al. 2020)

Microgreens a klíčky

Pojmy „microgreens“ a „klíčky“ jsou často zaměňovány, ale nelze je považovat za totožné. Ve skutečnosti vypadají a chutnají jinak, i jejich způsob pěstování je odlišný. Microgreens a klíčky představují jiné vývojové fáze rostlin (Obr. 1, Obr. 2).

Klíčky jsou klíčená semena. Semeno po ukončení dormance začíná svou růstovou fází. Proces klíčení začíná příjmem vody do semene, kdy semeno začne bobtnat. Následně se začnou zintenzivňovat procesy dýchání a enzymatických aktivit v semeni. Postupně dochází prasknutí osemení (testy) a růstu kořínku (radikuly) (ŠEBÁNEK J., 1994). Díky živinám, které jsou uloženy v semeni, se zárodek vyvine v klíček. Klíčky jsou pěstovány ve vodě, jsou křupavé a šťavnaté. Při jejich pěstování se musí pravidelně měnit voda, aby nedošlo k znehodnocení a poškození klíčků mikroorganismy. Klíčky rostou velice rychle a sklízí se za 4 až 6 dní od zasetí. Oproti microgreens jim postačí minimum světla, protože v rané fázi ještě nevytvořily první lístky a nepotřebují

tudíž světlo k fotosyntéze. Nepotřebují ani žádnou přídatnou výživu, veškerou energii a živiny si berou ze zásob v semeni. Klíčky mají také slabší, nevýraznou chuť oproti microgreens, což je dáno především velkým množstvím vody v klíčcích. (ANONYM 1, b. r.)



Obrázek 1: Microgreens v předsklizňové fázi – špenát (foto: D. Filip)



Obrázek 2: Sójové klíčky (zdroj: srecepty.cz, c2023)

Zásadní rozdíly mezi microgreens a klíčky lze shrnout v následující tabulce Tab. 1.

Tabulka 1: Porovnání microgreens s klíčky

	Microgreens	Klíčky
Způsob pěstování	V půdě, pevném podkladu	Ve vodě
Konzumace	Celých rostlin bez kořínku	Semeno klíčků – stonek
Doba růstu do sklizně	Jeden až tři týdny	Méně než jeden týden
Chuťové vlastnosti	Výrazné, aromatické	Spíše nevýrazné, křupavé
Světelné nároky	Nutnost světla	Nepotřeba světla

2.2 Nutriční složení rostlin microgreens

Nutričním složením rostlin ve formě microgreens se zabývalo mnoho studií. Zaměřovaly se především na bioaktivní sloučeniny, vitamíny, minerály, fotochemikálie, antioxidanty (PINTO et al., 2015, CHOE et al., 2018). Byly prováděny pokusy a porovnání obsahu vybraných látek v rostlinách ve formě microgreens a jejich pokročilých růstových fázích. Některé z testovaných rostlin vykazovaly ve formě microgreens vyšší koncentraci antioxidantů, ale výsledky se nedaly sumarizovat na celé spektrum druhů microgreens. (PINTO et al. 2015, CHOE et al. 2018, ZHANG et al. 2021)

Často porovnávanou složkou mezi microgreens a rostlinami ve vyšších růstových fázích je kyselina askorbová, jakožto silný antioxidant nepostradatelný pro celou řadu biologických funkcí lidského těla, jako je například syntéza kolagenu, hojení ran, nebo pro správnou funkci imunitního systému (CHAMBIAL et al., 2013). Ve studii Zhang et al. (2021) byl v rostlinách špenátu, brokolice a pískavice ve formě microgreens zaznamenán obsah kyseliny askorbové až o 127 % vyšší než v jejich pokročilejších růstových fázích.

2.2.1 Vitamíny

Ve studii provedené Xiao et al. (2012), která měla za cíl stanovit koncentrace kyseliny askorbové, karotenoidů, fylochinonu a tokoferolů v 25 komerčně dostupných microgreenech, bylo zjištěno významně variabilní množství vitaminů a karotenoidů mezi různými druhy microgreens. Celkový obsah kyseliny askorbové (vitaminu C) se pohyboval od 20,4 do 147,0 mg na 100 g čerstvé hmotnosti, zatímco koncentrace β -karotenu (prekurzoru vitaminu A), luteinu/zeaxanthinu a violaxanthinu se pohybovaly od 0,9 do 7,7 mg/100 g čerstvé hmotnosti. Hladina fylochinonu (vitaminu K) se pohybovala od 0,6 do 4,1 μ g/g čerstvé hmotnosti. A α -tokoferol a γ -tokoferol (složky vitaminu E) se pohybovaly od 4,9 do 87,4 a 3,0 až 39,4 mg/100 g čerstvé hmotnosti. Mezi 25 testovanými microgreens vykazovaly nejvyšší koncentrace kyselin askorbových, karotenoidů, fylochinonu a tokoferolů červené zelí, koriandr, granátové amaranty a ředkvičky zelené daikon. V porovnání s nutričními koncentracemi ve zralých listech (Národní databáze živin USDA) vykazovaly listy mikrobylinek kotyledonů vyšší nutriční hustotu. (XIAO et al., 2012)

2.2.2 Stopové minerály

Některé stopové prvky, např. měď, zinek a selen, jakožto kofaktory nebo složky antioxidantů, mají zásadní roli v endogenním antioxidačním obranném systému lidského těla. Bylo zjištěno, že u devíti druhů rostlin (laskavec, tykev, okurka, juta, palak, poidýně, ředkvičky, špenát) mají formy microgreens výrazně vyšší koncentraci zinku, a to až téměř čtyřnásobnou, v porovnání s jejich pokročilejšími růstovými fázemi (YADAV et al. 2019). Špenát navíc obsahoval ve formě microgreens i větší koncentraci mědi. Zhang et al. (2021) dále zjistili, že luštěniny ve formě microgreens obsahují až 3,2násobek zinku oproti klíčeným semenům. (ZHANG et al. 2021)

2.2.3 Fytochemikálie

V rostlinách microgreens se ve značném množství vyskytují fotochemikálie jako karotenoidy a fenoly. Karotenoidy jsou skupinou lipofilních rostlinných pigmentů vykazující žlutou, oranžovou nebo červenou barvu. Do skupiny karotenoidů spadají karoteny jako například β -karoten a lykopen, a dále i xantofyly. Skupina karotenoidů má antioxidační účinky, a jsou tudíž i důležité ve fyziologických procesech lidského těla (RODRIGUEZ-AMAYA D. B., 2015). Jejich hlavním zdrojem pro lidský organismus je zelenina, a to především ta barevná (KHOO et al., 2011).

Fenolické sloučeniny jsou nejhojnějšími sekundárními metabolity rostlin. Jsou důležitými antioxidanty rostlin, které opravují škody způsobené volnými radikály. Také se ukázalo, že mají i mnoho zdravotních výhod pro lidské zdraví (JIN et al., 2010). Microgreens mají složitější polyfenolové profily, které mají antioxidační, protizánětlivé a další zdraví prospěšné účinky, a zároveň dosahují i vyššího obsahu oproti zralým rostlinám rodu brukve (JIN et al., 2010, CARTEA et al., 2011), což z nich činí zajímavé zdroje antioxidantů. S tím je spojeno rostoucí používání ve funkčních potravinách. Několik studií uvedlo antidiabetický potenciál rostlin fazolí, cizrny a čočky. To může napomoci při vývoji potravinového produktu či jeho obměně. (ZHANG et al. 2021, KUMAR et al. 2023)

Antioxidanty jsou skupinou sloučenin, které slouží jako lapače volných radikálů, reduktory, inhibitory radikálních druhů a další prooxidanty, jako jsou chelatory kovů, které neutralizují oxidační procesy (KUMAR et al. 2023). Ve studii Kurian et al. (2020) autoři porovnávali obsah vybraných látek (rozpustný cukr, bílkoviny, celkový obsah flavonoidů, celkový obsah fenolu, celkový obsah taninu, celkové volné aminokyseliny, vitamín C a A) v několika vývojových fázích rostlin fazole mungo a cizrny

beraní. Výsledky ukázaly, že se koncentrace obsahu fenolických látek a vitamínů v rostlinách zvyšovala následovně: syrová semena, klíčky a microgreens. Zvýšená koncentrace fenolických látek v rostlinách pěstovaných formou microgreens v obou rostlinách vede k vysokému procentu aktivity vychytávání volných radikálů. Studie dokládá, že microgreens obsahují vyšší koncentraci vitamínů a mají vyšší anti-oxidační aktivitu ve srovnání se syrovými semeny a klíčky. (KURIAN et al. 2020)

2.3 Rostliny vhodné k pěstování formou microgreens

Pěstování microgreens představuje sofistikovaný a kreativní zemědělský proces, jenž nabízí příležitost experimentovat s širokým spektrem rostlinných druhů. Nicméně ne všechny čeledi rostlin jsou v této specifické disciplíně rovnocenné. Určité čeledi se vyznačují výjimečnou vhodností pro pěstování microgreens, a to nejen kvůli vynikajícím chuťovým vlastnostem, ale též pro svůj výjimečný obsah živin. (KUMAR et al. 2023, KURIAN et al. 2020) Produkci microgreens lze strukturovat do tří klíčových nadskupin, přičemž každá z nich přináší unikátní vlastnosti a chuťové profily:

Zelenina

Microgreens zeleniny, jako jsou ředkvičky, špenát nebo brokolice, představují širokou paletu chuťových nuancí a výrazných aromat. Tato skupina rostlinek je výjimečná svou schopností produkovat od pikantních a ostrých až po jemné a sladké chuťové profily. Kromě gastronomického potenciálu microgreens této skupiny rostlin rovněž představují zdroj významných nutričních prvků, přičemž obsah vitamínů, minerálů a fytochemikálií může přispět k celkovému zdraví. (KUMAR et al. 2023)

Byliny

Produkce microgreens bylin, jakými jsou například bazalka či koriandr, zaujímá v mikrosvětě pěstování rostlin jedinečné místo. Bylinné microgreens se vyznačují jemnými listy a výrazným aromatickým profilem. Tato kategorie rostlinek nejen obohacuje chuťový repertoár, ale i vizuálně oživuje prezentaci pokrmů. Kromě toho microgreens bylin poskytují i přidanou hodnotu v podobě esenciálních olejů a antioxidantů, což z nich činí výživový přínos s příjemnou chutí. V souladu s aktuálními trendy ve stravování představují bylinné microgreens významný a elegantní prvek pro široké spektrum kulinářských možností. (KUMAR et al. 2023)

Olejniny

Microgreens olejnatých rostlin, zejména hořčice, jsou známé svou kořenitou chutí a výrazným obsahem aromatických sloučenin. Tyto rostlinky nejen obohacují chuťový profil pokrmů, ale také mohou představovat významný zdroj antioxidantů, což je v současném kontextu výživy relevantní pro podporu celkového lidského zdraví. Tato skupina microgreens se tak stává nejen kulinářsky atraktivní, ale i funkcionalitou obohacenou částí stravy. (KUMAR et al. 2023)

Tato systematická klasifikace umožňuje pěstitelům a kuchařům přistupovat k microgreens s ohledem na specifické vlastnosti každé skupiny. Každá nadskupina přináší nejen výrazné chuťové nuance, ale i různorodé možnosti využití v kuchyni. Při volbě konkrétních druhů microgreens lze brát v úvahu nejen chuťové preference, ale i nutriční hodnoty a estetické aspekty pro dosažení optimálního gastronomického zážitku. (DVOŘÁKOVÁ K. 2023)

2.3.1 Významné čeledi rostlin microgreens

Mezi významné čeledi, jež si získaly oblibu u pěstitelů microgreens, náleží Brassicaceae (čeleď brukvovité). V této kategorii vynikají například ředkvičky (*Raphanus sativus*), jež svými pikantními, výraznými výhonky přidávají na intenzitě a komplexnosti chuťového profilu. Dalším oblíbeným druhem je brokolice (*Brassica oleracea* var. *italica*), jehož microgreens nejen vyniká výraznými chutěmi, ale též poskytují bohatou škálu živin. (WOJDYŁO et al. 2020, DVOŘÁKOVÁ K. 2023)

Mezi čeledi, jež rovněž oslovují pěstitele, patří Asteraceae (hvězdicovité), zastoupená například slunečnicí, a Amaranthaceae (laskavcovité), zastoupená semeny chia nebo špenátem. Tyto čeledi přinášejí na stůl nejen zajímavé chuťové nuance, ale také vysokou výživovou hodnotu. Rostliny z čeledi Lamiaceae (hluchavkovité), jako je bazalka nebo šalvěj, zase lákají aromatickým bohatstvím a osvěžující chutí. (WOJDYŁO et al. 2020, ANONYM 4, 2023, DVOŘÁKOVÁ K. 2023)

Vybírání vhodných čeledí pro pěstování microgreens je umění spojené s pozorností k detailům, neboť každá čeleď nabízí unikátní kombinaci chuťových, aromatických a nutričních vlastností. Vedle estetiky a chuťového potěšení jsou klíčovými faktory také rychlost růstu, odolnost vůči škůdcům a ekologická udržitelnost. Aby byla zajištěna kvalitní produkce microgreens, je nezbytné pečlivě sledovat a optimalizovat podmínky pro klíčení, růst a sklizeň, včetně termoregulace, vlhkosti a osvětlení. Takto lze zajistit dosažení maximální kvality a chuťové dokonalosti v produkci microgreens. (WOJDYŁO et al. 2020, ANONYM 4, 2023, DVOŘÁKOVÁ K. 2023)

2.3.2 Rostliny nevhodné k pěstování formou microgreens

Na světě existují stovky rostlin, které jsou potenciálně toxické pro člověka a zvířata. Mnoho jedovatých rostlin není chutných. Jiné rostliny však mohou být chutné, avšak také toxické. Obsah toxinů v jedovatých rostlinách může být ovlivněn faktory prostředí, jako je například věk rostliny, část rostliny, sezóna. (LARREA et al. 2014)

Rostliny z čeledi Solanaceae (lilkovité)

Jedním z nejrozšířenějších rostlinných toxinů je solanin. (TUMER N. E. 2015, WELCH et al. 2012, DOLAN et al. 2010). Produkce glykoalkaloidů, mezi něž solanin náleží, je jeden z mnoha mechanismů rostlin sloužící k ochraně rostliny před konzumací dravci a infekcí bakteriemi, houbami a viry. (MCAULIFFE L. 2023)

Solanin, který se nachází v bramborách, rajčatech, lilcích a paprikách, inhibuje některé enzymy, ničí buněčné membrány, způsobuje poškození střev a působí jako neurotoxin. Ve studiích na zvířatech bylo prokázáno, že glykoalkaloidy, včetně solaninu, poškozují tenkou buněčnou membránu zvanou glykokalyx ve střevě, což má za následek omezenou absorpci živin. (DOLAN et al. 2010)

Experimentálně bylo prokázáno, že solanin může oslabit a narušit membrány červených krvinek a následně zničit mitochondrie (organely, které vytvářejí energii). Zároveň střevní propustnost umožňuje šíření rostlinných toxinů a jiných patogenů do krevního řečiště, které se pak mohou ukládat v celém těle, což může vést k rozšíření chronického zánětu a autoimunitního onemocnění. (MCAULIFFE L. 2023)

Solanin se také nachází ve stoncích, listech a nezralé nebo přezrálé zelenině z čeledi lilkovitých. Obsah solaninu v těchto rostlinách klesá s dozráváním, takže zralé ovoce a zelenina mají obecně nižší hladiny solaninu. Z toho vyplývá, že rostliny z čeledi lilkovitých nejsou vhodné k pěstování formou microgreens, a to z důvodu přítomnosti toxinu solaninu nacházejícího se v rostlinách. (MCAULIFFE L. 2023)

Fazole

Některé druhy fazolí mohou být toxické v syrovém stavu. Syrové fazole obsahují lectiny, což jsou proteiny, které mají schopnost vázat cukry a mohou způsobit různé biologické účinky, včetně toxických. Lectiny jsou schopny způsobit trávicí problémy a mohou být toxické pro ledviny. Proto se doporučuje, aby byly fazole před konzumací pečené nebo vařené. Správná úprava v podobě vaření nebo pečení zničí tuto toxicitu a zlepši stravitelnost fazolí. Po tepelné úpravě jsou červené fazole jako "kidney beans"

zdravotně bezpečné a mohou být začleněny do různých jídel. Je však důležité dodržovat správné postupy vaření, aby byl minimalizován obsah lectinu a zajištěna bezpečnost potravin. (ANONYM 5, 2017, ANONYM 6, 2015)

Toxicita lectinů se netýká pouze plodů, ale může být přítomná v celé rostlině, včetně semen, listů, stonků a kořenů. U některých rostlin jsou lectiny přítomné v nejvyšší koncentraci v semenech. (ANONYM 5, 2017, ANONYM 6, 2015)

Mladé výhonky fazolí jsou obvykle považovány za bezpečné pro konzumaci, ale přesto je důležité se řídit bezpečnými postupy. Většina lidí konzumuje fazolové microgreens bez problémů, pokud jsou správně připraveny. Přesto, při jakémkoli způsobu konzumace, je vždycky dobré být obezřetný a dodržovat bezpečnostní pokyny. (HANIČINEC M. 2023)

2.4 Výnosové prvky hodnocené u rostlin microgreens

U rostlin microgreens můžeme považovat za nejzásadnější výnosový prvek biologický výnos, kvalitu rostlin a klíčivost, posléze rychlost růstu a produktivitu na plochu. Pro hodnocení výnosových prvků rostlin microgreens je důležité zohlednit specifika dané plodiny a sledovat kritéria kvality, chuťové preference a nutriční hodnoty. Rovněž je možné zkoumat efektivitu různých pěstitelských technik a prostředí na výsledný výnos. (TAIZ et al. 2002, SÁNCHEZ E. 2023)

2.4.1 Biologický výnos

Biologický výnos je jedním z klíčových ukazatelů v zemědělství a zabývá se produktivitou a účinností živých organismů v procesu transformace energie a živin. Tento pojem vyjadřuje jak podzemní, tak i nadzemní biomasu. V případě rostlin microgreens by bylo možné biologický výnos zaměnit s pojmem hospodářský výnos, který vyjadřuje hospodářsky využitelnou produkci. U rostlin microgreens by se dal hospodářský výnos vyjádřit jako veškerá nadzemní část rostlin, která byla sklizena a je vhodná pro další využití. Můžeme tuto část označit také jako biomasu. (ANONYM 3, 2020, ANONYM 2, 2000)

2.4.2 Barva

Barvu můžeme popsat jako kvalitu subjektivního vjemu elektromagnetického záření o konkrétní vlnové délce nebo součtu různých délek záření dopadajícího na sítnici oka, které je vytvořeno zrakovým centrem v mozku. Barvy rostlin odkazují na jejich obsah chlorofylů a karotenoidů. I ty mají své zdravotní účinky. (ŠIKL R. 2012)

2.4.3 Klíčivost

Klíčivost je proces, během kterého semeno začíná růst a rozvíjet se, přičemž přechází ze stavu dormance (klidu) na aktivní fázi růstu. Klíčivost slouží jako ukazatel, který vyjadřuje počet vyklíčených semen ze sta za optimálních podmínek. Různé druhy rostlin vykazují odlišnou klíčivost, což může být klíčový faktor pro úspěch jejich reprodukčního cyklu a šíření populace. Správný průběh klíčení je klíčový pro úspěch rostlinného života, a proto je pro pěstitele a zemědělce důležité zajistit, že semena mají optimální podmínky pro klíčení při pěstování nových rostlin. (HESLOP-HARRISON J. 2024, TAIZ et al. 2002)

2.5 Vliv podmínek pěstování na výnos rostlin microgreens

Za základní faktory ovlivňující úspěšné pěstování rostlin můžeme považovat fotoperiodu, teplotu, vlhkost, dostupnost vody a živin, intenzitu osvětlení a oxid uhličitý (BENINCASA et al. 2019). Všechny tyto faktory zásadně ovlivňují růst a vývoj rostliny. V případě využití tzv. řízeného prostředí v zemědělství můžeme dosáhnout mnoha výhod, včetně příležitosti produkce rostlinných produktů s vysokým obsahem živin a důležitých látek na menším prostoru s menší spotřebou zdrojů. (ENGLER et al. 2021). Při přesné kontrole výrobního prostředí se může docílit optimálního stavu pro růst rostlin. To má za následek vyšší výnosy a efektivitu pěstitelského procesu. Rostliny jsou pěstovány za stále kontrolovaných, jednotných podmínek, což má za následek předvídatelnější a konzistentnější kvalitu a výnos plodin (LI et al. 2023)

Rostliny jsou citlivé na mnoho faktorů, které mohou ovlivnit jejich růst a zdraví. Mezi klíčové faktory patří světlo, teplota, vlhkost, dostupnost vody a koncentrace oxidu uhličitého. Světlo je zásadní pro fotosyntézu a vegetativní růst rostlin, přičemž různé druhy rostlin preferují různé úrovně osvětlení. Teplota ovlivňuje enzymatické procesy a metabolické funkce rostlin, a příliš vysoké nebo příliš nízké teploty mohou způsobit stres nebo dokonce poškození rostlin. Vlhkost vzduchu a dostupnost vody jsou také klíčové pro rostliny, protože voda je základní složkou buněčných struktur a je nezbytná pro fotosyntézu a transport živin v rostlině. Vysoká vlhkost vzduchu může vést k problémům s plísněmi a hnilobou, zatímco nedostatek vody může způsobit vadnutí a dokonce odumírání rostlin. Koncentrace oxidu uhličitého ovlivňuje tempo fotosyntézy a růst rostlin, přičemž vyšší koncentrace může vést k zvýšené produkci biomasy. Správné řízení těchto faktorů je klíčové pro zajištění optimálního růstu a zdraví rostlin v různých pěstebních podmínkách. (SMYTH D. 2022, KOZAI T. 2020, RICHMOND J. 2021)

Ve studii provedené Gunjal et al. (2024) se uvádí, že pěstební média mají zásadní vliv na růst a vývoj microgreens, přičemž jakákoli úprava substrátu ovlivní jak jejich nutriční hodnotu, tak morfologické vlastnosti. Vybrané microgreens, které byly pěstovány ve dvou různých půdních substrátech (zemina a kokosové vlákno), prokázaly signifikantní rozdíly v parametrech kvality v závislosti na substrátu. Kokosový substrát se ukázal být nejúčinnějším prostředím pro kultivaci microgreens, což vedlo k zlepšení růstu rostlin, výnosů, výživových hodnot, biochemického složení a antioxidační aktivity. (GUNJAL et al., 2024)

Studie Gunjal et al. (2024) také poukazuje na významné rozdíly ve výšce, šířce a délce listů rostlin microgreens v závislosti na použitém pěstebním substrátu. Stejně tak studie uvádí, že obě pěstební média (zemina, kokosové vlákno) vykazují významné rozdíly v obsahu chlorofylů spolu s karotenoidy ve vybraných botanických rodinách microgreens.

2.6 Pěstební substráty a druhy rostlin využité v metodické části

Krátká charakteristika jednotlivých substrátů a jiných přísad:

2.6.1 Charakteristika vybraných pěstebních substrátů

Agro substrát výsev a množení

Substrát pro výsev a množení tvoří kombinace rašeliny a písku s nízkým obsahem živin, což zajišťuje rovnoměrné klíčení semen. Tato směs udržuje optimální vlhkost, kyprost a vzdušnost na výsevní ploše a disponuje speciální jemnou strukturou, podporující zdravý růst křehkých výhonků. (ANONYM 10, c2024)

Agro CS Natura Substrát pro celou zahradu

Jemný substrát pro pěstování BIO ovoce a BIO zeleniny je speciálně vyvinutý pro použití v celé zahradě. Tento substrát je složen z kvalitní směsi, která kombinuje rašelinu, kokosová vlákna, jíl, přírodní vápenec a organické hnojivo, což poskytuje optimální prostředí pro růst rostlin. Jeho vyvážený poměr živin (dusík-fosfor-draslík: 10-4-4) podporuje zdravý vývoj rostlin a bohatou sklizeň. Díky vysoké nasáklivosti a schopnosti udržet vodu je tento substrát schopen efektivně zásobovat rostliny vláhou, což přispívá k jejich zdraví a vitalitě. (ANONYM 13, c2024)

Žížalí šťáva

Tzv. žížalí šťávu, můžeme označit za vedlejší produkt vermikompostování, ta vzniká během procesu, kdy žížaly zpracovávají organický materiál. Tato tekutina obsahuje vodu, rozpuštěné látky z organické hmoty, mikroorganismy a enzymy. Žížalí šťáva je bohatá na živiny a mikroorganismy, což z ní činí cenný produkt pro zlepšení půdy a hnojení rostlin. Obsahuje látky uvolněné během trávení žížal, včetně živin jako jsou dusík, fosfor, draslík a další stopové prvky. Tato šťáva má také pozitivní vliv na strukturu půdy a podporuje mikrobiální aktivitu. Žížalí šťáva se často sbírá z kontejnerů nebo systémů určených k vermikompostování. Tato tekutina se poté může používat jako tekuté hnojivo nebo se ředí vodou a aplikuje na půdu jako hnojivý roztok. Vzhledem k jejím výživným vlastnostem je žížalí šťáva především využívána v zahradničení a u ekologicky orientovaných pěstitelů rostlin. (ANONYM 11, c2024)

Bavlna

Bavlna je běžně dostupná v lékárnách, drogeriích nebo v jiných prodejnách se zdravotnickými potřebami což razantně usnadňuje získání potřebného materiálu. Forma bavlny umožňuje dobrou variabilitu, jednoduchou manipulaci a snadné přizpůsobení rozměrům nádob nebo podnosů pro pěstování microgreens. Je však důležité brát v úvahu potencionální negativu spojené s využívání bavlny, jako je hromadění vody, což může vést k problémům s hnilobou nebo plísněmi. Rovněž je třeba vzít v úvahu, že bavlna sama o sobě není živným substrátem, a proto je nutné zajistit rostlinám adekvátní zásobování živinami pomocí vhodného hnojiva. Správná péče o rovnováhu vlhkosti a výživy je klíčem k úspěšnému pěstování microgreens na bavlně. (ANONYM 12, b. r.)

2.6.2 Charakteristika zkoušených rostlin microgreens

Brokolice raab

Jedná se o méně známý druh brokolice z čeledi brukvovitých. Semínka jsou malá, kulatá a tmavě hnědá. Microgreens brokolice nabízejí násobky vitamínů a minerálů oproti dospělé rostlině. Výhonky obsahují velké množství vitamínů A, B, C, E, bílkoviny a minerály jako např. vápník, železo, fosfor, draslík a síru. Jejich chuť je mírně štiplavá. Stonek brokolice je výrazně světlý, zbarvený do mléčných odstínů. Lístky jsou spíše světlejší se svěží zelenou barvou. Klíčení trvá přibližně tři dny ve tmě a rostou zhruba 7 dní na světle. (ANONYM 14, b. r., ANONYM 7, c2018 - 2022)

Hořčice červená

Hořčice červená patří taktéž do čeledi brukvovitých. Semena jsou malá, kulatá. Barva je poměrně nevýrazná, pohybuje se mezi hnědou, červenou a přechází až do žlutějších odstínů. Hořčice je oblíbená pro svou jemně pikantní chuť. Hořčice červená ve formě microgreens je cenným zdrojem prospěšných látek. Obsahuje např. vitamíny A, C, E, K, B1, B2, B3, B6, B9 a minerální látky jako vápník, železo, draslík, hořčík, fosfor, zinek. Stonek hořčice červené je sytě bílý, zřetelný na pohled. Listy jsou tmavší zelené barvy s občasným fialovým okrajem listů. Klíčení trvá cca tři dny ve tmě a proces růstu trvá okolo sedmi dní na světle. (ANONYM 8, c2018 – 2024)

Hořčice bílá

Hořčice bílá patří také do čeledi brukvovitých. Semena hořčice bílé můžeme řadit mezi větší semena. Barvou mají sytě žlutavou až béžovou. Výrazností chutě předčí hořčici červenou, která je méně pikantní. Složením a obsaženými látkami se rostlinky vyznačují bohatostí na uhlohydráty, vitamíny A, C, B, E, K a obsahují vápník, hořčík, zinek, fosfor, železo a draslík. Stonek není oproti hořčici červené tak výrazně bílý. Čím se ale zřetelně odlišuje, je přítomnost trichomů, kterými je osázen celý stonek. Listy se také nápadně odlišují sytým a častějším zbarvením fialové barvy ze spodní strany listů. Naopak je méně časté fialové zbarvení svrchních okrajů listů. I přesto, že se jedná o větší semena, hořčice bílá je schopna vyklíčit během tří dní s následnou sklizní za asi 7 dní. (ANONYM 9, c2018 – 2024)

3 Metodický postup

V rámci metodického postupu je testován vliv pěstebního substrátu na výnos biomasy microgreens. Zjišťováno je množství vyprodukované biomasy, průměrné rozměry vyrostlých rostlin a obsah chlorofylů spolu s karotenoidy u vybraných rostlin microgreens v závislosti na pěstebním substrátu. Výsledky jsou hodnoceny v programu STATISTICA prostřednictvím jednofaktorové analýzy ANOVA a Tukeyho testu na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Koncentrace chlorofylů a karotenoidů je přepočítána dle následujících vzorců:

$$\text{Chlorofyl a: } C_a = \frac{(12,19 \cdot A_{665} - 3,45 \cdot A_{649}) \cdot \text{\textit{\textit{ředění}}}}{SV} \quad [\mu\text{g/g SV}]$$

$$\text{Chlorofyl b: } C_b = \frac{(21,99 \cdot A_{649} - 5,32 \cdot A_{665}) \cdot \text{\textit{\textit{ředění}}}}{SV} \quad [\mu\text{g/g SV}]$$

$$\text{Karotenoidy: } C_{x+c} = \frac{(1000 \cdot A_{480} \cdot \text{\textit{\textit{ředění}}}}{220} - 2,14 \cdot C_a \cdot SV - 70,16 \cdot C_b \cdot SV)}{SV} \quad [\mu\text{g/g SV}]$$

A_{480} – hodnota měření při vlnové délce 480 nm

A_{649} – hodnota měření při vlnové délce 649 nm

A_{665} – hodnota měření při vlnové délce 665 nm

C_a – chlorofyl a

C_b – chlorofyl b

C_{x+c} – karotenoidy

SV – suchá váha

3.1 Design pokusu

Použitý materiál a přístroje:

- fytotron od firmy Panasonic (Versatile Environmental Test Chamber; Model No. MLR-352H-PE)
- laboratorní váha METTLER TOLEDO model PG503
- skleněné Petriho misky s víky o průměru 18,9 cm
- automatická pipeta Transferpette S, Brand
- koncentrovaná žížalí šťáva
- výsevní substrát
- zahradnický substrát
- bavlněný materiál (vata)
- semena brokolice raab, hořčice červené, hořčice bílé

Na základě pilotního pokusu byly v rámci této experimentální části použity 4 pěstební substráty (výsevní substrát, zahradnický substrát, bavlněná vata napuštěná žížalí šťávou a samotná bavlněná vata jako kontrola). Na těchto substrátech byly za stejných kultivačních podmínek (vlhkost 65 %, teplota 20 °C, intenzita osvětlení třetího stupně, fotoperioda 13 h světlo a 11 h tma) pěstovány 3 druhy microgreens ze stejné čeledi brukvovitých. Celkem tak bylo založeno 12 variant po 3 opakováních. Všechny rostlinky byly sklizeny 10. den po zasetí.

3.2 Založení pokusu

Skleněné Petriho misky (Ø 18,9 cm) byly nejprve zváženy a následně naplněny jednotlivými substráty do výšky cca 1 cm. Misky byly následně opět zváženy pro získání hmotností doplněného substrátu. Množství vody využité pro zavlažení substrátu z velké části záviselo na množství použitého substrátu. U Agro výsevu a Agro CS Natura se pohybovalo v rozmezí 50–60 ml vody, u bavlny se množství drželo v rozmezí 60–70 ml vody. U varianty bavlny zavlhčené žížalí šťávou se k závlaze použil roztok žížalího hnojiva, který byl připraven naředěním žížalí šťávy vodou v poměru 1:12. K závlaze bavlny bylo využito cca 60–70 ml hnojiva.

Na připravený substrát v Petriho miskách byla následně rovnoměrně rozprostřena semínka rostlin. V případě brokolice raab a hořčice červené byly rozprostřeny 3 g semen, v případě hořčice bílé 4 g semen.. Misky byly poté přiklopeny víky a následně přeneseny do přednastaveného fytotronu (Obr. 3). Rostlinky byly denně kontrolovány a v případě potřeby dovlhčovány dostatečným množstvím pitné vody. Zhruba třetí den od založení se víka z misek odebrala, aby rostliny mohly dále růst. Sklizeň nastala desátý den od založení pokusu (Obr. 4–7).



Obrázek 3: Založené rostliny ve fytotronu (foto: D. Filip)

Založené pěstební substráty v Petriho miskách všech tří druhů rostlinek vložené do fytotronu krátce po založení.



Obrázek 4: Brokolice na substrátu VS (foto: D. Filip)



Obrázek 6: Brokolice na substrátu ŽŠ (foto: D. Filip)



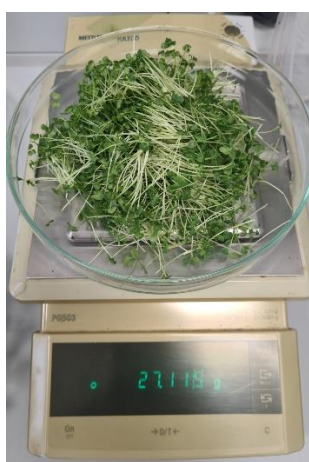
Obrázek 5: Brokolice na substrátu B (foto: D. Filip)



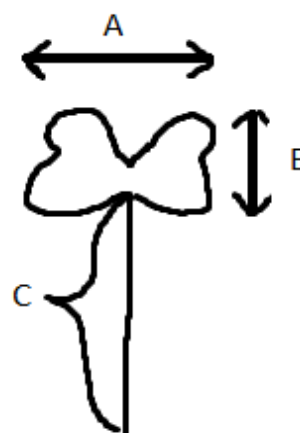
Obrázek 7: Brokolice na substrátu S (foto: D. Filip)

3.3 Měření výnosových prvků

Sklizeň microgreens probíhala 10. den od zasetí. Odstřížení rostlin bylo prováděno co nejbližší ploše substrátu tak, aby žádné rostlinky na sobě nenesly případné nečistoty jako zeminu či bavlnu, tedy přibližně 1 cm nad povrchem. Do předem zvážené misky se celá sklizená biomasa rostlin umístila a zvážila se na laboratorní váze s přesností na 2 desetinná místa (Obr. 8). Následně byly vybrány 4 reprezentativní vzorky rostlinek pro měření následujících údajů: délka listové plochy (a), šířka listové plochy (b) a výška rostliny (c), viz Obr. 9. Měření bylo prováděno vždy mezi nejbližšími body. Hodnoty byly zaznamenány.



Obrázek 8: Vážení sklizených rostlin microgreens (brokolice na výsevním substrátu, foto: D. Filip)



Obrázek 9: Vzor měření rostlin (autor: D. Filip)

Rostliny z každého opakování byly dále vloženy do polypropylenových sáčků k lyofilizaci pro následné měření chlorofylů a karotenoidů.

3.4 Měření chlorofylů a karotenoidů

Použitý materiál a přístroje:

- Analytická váha Mettler Toledo – model: ML54
- Laboratorní centrifuga Centrifuga Rotina 420R HET 4790
- Termoblok ThermoStat plus – eppendorf 1,5 ml
- Vortex genie 2
- Spektrofotometr CHROM Biomate 5
- Třecí miska
- Automatická pipeta
- Eppendorfky
- Kyvety
- Lyofilizovátor
- DMSO (Dimethylsulfoxid)

Zlyofilizované vzorky microgreens byly následně samostatně rozetřeny v třecí misce na prach. Z rozetřeného vzorku bylo odváženo množství v rozmezí 20-35 μg do připravené eppendorfky (údaj ke každému vzorku byl zaznamenán pro pozdější výpočet), kam byl následně přidán 1 ml DMSO. Takto připravený vzorek se vložil do termobloku na 60 min při teplotě 60 $^{\circ}\text{C}$. Následně byly eppendorfky se vzorky centrifugovány 10 min při 7000 rpm. Vzniklý supernatant byl 20 x zředěn a měřen v uzavřených kyvetách na spektrofotometru při vlnových délkách 665, 649, 480 nm (Obr. 10).



Obrázek 10: Část vzorků připravených k měření na spektrofotometru (foto: D. Filip)

4 Výsledky a diskuze

4.1 Výnosové prvky

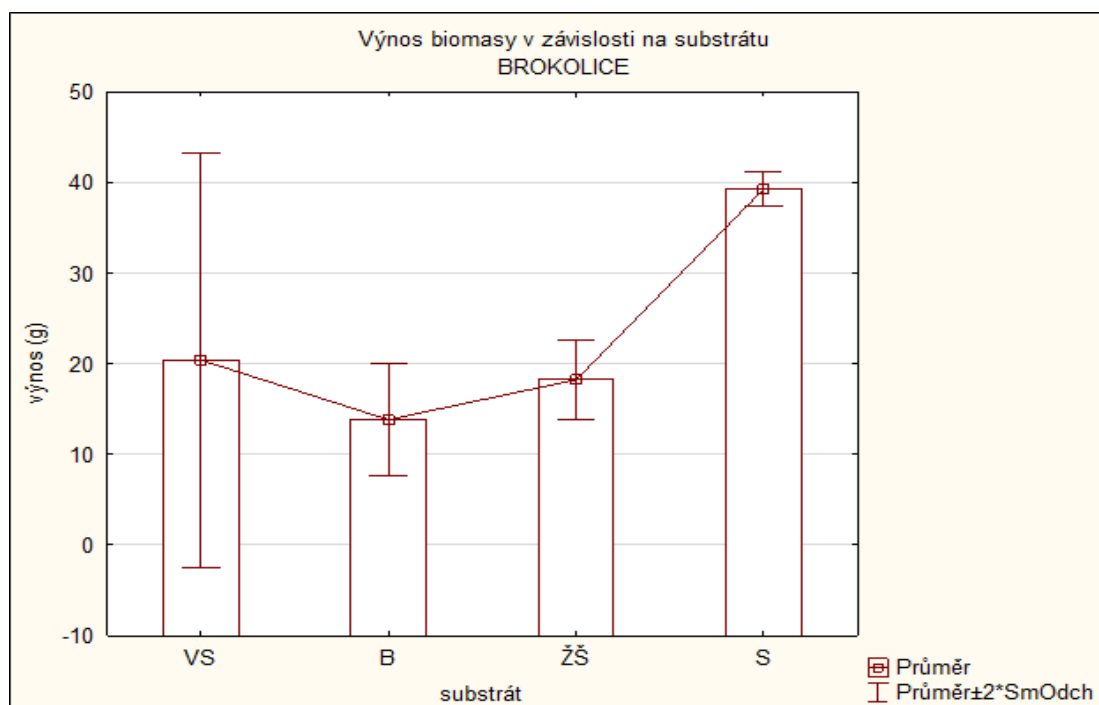
Výnos nadzemní biomasy

Vliv pěstebního substrátu na výnos nadzemní biomasy microgreens shrnuje Tab. 2. Provedená analýza ANOVA ($p < 0,05$) ukázala průkazně vyšší výnos biomasy microgreens pěstovaných na zahradnickém substrátu (S) oproti ostatním substrátům (VS – výsevni substrát, ŽŠ – bavlněný substrát ovlhčený žížalí št'ávou, B – bavlněný substrát jako kontrola). Rozdíly mezi výnosy jednotlivých rostlin a substrátů ukazují následující Grafy 1, 2 a 3.

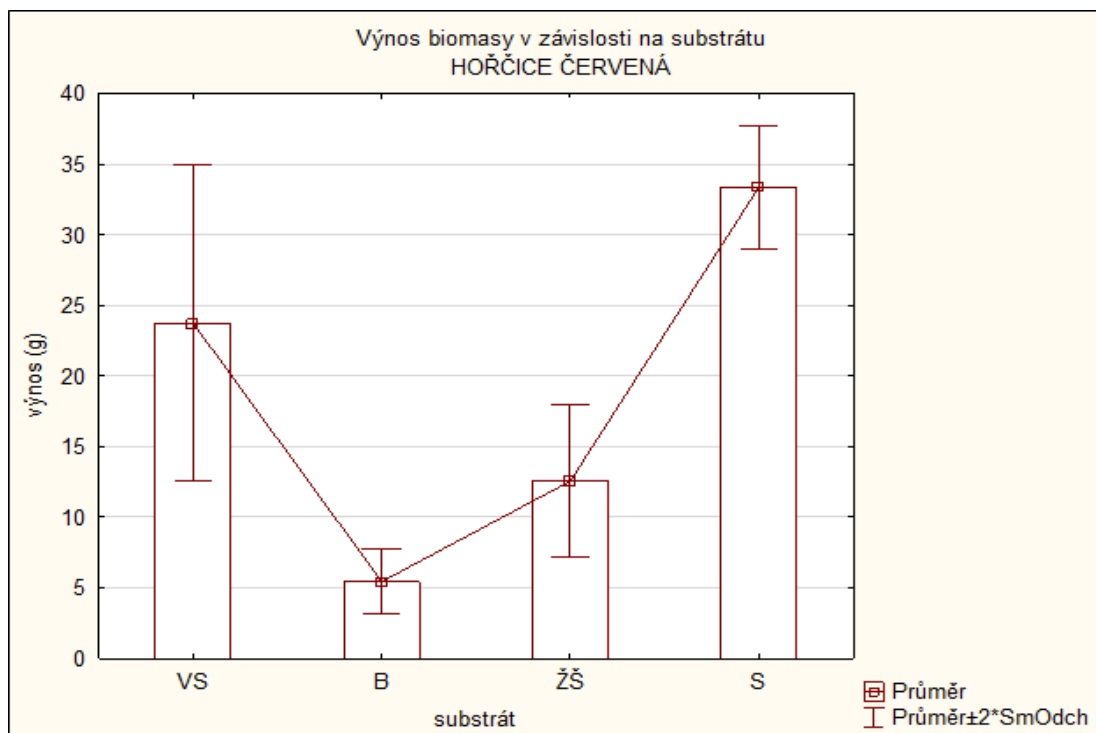
Tabulka 2: Závislost výnosu nadzemní biomasy na použitém substrátu (\pm SD)

substrát	výnos biomasy (g)		
	brokolice	hořčice červená	hořčice bílá
VS	20,42 \pm 6,62 a	23,75 \pm 3,24 a	22,12 \pm 1,22 b
B	13,85 \pm 1,77 a	5,44 \pm 0,67 a	14,35 \pm 1,01 a
ŽŠ	18,24 \pm 1,28 a	12,56 \pm 1,54 a	16,58 \pm 0,28 a
S	39,32 \pm 0,53 b	33,36 \pm 1,25 b	32,67 \pm 1,33 c

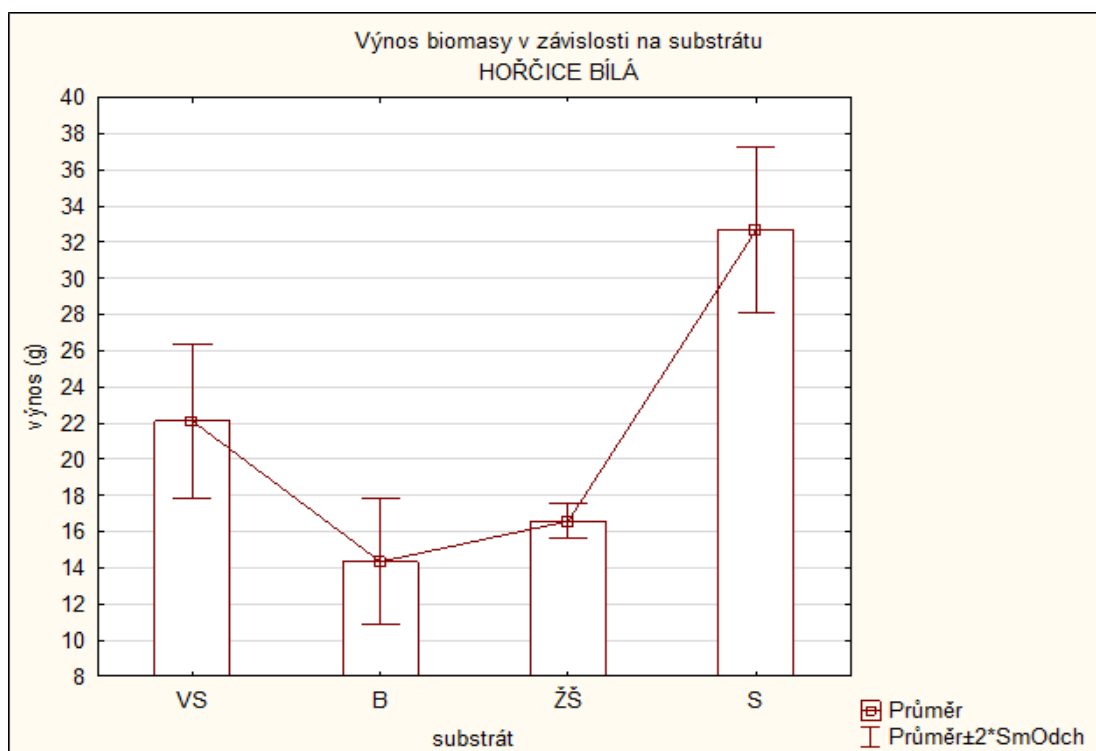
a, b, c – statisticky průkazné rozdíly mezi variantami ve sloupcích
SD – směrodatná odchylka



Graf 1: Závislost výnosu nadzemní biomasy na použitém substrátu u brokolice raab



Graf 2: Závislost výnosu nadzemní biomasy na použitém substrátu u hořčice červené



Graf 3: Závislost výnosu nadzemní biomasy na použitém substrátu u hořčice bílé

Výsledky pěstování na substrátu S ukazují vyrovnanost a také nejvyšší sklizeň biomasy. Substrát VS vykazoval nestálost tvorby biomasy, ale vyšší výnosy než B/ŽŠ. Bavlna obohacená o žížalí štávu (ŽŠ) vedla k výraznějším výnosům biomasy než B.

Ve studii provedené Gunjal et al. (2024) se uvádí, že pěstební média jsou zásadní pro růst a vývoj microgreens, a jakékoli modifikace substrátu budou mít důležitý účinek jak na nutriční hodnotu, tak na morfologické vlastnosti microgreens. Vybrané microgreens pěstované ve dvou různých rostoucích substrátech (zemina a kokos) vykazovaly významný vliv substrátu na jejich parametry kvality. Studie také uvádí, že celkově bylo pěstitelské médium na bázi kokosu nejúčinnějším pěstebním médiem pro kultivaci microgreens, což vedlo ke zvýšení růstu rostlin, výnosu, výživy, biochemického složení a antioxidační aktivity. Studie rovněž zdůrazňuje významné variace ve výšce, šířce a délce listů microgreens v závislosti na použitém pěstebním substrátu. (GUNJAL et al., 2024)

Délka listové plochy

Ve všech případech rostliny dosahovaly delší listové plochy při pěstování na VS a S oproti B a ŽŠ. Zároveň tyto dvě skupiny dosahovaly podobných výsledků.

Tabulka 3: Průměrná délka listové plochy v závislosti na pěstebním substrátu a pěstovaných rostlinách (\pm SD)

substrát	délka listové plochy (mm)		
	brokolice	hořčice červená	hořčice bílá
VS	14,00 \pm 0,14 b	12,58 \pm 0,36 b	13,33 \pm 1,33 a
B	8,42 \pm 0,22 a	7,91 \pm 0,08 a	9,42 \pm 1,01 a
ŽŠ	8,25 \pm 0,14 a	6,00 \pm 0,14 a	11,42 \pm 0,36 a
S	13,50 \pm 1,64 b	12,25 \pm 1,23 b	20,33 \pm 0,94 b

^{a, b, c} – statisticky průkazné rozdíly mezi variantami ve sloupcích

SD – směrodatná odchylka

Šířka listové plochy

Nejširší listy byly naměřeny u všech microgreens pěstovaných na zahradnickém substrátu (S).

Tabulka 4: Průměrná šířka listové plochy v závislosti na pěstebním substrátu a pěstovaných rostlinách (\pm SD)

substrát	šířka listové plochy (mm)		
	brokolice	hořčice červená	hořčice bílá
VS	8,42 \pm 0,22 b	8,50 \pm 0,90 ab	9,50 \pm 0,58 ab
B	4,75 \pm 0,14 a	6,25 \pm 0,14 ab	6,50 \pm 0,14 a
ŽŠ	4,83 \pm 0,30 a	5,92 \pm 0,08 a	7,42 \pm 0,17 a
S	8,75 \pm 0,72 b	8,67 \pm 0,71 b	12,42 \pm 1,46 b

^{a, b, c} – statisticky průkazné rozdíly mezi variantami ve sloupcích

SD – směrodatná odchylka

Výška rostlin

V případě průměrné výšky rostlin byl výsledek obdobný jako u předešlých hodnocení. S substrát dosáhl nejvyšších hodnot u všech pěstovaných rostlin. Nejnižší porost se tvořil na B a ŽŠ.

Tabulka 5: Průměrná výška rostliny v závislosti na pěstebním substrátu a pěstovaných rostlinách (\pm SD)

substrát	délka stonku (mm)		
	brokolice	hořčice červená	hořčice bílá
VS	40,50 \pm 0,73 ab	30,75 \pm 0,38 a	33,25 \pm 2,08 b
B	36,17 \pm 0,73 b	18,33 \pm 0,22 b	24,00 \pm 0,63 a
ŽŠ	34,83 \pm 0,44 a	25,00 \pm 1,44 a	27,00 \pm 0,88 a
S	45,25 \pm 2,50 b	37,58 \pm 2,14 c	34,50 \pm 1,04 b

^{a, b, c} – statisticky průkazné rozdíly mezi variantami ve sloupcích

SD – směrodatná odchylka

Můžeme tedy říci, že ve všech hodnotících kritériích, dosáhl substrát S suverénně nejlepších výsledků, ať už se to týkalo výnosu nadzemní biomasy, listové plochy či výšky porostu. Naopak nejhorších výsledků se dosáhlo na B bez použití hnojiva. Za dosažení nejhorších výsledků v tvorbě biomasy na substrátu B definitivně stojí absence potřebných živin. Substrát ŽŠ, který oproti B má poměrně malé počáteční množství živin ve formě hnojiva z žížalí šřávy ovšem stačil k vyšším výnosům biomasy a obdobným výsledkům u listové plochy a výšky rostlin. VS substrát podobný S dopadl o něco hůře než S, což přisuzuji rozdílnému složení pěstebního substrátu.

4.2 Obsah chlorofylů a karotenoidů

Tabulka 6: Obsah chlorofylů a karotenoidů v nadzemní biomase u brokolice v závislosti na pěstebním substrátu (\pm SD)

BROKOLICE			
substrát	chlorofyl_a ($\mu\text{g/g SV}$)	chlorofyl_b ($\mu\text{g/g SV}$)	karotenoidy ($\mu\text{g/g SV}$)
VS	5143,02 \pm 57,18 a	1698,81 \pm 32,84 a	826,17 \pm 4,45 a
B	3061,62 \pm 18,55 b	1558,80 \pm 82,03 a	576,60 \pm 4,50 b
ŽŠ	2998,02 \pm 7,57 b	1845,53 \pm 34,35 a	585,84 \pm 11,69 b
S	7146,25 \pm 436,66 c	2219,28 \pm 96,99 b	1087,43 \pm 62,32 c
	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05

a, b, c – statisticky průkazné rozdíly mezi variantami ve sloupcích

SD – směrodatná odchylka

SV – suchá váha

Největší množství chlorofylu a bylo zjištěno na substrátu S s průkazným rozdílem. Nejmenší množství, téměř shodné, bylo u B a ŽŠ. Obdobný výsledek panoval i při množství chlorofylu b a karotenoidů v nadzemní biomase brokolice.

Tabulka 7: Obsah chlorofylů a karotenoidů v nadzemní biomase u hořčice červené v závislosti na pěstebním substrátu (\pm SD)

HOŘČICE ČERVENÁ			
substrát	chlorofyl_a ($\mu\text{g/g SV}$)	chlorofyl_b ($\mu\text{g/g SV}$)	karotenoidy ($\mu\text{g/g SV}$)
VS	5151,10 \pm 112,87 a	1698,81 \pm 32,84 a	589,84 \pm 10,86 a
B	5024,38 \pm 198,62 a	1558,80 \pm 82,03 a	773,21 \pm 17,81 b
ŽŠ	6045,16 \pm 120,94 b	1845,53 \pm 34,35 a	883,30 \pm 40,21 c
S	6943,17 \pm 184,42 c	2219,28 \pm 97,00 b	936,09 \pm 14,87 c
	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05

a, b, c – statisticky průkazné rozdíly mezi variantami ve sloupcích

SD – směrodatná odchylka

SV – suchá váha

Zjištěné množství chlorofylu a u hořčice červené bylo nejvyšší u S, naopak nejnižších hodnot dosahovalo u VS a B. Podobný výsledek byl zjistitelný i u chlorofylu b a karotenoidů. Patrná je rozdílná reakce hořčice červené na hnojivo u ŽŠ, kdy dosahovala vyšších hodnot než VS, který byl u brokolice vždy na druhém místě.

Tabulka 8: Obsah chlorofylů a karotenoidů v nadzemní biomase u hořčice bílé v závislosti na pěstebním substrátu (±SD)

HOŘČICE BÍLÁ			
substrát	chlorofyl_a (µg/g SV)	chlorofyl_b (µg/g SV)	karotenoidy (µg/g SV)
VS	5449,21 ± 671, 91 a	1730,26 ± 220,14 a	637,08 ± 55,93 ab
B	5319,54 ± 70,67 a	1603,40 ± 75,86 a	595,90 ± 6,24 a
ŽŠ	5831,45 ± 301,10 a	1774,39 ± 78,22 a	689,96 ± 46, 71 ab
S	5889,09 ± 174,25 a	1950,28 ± 99,12 a	786,21 ± 10,03 b
	p > 0,05	p > 0,05	p < 0,05

a, b, c – statisticky průkazné rozdíly mezi variantami ve sloupcích

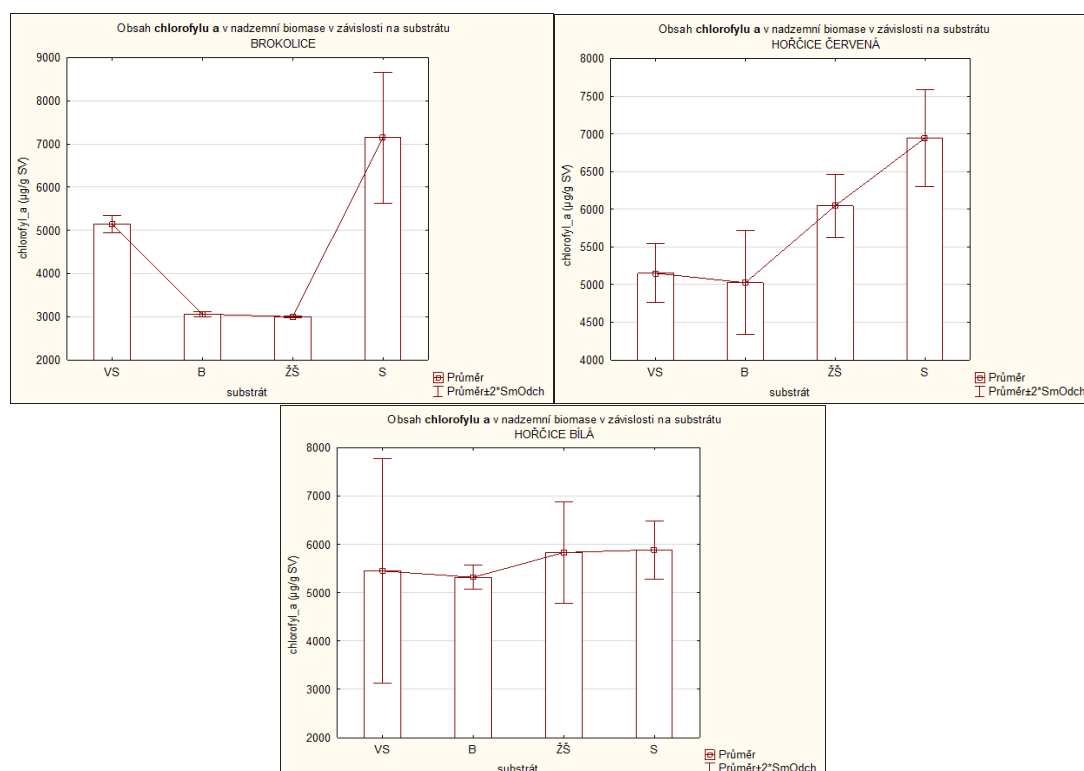
SD – směrodatná odchylka

SV – suchá váha

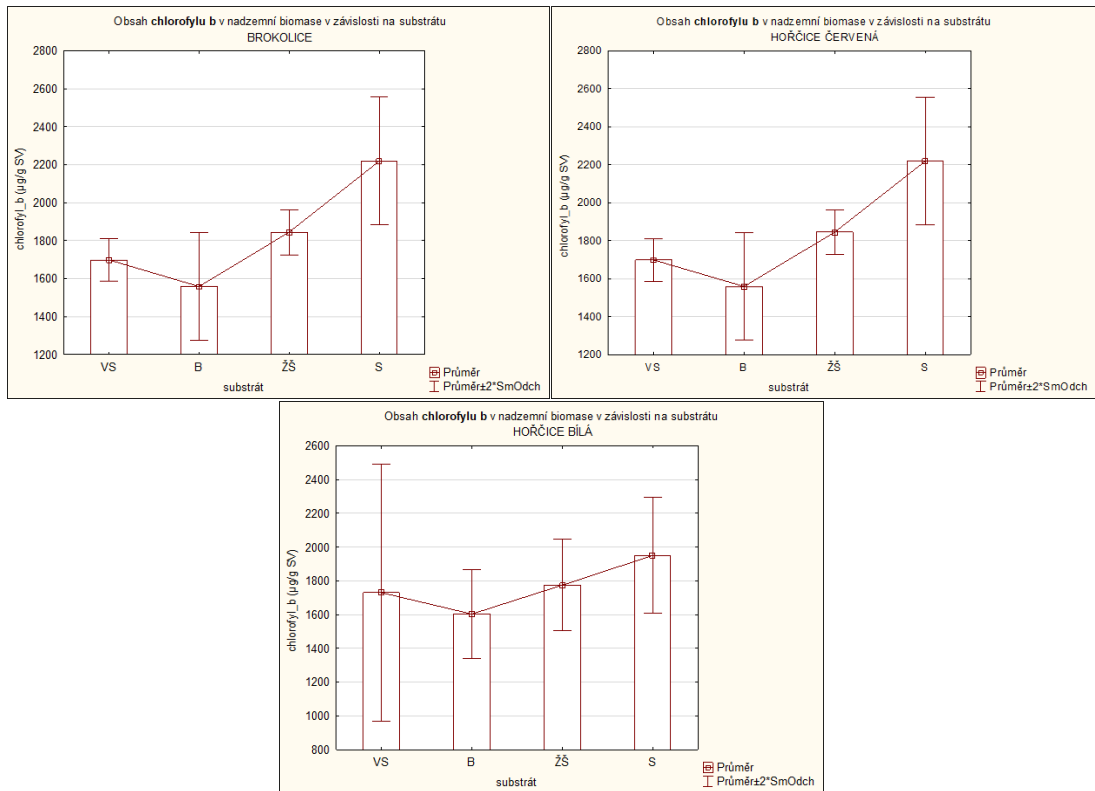
Hořčice bílá také reagovala na substráty jinak než předešlé rostliny kdy, u chlorofylu a a b je neprůkazný rozdíl. Mírný nárůst karotenoidů byl zaznamenán u substrátu S, kde byl jako jediný průkazný rozdíl. Studie Gunjal et al. (2024) rovněž konstatuje, že různá pěstební média vykazují podstatné rozdíly v obsahu chlorofylů a karotenoidů v rámci vybraných botanických rodin microgreens.

Následující grafy reprezentují získaná data z měření chlorofylu a, chlorofylu b a karotenoidů v závislosti na pěstebním substrátu u jednotlivých rostlin. Grafy jsou rozděleny podle typu měřeného barviva.

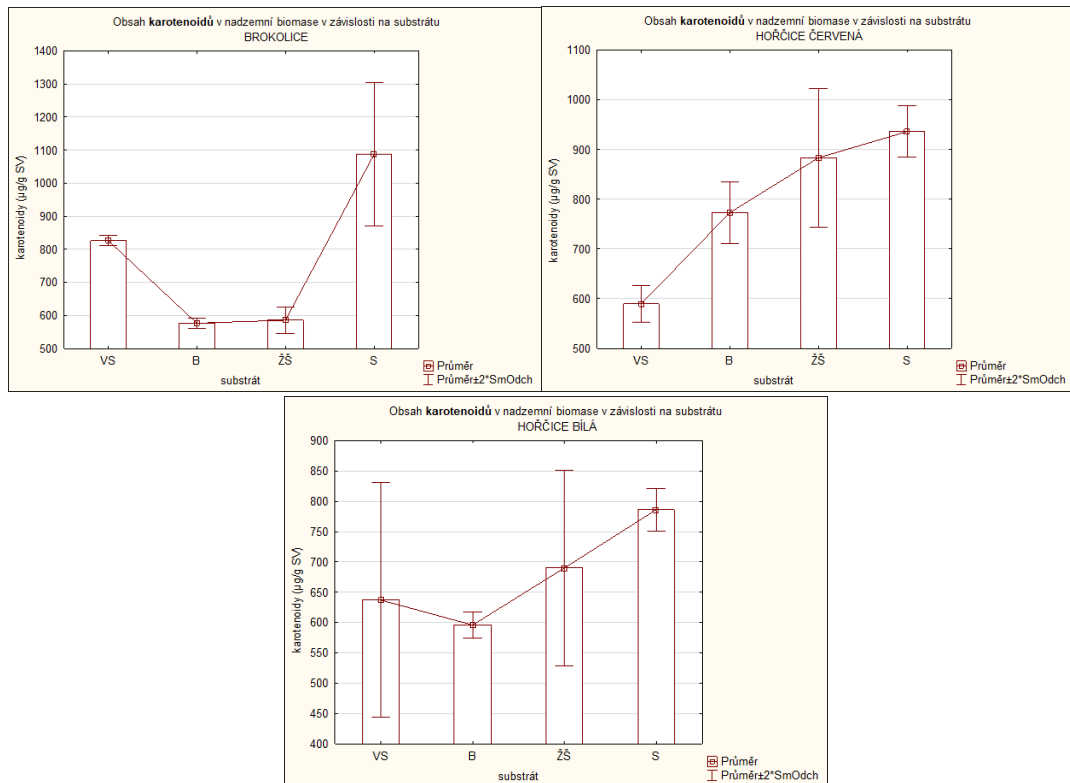
Chlorofyl a:



Chlorofyl b:



Karotenoidy:



4.3 Ekonomické zhodnocení

Tato kapitola porovnává finanční náročnost produkce jednotlivých druhů rostlin microgreens na použitých pěstebních substrátech. Ceny semen jsou brány z internetového portálu www.growmarket.cz (ANONYM 16, c2018 – 2024). Ceny pěstebních substrátů jsou pak brány z webové stránky www.heureka.cz (ANONYM 15, c2007 – 2024).

Ceny substrátů:

Agro substrát výsev a množení	100 Kč / 20 l
Agro CS Natura Substrát pro celou zahradu	165,29 Kč / 50 l
Bavlna	75 Kč / 200 g
Žížalí štáva	109 Kč / 1 l

Ceny semínek:

Brokolice raab	75 Kč/ 100 g
Hořčice červená	99 Kč/ 100 g
Hořčice bílá	50 Kč / 50 g

Cena za jednotku:

Agro substrát výsev a množení	5 Kč / 1 l
Agro CS Natura Substrát pro celou zahradu	3,3 Kč / 1 l
Bavlna	0,375 Kč / 1 g
Žížalí štáva	0,109 Kč / 1 ml

Ceny semínek:

Brokolice raab	0,75 Kč/ 1 g
Hořčice červená	0,99 Kč/ 1 g
Hořčice bílá	1 Kč / 1 g

Množství použitého substrátu na jednu misku:

válec – Petriho miska o průměru 18,9 cm a výška použitého substrátu 1 cm

$$\pi \frac{d}{2} v = \pi \frac{18,9}{2} 1 = 280,5 \text{ cm}^3 \cong 0,28 \text{ l}$$

Agro substrát výsev a množení	1,4 Kč / 0,28 l
Agro CS Natura Substrát pro celou zahradu	0,924 Kč / 0,28 l
Váha použité bavlny z pokusů byla zhruba 13 g	4,875 Kč / 13 g

Množství použitého hnojiva z žížalí šťávy bylo zhruba 60 ml

Při ředění v poměru 1:12 – žížalí šťáva:voda, pak bylo použito pouze 5 ml hnojiva. 0,545 Kč / 5 ml

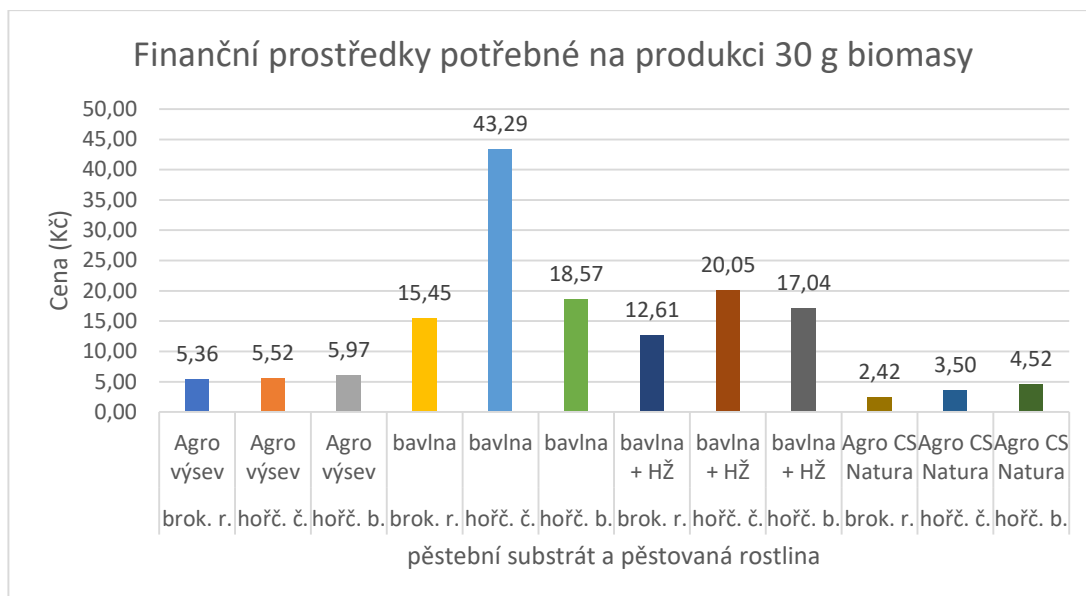
Ceny semínek na misku:

Brokolice raab	2,25 Kč / 3 g
Hořčice červená	2,97 Kč / 3 g
Hořčice bílá	4 Kč / 4 g

Tabulka 9: Finanční prostředky potřebné na pěstební substrát a semena na jednu Petriho misku

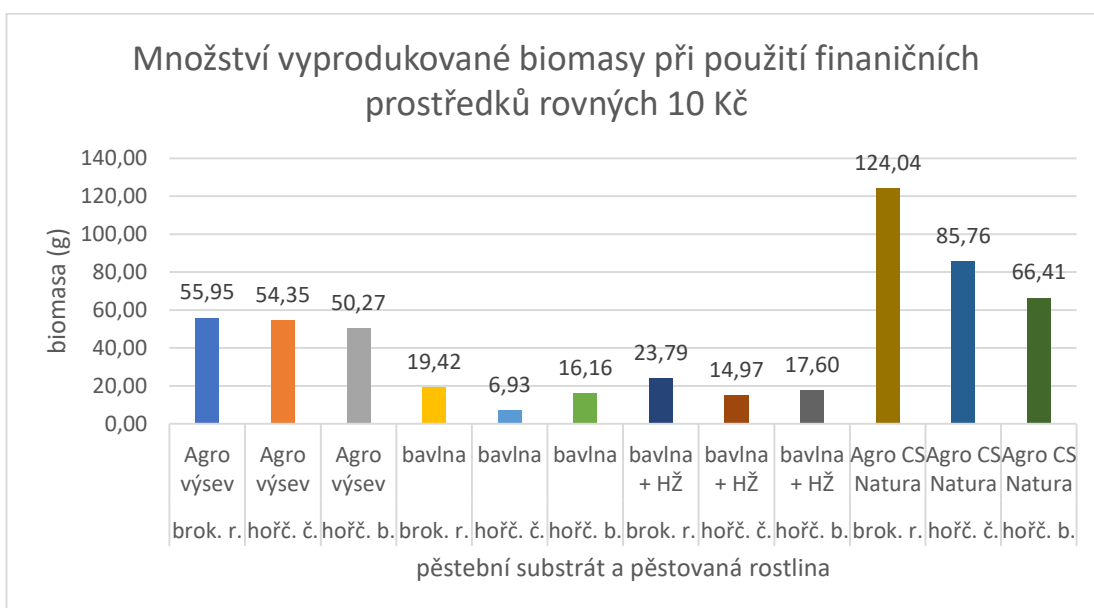
	Brokolice raab	Hořčice červená	Hořčice bílá
Agro výsev	3,65 Kč	4,37 Kč	5,40 Kč
Agro CS Natura	3,17 Kč	3,89 Kč	4,92 Kč
Bavlna	7,13 Kč	7,85 Kč	8,88 Kč
Bavlna + HŽ	7,67 Kč	8,39 Kč	9,42 Kč

Cena v tabulce reprezentuje finanční náklady spojené s množstvím použitého substrátu a hmotností vysetých semen. Z tabulky lze vyčíst značný nárůst potřebných finančních prostředků potřebných na zasetí jedné petriho misky.



Graf 4: Finanční prostředky potřebné na produkci 30 g biomasy

Z grafu je jednoznačně pozorovatelné, že nejdražší pěstování rostlin je na bavlně. Zároveň zde není tak pozorovatelný rozdíl při použití hnojiva z žížalí šťávy. Pěstování na Agro výsevu či na Agro CS Natura je tedy o poznání levnější.



Graf 5: Množství vyprodukované biomasy při finančních prostředcích 10 Kč

Zde je patrná suverenita substrátu Agro CS Natura, který dosáhl o poznání lepších výsledků než jakýkoli jiný substrát. Částečně se mu blížil substrát Agro výsev, ale ani ten nedosáhl na spodní hranici Agro CS Natura. Na druhou stranu stojí za zmínku konzistence výnosu biomasy u jednotlivých rostlin u pěstebního substrátu Agro výsev.

Závěr

Předložená bakalářská práce shrnuje dosavadní poznatky o pěstování rostlin microgreens. Důraz je kladen na jejich základní charakteristiku, nutriční hodnoty, druhy rostlin vhodné k jejich pěstování a také na jejich výnosové prvky. V experimentální části je testován vliv vybraných substrátů (zahradnický substrát Agro CS Natura, výsevní substrát Agro výsev a množení, bavlna a bavlna obohacená o živiny z žížalí šťávy) na výnos nadzemní biomasy, velikost listové plochy a obsah rostlinných barviv u vybraných 3 rostlin pěstovaných formou microgreens. Výsledky ukázaly, že nejlepších výsledků bylo dosaženo na zahradnickém substrátu, naopak dle očekávání nejhorších výsledků se dosáhlo na kontrolním substrátu bavlně. Z ekonomického hlediska se nejefektivněji jeví pěstování microgreens na zahradnickém substrátu Agro CS Natura.

Seznam použité literatury

ANONYM 1, b. r. MICROGREENS AND SPROUTS ARE NOT THE SAME THING. [online]. [cit. 2023-12-05]. Dostupné z: <https://www.urbancultivator.net/microgreens-vs-sprouts/>

ANONYM 2, 2000. Biomasa. [online]. [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: <https://www.cojeco.cz/biomasa-ekologie>

ANONYM 3, 2020. What is biomass? [online]. [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: <https://www.drax.com/sustainable-bioenergy/what-is-biomass/>

ANONYM 4, 2023. Microgreens: Nejchutnější klíčky a co z nich uvařit [online]. [cit. 2024-01-11]. Dostupné z: <https://www.growmarket.cz/a/microgreens-nejchutnejsi-klicky-a-co-z-nich-uvarit>

ANONYM 5, 2017. Raw Kidney Beans [online]. [cit. 2024-01-11]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20170704042742/http://extension.psu.edu/food/preservation/faq/raw-kidney-beans>

ANONYM 6, 2015. BBB - Phytohaemagglutinin [online]. [cit. 2024-01-11]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20170310134645/https://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/CausesOfIllnessBadBugBook/ucm071092.htm>

ANONYM 7, b. r. Brokolice Raab, semínka ke klíčení a pro pěstování Microgreens [online]. [cit. 2024-01-12]. Dostupné z: <https://www.chiligrowshop.cz/p/425/brokolice-raab-seminka-pro-pestovani-microgreens-100-g>

ANONYM 8, c2018 - 2024. Hořčice červená na microgreens [online]. [cit. 2024-01-12]. Dostupné z: <https://www.growmarket.cz/p/horcice-cervena-na-microgreens-50-g#>

ANONYM 9, c2018 - 2024. Hořčice bílá na microgreens [online]. [cit. 2024-01-12]. Dostupné z: <https://www.growmarket.cz/p/horcice-bila-na-microgreens-50-g>

ANONYM 10, c2024. AGRO CS Substrát pro výsev a množení [online]. [cit. 2024-01-15]. Dostupné z: <https://www.zznhp.cz/e-shop/5724-agro-cs-substrat-pro-vysev-a-mnozeni-20-l>

ANONYM 11, c2024. Žížalí čaj [online]. [cit. 2024-02-19]. Dostupné z: <https://www.nakliceno.cz/zizali-caj/>

ANONYM 12, b. r. Bavlna - Cotton - Baumwolle - aneb co jste možná nevěděli. [online]. [cit. 2024-02-19]. Dostupné z: <https://www.vesna.cz/bavlna-cotton-baumwolle-aneb-co-jste-mozna-nevedeli>.

ANONYM 13, c2024. NATURA Substrát pro celou zahradu [online]. [cit. 2024-03-01]. Dostupné z: <https://www.zahradnictvirysanek.cz/natura-substrat-pro-celou-zahradu-50l/>

ANONYM 14, c2018 – 2022. Brokolice Raab na microgreens [online]. [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://www.growmarket.cz/p/brokolice-raab-na-microgreens-100-g>

ANONYM 15, c2007 – 2024. Heureka [online]. [cit. 2024-02-19]. Dostupné z: <https://www.heureka.cz/>

ANONYM 16, c2018 – 2024. Growmarket.cz [online]. [cit. 2024-02-20]. Dostupné z: <https://www.growmarket.cz/>

BENINCASA et al., 2019. Sprouted Grains: A Comprehensive Review. *Nutrients* [online]. 11(2) [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: doi:10.3390/nu11020421

CARTEA et al., 2011. Phenolic Compounds in Brassica Vegetables. *Molecules* [online]. 16(1), 251-280 [cit. 2024-03-21]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.3390/molecules16010251>

DOLAN et al., 2010. Naturally occurring food toxins. *Toxins (Basel)* [online]. 2(9) [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: doi:10.3390/toxins2092289

DVOŘÁKOVÁ K., 2023. Microgreens: svěží a antioxidanty nabité výhonky, které lahodí nejen oku [online]. [cit. 2024-01-11]. Dostupné z: <https://aktin.cz/microgreens-svezi-a-antioxidanty-nabite-vyhonky-ktere-lahodi-nejen-oku>

ENGLER et al., 2021. Review of energy efficiency in controlled environment agriculture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110786>

GUNJAL et al., 2024. Comparative analysis of morphological, nutritional, and bio-active properties of selected microgreens in alternative growing medium. *South African Journal of Botany* [online]. 165, 188-201 [cit. 2024-04-14]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.12.038>

HANIČINEC M., 2023. Je riskatní jíst a pěstovat microgreens doma? [online]. [cit. 2024-01-11]. Dostupné z: <https://rostlinnavyroba.cz/2023/02/27/je-riskatni-jist-a-pes-tovat-microgreens-doma/>

HESLOP-HARRISON J., 2024. Germination. *Encyclopedia Britannica* [online]. [cit. 2024-01-08]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/germination>

CHAMBIAL et al., 2013. Vitamin C in disease prevention and cure: An overview. *Indian Journal of Clinical Biochemistry* [online]. 28(4), 314 - 328 [cit. 2024-03-21]. Dostupné z: doi:[10.1007/s12291-013-0375-3](https://doi.org/10.1007/s12291-013-0375-3)

CHOE et al., 2018. The Science behind Microgreens as an Exciting New Food for the 21st Century. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 66(44), 11519-11530 [cit. 2024-03-21].

JIN et al., 2010. Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. *Molecules* [online]. 15(10), 7313-7352 [cit. 2024-03-21]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.3390/molecules15107313>

KHOO et al., 2011. Carotenoids and Their Isomers: Color Pigments in Fruits and Vegetables. *Molecules* [online]. 16(2), 1710-1738 [cit. 2024-03-21]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.3390/molecules16021710>

KOZAI T., 2020. *Plant Factory* [online]. 2nd ed. Elsevier Science Publishing [cit. 2023-12-06]. ISBN 978-0-12-816691-8.

KUMAR et al., 2023. Sneak-peek into the chlorophyll content, antioxidant activity, targeted and non-targeted UHPLC-QTOF LC/MS metabolomic fingerprints of pulse microgreens grown under different photoperiod regimes. *Food Bioscience* [online]. 52(102506) [cit. 2023-12-01]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102506>

KURIAN et al., 2020. Assessment of variation in nutrient concentration and antioxidant activity of raw seeds, sprouts and microgreens of *Vigna radiata*(L.) Wilczek and *Cicer arietinum* L. INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENCE AND TECHNOLOGY OF ADVANCED MATERIALS: STAM 20 [online]. [cit. 2024-01-08]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1063/5.0018781>

LARREA et al., 2014. Plants, Poisonous (Animals). Encyclopedia of Toxicology (Third Edition) [online]. 960-969 [cit. 2023-12-05]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386454-3.00462-0>

LI et al., 2023. Improved metabolomic approach for evaluation of phytochemicals in mustard, kale, and broccoli microgreens under different controlled environment agriculture conditions. *Journal of Agriculture and Food Research* [online]. [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100719>

MCAULIFFE L., 2023. Solanine Poisoning: A Plant Toxin You Should Know About. Doctorkiltz [online]. [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: <https://www.doctorkiltz.com/solanine-poisoning/>

PINTO et al., 2015. Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 37, 38-43 [cit. 2024-03-21]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.06.018>

RICHMOND J., 2021. How Plants Use Water. Extension [online]. [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: <https://extension.wvu.edu/lawn-gardening-pests/news/2021/03/01/how-plants-use-water>

RODRIGUEZ-AMAYA D. B., 2015. 2 - Carotenes and xanthophylls as antioxidants. *Handbook of Antioxidants for Food Preservation* [online]. 17-50 [cit. 2024-03-21]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-089-7.00002-6>

SÁNCHEZ E., 2023. Growing Microgreens [online]. [cit. 2024-01-10]. Dostupné z: <https://extension.psu.edu/growing-microgreens>

SMYTH D., 2022. How Does Water Affect Plants? Ehow [online]. [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: https://www.ehow.com/how-does_4913636_water-affect-plants.html

ŠEBÁNEK J., Klíčení. In: MAREČEK, František, ed. *Zahradnický slovník naučný*. 3, CH–M. 1. vyd. Praha: ÚZPI, 1994, s. 171. ISBN 80-85120-62-3.

ŠIKL R., 2012. In: *Zrakové vnímání* [online]. 1. Grada [cit. 2024-01-08]. ISBN 978-80-247-3029-5.

TAIZ et al., 2002. *Plant Physiology* [online]. 3rd ed. Sinauer Associates [cit. 2024-01-08]. ISBN 0878938230.

TUMER N. E., 2015. Introduction to the Toxins Special Issue on Plant Toxins. *Toxins (Basel)* [online]. 7(11), 4503-4506 [cit. 2023-12-05]. Dostupné z: doi:10.3390/toxins7114503

WELCH et al., 2012. The good and the bad of poisonous plants: an introduction to the USDA-ARS Poisonous Plant Research Laboratory. *J Med Toxicol* [online]. 8(2) [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: doi:doi:10.1007/s13181-012-0215-5

WOJDYŁO et al., 2020. Sprouts vs. Microgreens as Novel Functional Foods: Variation of Nutritional and Phytochemical Profiles and Their In Vitro Bioactive Properties. *Molecules* [online]. 25(20), 4648 [cit. 2023-12-01]. Dostupné z: doi:10.3390/molecules25204648

XIAO et al., 2012. Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: Edible microgreens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 60(31), 7644 - 7651 [cit. 2024-03-21]. Dostupné z: doi:10.1021/jf300459b

YADAV et al., 2019. Document details - Antioxidant Potentiality and Mineral Content of Summer Season Leafy Greens: Comparison at Mature and Microgreen Stages Using Chemometric. *Agricultural Research* [online]. 165-175 [cit. 2023-12-10]. Dostupné z: doi:10.1007/s40003-018-0378-7

ZHANG et al., 2021. Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture. *Journal of Future Foods* [online]. 1(1), 58-66 [cit. 2023-12-05]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2021.07.001

Seznam obrázků

Obrázek 1: Microgreens v předsklizňové fázi – špenát (foto: D. Filip).....	10
Obrázek 2: Sójové klíčky (zdroj: srecepty.cz, c2023)	10
Obrázek 3: Založené rostliny ve fytotronu (foto: D. Filip).....	27
Obrázek 4: Brokolice na substrátu VS (foto: D. Filip)	28
Obrázek 5: Brokolice na substrátu B (foto: D. Filip).....	28
Obrázek 6: Brokolice na substrátu ŽŠ (foto: D. Filip).....	28
Obrázek 7: Brokolice na substrátu S (foto: D. Filip)	28
Obrázek 8: Vážení sklizených rostlin microgreens (brokolice na výsevním substrátu, foto: D. Filip)	29
Obrázek 9: Vzor měření rostlin (autor: D. Filip)	29
Obrázek 10: Část vzorků připravených k měření na spektrofotometru (foto: D. Filip)	30

Seznam tabulek

Tabulka 1: Porovnání microgreens s klíčky.....	10
Tabulka 2: Závislost výnosu nadzemní biomasy na použitém substrátu (\pm SD)	31
Tabulka 3: Průměrná délka listové plochy v závislosti na pěstebním substrátu a pěstovaných rostlinách (\pm SD)	33
Tabulka 4: Průměrná šířka listové plochy v závislosti na pěstebním substrátu a pěstovaných rostlinách (\pm SD)	34
Tabulka 5: Průměrná výška rostliny v závislosti na pěstebním substrátu a pěstovaných rostlinách (\pm SD)	34
Tabulka 6: Obsah chlorofylů a karotenoidů v nadzemní biomase u brokolice v závislosti na pěstebním substrátu (\pm SD)	35
Tabulka 7: Obsah chlorofylů a karotenoidů v nadzemní biomase u hořčice červené v závislosti na pěstebním substrátu (\pm SD)	35
Tabulka 8: Obsah chlorofylů a karotenoidů v nadzemní biomase u hořčice bílé v závislosti na pěstebním substrátu (\pm SD)	36
Tabulka 9: Finanční prostředky potřebné na pěstební substrát a semena na jednu Petriho misku	39

Seznam grafů

Graf 1: Závislost výnosu nadzemní biomasy na použitém substrátu u brokolice raab	31
Graf 2: Závislost výnosu nadzemní biomasy na použitém substrátu u hořčice červené	32
Graf 3: Závislost výnosu nadzemní biomasy na použitém substrátu u hořčice bílé ..	32
Graf 4: Finanční prostředky potřebné na produkci 30 g biomasy.....	40
Graf 5: Množství vyprodukované biomasy při finančních prostředcích 10 Kč	40

Seznam použitých zkratk

A_{480} – hodnota měření při vlnové délce 480 nm

A_{649} – hodnota měření při vlnové délce 649 nm

A_{665} – hodnota měření při vlnové délce 665 nm

C_a – chlorofyl a

C_b – chlorofyl b

C_{x+c} – karotenoidy

DMSO – dimethylsulfoxid

SD – směrodatná odchylka

SV – suchá váha
