

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 / Zemědělské inženýrství
Studijní obor: Agroekologie – Ekologické zemědělství
Katedra: Katedra agroekosystémů
Vedoucí katedry: doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Příprava sadebního materiálu pro zakládání porostů
Silphium perfoliatum L.**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Bernas, Ph.D.

Autor bakalářské práce: Bc. Vít Langmaier

České Budějovice, 2020

Zadání

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH Zemědělská fakulta

Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Vít LANGMAIER
Osobní číslo: Z18010
Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství
Studijní obor: Agroekologie – Ekologické zemědělství
Téma práce: Příprava sadebního materiálu pro zakládání porostů *Silphium perfoliatum* L.
Zadávající katedra: Katedra agroekosystémů

Zásady pro vypracování

Cíl práce: V rámci experimentální práce zhodnotit možnosti přípravy sadebního materiálu pro zakládání porostů *Silphium perfoliatum* L.

1. Úvodní část- úvod do problematiky (rozsah 1 strana, bez literárních odkazů)
2. Literární přehled – sestavit literární přehled shrnující problematiku pěstování mužáku prorostlého (*Silphium perfoliatum* L.) (rozsah cca 50 % textové části DP)
3. Cíl práce a definice pracovních hypotéz (rozsah 1-2 strany)
4. Metodická část – podílet se na ošetřování porostů mužáku prorostlého (*Silphium perfoliatum* L.) v rámci polních pokusů, podílet se sběru dat, studium doporučené literatury a zpracování rešeršní části práce, zpracování experimentální části práce dle stanovených metod
5. Výsledková a diskusní část – zpracování experimentálních dat, zhodnocení způsobů přípravy sadebního materiálu *Silphium perfoliatum* L. pro účely produkce píce, vyhodnocení výsledků práce a srovnání výsledků s údaji dostupnými v literatuře (rozsah cca 50 % textové části DP)
6. Závěrečná část práce – shrnutí hlavních výsledků práce (doporučený rozsah 1-2 strany, bez citací)
7. Seznam citované literatury (minimálně 1/3 literárních pramenů ze zahraničních zdrojů – vědecké časopisy, knihy)

Rozsah pracovní zprávy: 40-50 stran včetně příloh
Rozsah grafických prací: dle potřeby (tabulky, grafy, fotografická příloha)
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

- Albrecht, K. A., & Goldstein, W. (1997, June). Silphium perfoliatum: A North American prairie plant with potential as a forage crop. In Conference June 8-19 Conference Year, Winnipeg (pp. 167-168).
- Gansberger, M., Montgomery, L. F., & Liebhard, P. (2015). Botanical characteristics, crop management and potential of Silphium perfoliatum L. as a renewable resource for biogas production: A review. *Industrial Crops and Products*, 63, 362-372.
- Haag, N. L., Nägele, H. J., Reiss, K., Biertümpfel, A., & Oechsner, H. (2015). Methane formation potential of cup plant (*Silphium perfoliatum*). *Biomass and Bioenergy*, 75, 126-133
- Slepetyš, J., Kadziuliene, Z., Sarunaitė, L., Tilvikiene, V., & Kryzeviciene, A. (2012). Biomass potential of plants grown for bioenergy production. In *Proceedings of the International Scientific Conference 'Renewable Energy and Energy Efficiency'* (pp. 66-72).
- Stanford, G. (1990, August). *Silphium perfoliatum* (cup-plant) as a new forage. In *Proceedings of the Twelfth North American Prairie Conference*, Cedar Falls, IA (pp. 33-37).
- Usták, S. (2012). Možnosti pěstování mužáku prorostlého *Silphium perfoliatum* L. pro výrobu bioplynu. *Metodika pro praxi*, Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 31 s. ISBN: 978-80-7427-099-4


Doporučené zdrojové databáze:

Organic eprints
SCOPUS
Scholar.google
WoS


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jaroslav Bernas, Ph.D.**
Katedra agroekosystémů

Datum zadání diplomové práce: **15. února 2019**
Termín odevzdání diplomové práce: **15. dubna 2020**


V Českých Budějovicích dne 11. března 2019



prof. Ing. Milošlav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA 
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentůvká 1868, 370 05 Česká Budějovice

L.S.



doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě, v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích.....2020

.....
Bc. Vít Langmaier, autor

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Ing. Jaroslavu Bernasovi, Ph.D. za odborné vedení, vstřícný přístup, trpělivost a podnětné návrhy k práci.

Abstrakt

Diplomová práce byla zaměřena na sledování klíčivosti osevního materiálu *Silphium perfoliatum* L. ve vybraných substrátech – minerální vata, perlit, výsevní substrát a křemičitý písek. Pro účely hodnocení klíčivosti byl využit specializovaný kultivační box, jehož nastavení parametrů simulovalo jarní podmínky. Nejvyšší průměrnou klíčivost vykazovalo osivo, které bylo sklíženo z pokusných parcel v plné zralosti. Jednalo se o hodnotu 34,4 %. Další typ osevního materiálu byl sklízen z porostů po přemrznutí a dosáhl 20,5% průměrné klíčivosti. Poslední typ osiva, pocházející z University of Bayreuth, byl také sklízen v plné zralosti, dosáhl však nejhorsích výsledků – 11,8 % průměrné klíčivosti. Součástí práce bylo ekonomické vyhodnocení zakládání porostu mužáku prorostlého. Dále byly popsány vybrané technické parametry a pořizovací náklady jednotlivých substrátů.

Klíčová slova: Mužák prorostlý, *Silphium perfoliatum*, klíčivost, osivo, výsadba, výsev

Abstract

The diploma thesis was focused on monitoring the germination of *Silphium perfoliatum* L. sowing material in selected substrates - mineral wool, perlite, sowing substrate and silica sand. For the purposes of germination evaluation was used specialized cultivation box, whose parameter settings simulated spring conditions. The highest average germination was shown by the seed, which was harvested from the experimental plots in full maturity. It was a value of 34,4 %. Another type of sowing material was harvested from the stands after freezing and reached 20,5% of the average germination. The last type of seed, originating from the University of Bayreuth, was also harvested in full maturity, but achieved the worst results – 11,8% of average germination. Part of the work was the economic evaluation of the establishment of a stand of cup-plant. Furthermore, selected technical parameters and acquisition costs of individual substrates were described.

Klíčová slova: Cup-plant, *Silphium perfoliatum* L., germination, seed, planting, sowing

Obsah

1. Úvod	8
2. Literární přehled	9
2.1 Netradiční rostliny v zemědělství	9
2.2 Vytrvalé rostliny a jejich energetické a krmivářské využití	11
2.3 Mužák prorostlý (<i>Silphium perfoliatum</i> L.).....	13
2.3.1 Základní přehled o rostlině	13
2.3.2 Problematika zakládání porostu mužáku prorostlého	15
2.4 Problematika sucha a možné reakce zemědělství.....	17
2.5 Environmentální benefity plynoucí z pěstování vytrvalých rostlin.....	19
2.5.1 Environmentální aspekty pěstování mužáku	20
2.6 Ekonomické aspekty pěstování mužáku prorostlého	23
3. Cíl práce	26
3.1 Hypotézy.....	26
4. Materiál a metodika	27
4.1 Příprava sadebního materiálu mužáku prorostlého	27
4.1.1 Charakteristika substrátů k předpěstování rostlin	28
4.1.2 Teplotní stratifikace.....	28
4.1.3 Kultivační box	29
5. Výsledky a diskuse	30
5.1 Experimentální část	30
5.2 Příprava sadby mužáku prorostlého	31
5.3 Průměrné hodnoty klíčivosti – substráty a osivo.....	34
5.4 Klíčivost mužáku prorostlého a jeho hodnoty v literatuře	35
5.5 Ekonomické vyhodnocení	36
6. Závěr	39
7. Seznam použité literatury	41
9. Přílohy	52

1. Úvod

Lidská civilizace se nachází v takovém bodu, kdy je nutné přehodnocení dosavadního vývoje. V posledních staletích je preferována představa neomezeného ekonomického bohatství. Náš svět je řízen honbou za ekonomickými zisky i přesto, že víme o omezených přírodních zdrojích, narušení ekosystémů a stále se zvyšující zátěži ovzduší, půdy a vodních zdrojů. Naléhavost přechodu k udržitelným způsobům hospodaření nutí k úsilí o využívání obnovitelných zdrojů. K nejvýznamnějším obnovitelným zdrojům surovin a energie patří fytomasa rostlin. I z tohoto hlediska se pozornost stále více obrací na vytrvalé, netradiční druhy rostlin, které vzbuzují zájem biologů a posléze zemědělců svými vlastnostmi a funkcemi. Všeobecně se nejčastěji jedná o mohutný nárůst fytomasy, nenáročnost na půdní a klimatické podmínky, odolnost k suchu či mrazům apod. Tyto rostliny mají své zastoupení i v oblasti pícninářství, jejichž krmná hodnota je v mnohých případech alespoň srovnatelná s nejlepšími tradičními krmnými plodinami. Alternativní rostliny svými vlastnostmi rozšiřují spektrum rostlinné produkce, obohacují osevní postupy a zlepšují přirozené regulační mechanismy půdy a porostů. Jednou z nejperspektivnějších plodin, která náleží do skupiny vytrvalých, netradičních rostlin, se řadí mužák prorostlý (*Silphium perfoliatum* L.). Tato statná bylina je výjimečná svojí vysokou ekologickou hodnotou, dlouhověkostí, všeobecnou nenáročností a vysokou odolností vůči nejextrémnějším vlivům klimatických podmínek. Své uplatnění shledává zejména v podobě cenného zdroje píce a suroviny pro produkci bioplynu. Jeho problematika však spočívá v oblasti zakládání porostu. Osivo vykazuje silnou fyziologickou dormanci, což má za následek nižší klíčivost. Předběžná a optimalizovaná ošetření osiva mužáku prorostlého mohou zvyšovat jeho nízkou klíčivost na 80–90 %. Přímý výsev s neošetřeným osivem je tedy považován za značně rizikový proces, proto je doporučována náročná a nákladná výsadba předpěstovaného sadebního materiálu

2. Literární přehled

2.1 Netradiční rostliny v zemědělství

Zatímco se v posledních letech rozšířily nové, hospodářsky významné kulturní rostliny, v dřívějších dobách hojně konzumované druhy z jídelníčku lidské populace téměř nebo zcela vymizely. Dochází tak, mimo jiné, ke zmenšování genetické variability hospodářských plodin (PEXOVÁ-KALINOVÁ, 2011). Hlavními příčinami byly jejich nízké výnosy, slabá prošlechtěnost, malovýrobní technologie, změny stravovacích zvyklostí obyvatelstva či široký konzum industriálně připravovaných potravin (PRUGAR et al., 2008). V posledních letech však začala růst snaha řídit se požadavky správné výživy, roste zájem o potraviny s nízkým obsahem energie a vyšší nutriční hodnotou. Jako zdroj takovýchto potravin se velmi dobře jeví různé netradiční plodiny. Jejich význam však nespočívá pouze ve zvýšení pestrosti stravy a její obohacení o nové typy výrobků s vyšší přidanou hodnotou pro trh, ale i v rozšíření spektra rostlinné produkce, obohacení osevních postupů a zlepšení přirozených regulačních mechanismů půdy a porostů (CAPOUCHOVÁ, 2014). Problémy vyplývající z nadvýroby zejména obilnin, předpokládané změny globálního klima i růst cen fosilní energie budou stále naléhavějším důvodem vedoucím k pěstování těchto plodin (POSPÍŠIL, 2011). Netradiční či alternativní rostliny lze definovat jako kulturní i nově šlechtěné druhy plodin, které nahrazují, rozšiřují a doplňují jejich stávající sortiment. Pojem alternativní potravinářské plodiny může být adekvátní termínu maloobjemové, vzhledem k jejich menšímu rozsahu pěstování a využití oproti hlavním, široce rozšířeným plodinám (MOUDRÝ et al., 2011). Jejich funkce spočívá ve formě alternativy k intenzivně pěstovaným plodinám, většinou silně hnojeným syntetickými hnojivy a nadměrně ošetřovaným pesticidy (PRUGAR et al., 2008). KALINOVÁ (2005) popisuje tyto plodiny jako zapomenuté kulturní druhy nebo druhy nově zaváděné, které jsou méně náročné na vstupy. To je předurčuje především pro ekologické a integrované systémy pěstování. Lze je směřovat do oblastí s limitovanými vstupy (chráněné krajinné oblasti, pásma ochrany vodních zdrojů) a do oblastí půdně a klimaticky méně příznivých pro běžné tržní plodiny. Pro tuto skupinu plodin se často používají pojmy v podobě doplňkové, okrajové či speciální,

kteří také vhodně charakterizují jejich využití (MOUDRÝ et al., 2011). Rozšiřování pěstování alternativních plodin v České Republice začalo s rozvojem ekologického zemědělství od počátku 90. let minulého století. Významným znakem této skupiny plodin je tedy její velká rozmanitost. Patří sem široká skupina rostlin používaných k nejrůznějšímu zpracování. Uplatňují se zejména v chemickém, farmaceutickém a potravinářském průmyslu. Jsou využitelné také přímo, bez většího zpracování, ať už k léčení či výrobě koření, čajovin apod. Řada druhů má také fyto-remediální schopnosti, některé jsou označovány také jako energetické plodiny, jsou surovinami pro výrobu lihu, barviv, přípravků pro ochranu rostlin, pohonných hmot nebo kosmetiky (KOCOURKOVÁ et al., 2014). Tyto plodiny obvykle nedosahují vysokých výnosů, vyznačují se však specifickými kvalitativními vlastnostmi. Negativní vlivy jako stres, nevhodná strava, vysoce technologicky zpracované výrobky s nízkým podílem významných složek, jednostranná výživa, alergie a intolerance na potraviny, způsobují vznik civilizačních chorob (KALINOVÁ, 2005). U netradičních plodin můžeme všeobecně konstatovat vyšší hodnoty standardních parametrů kvality, vyšší nutriční hodnotu a obsah některých, specifických, zdravotně významných látek (MOUDRÝ et al., 2005). Z těchto důvodů mohou být prevencí jejich vzniku. Výrobky ze speciálních plodin mohou na trhu díky své specifčnosti umocněné certifikovaným způsobem produkce, způsobem zpracování, značení i prodeje, dosahovat vyšších cen (KALINOVÁ, 2005). Podle účelu využití je možné netradiční plodiny rozdělit do dvou základních skupin. První z nich je skupina potravinářské netradiční plodiny s nutričním využitím, naopak druhá skupina, nepotravinářské alternativní plodiny, zahrnuje průmyslové a energetické rostliny (MOUDRÝ & STRAŠIL, 1996). Alternativní plodiny lze také rozdělit podle tradice pěstování. Znovuzaváděné rostliny, jak již z názvu vychází, se již u nás dříve pěstovaly, avšak z důvodů zmiňovaných nižších výnosů, kvality, změny technologií a potravních zvyklostí, bylo jejich pěstování omezeno nebo přerušeno úplně. V případě nově zaváděných plodin se jedná o druhy úspěšně hospodářsky využívané v jiných oblastech světa (MOUDRÝ & STRAŠIL, 1999). PRUGAR et al., (2008) považuje za nejznámější alternativní plodiny zejména proso a pšenici špaldu. Do této skupiny řadí i pseudocereálie, kde jmenuje pohanku, merlík chilský (quinou) a laskavec (amarantus). S pěstováním netradičních plodin je spojena celá řada výhod. Kromě zmiňovaného rozšíření potravinového spektra

nesmíme opomíjet další aspekty. Významné je odstranění pracovních špiček, kdy právě rozšířením skladby plodin s různou vegetační dobou se rozloží i pracovní zatížení. Další výhodou je i efektivní využití okrajových ploch, jelikož některé z těchto plodin je možné vzhledem k menším nárokům na prostředí, účelu pěstování apod., pěstovat i na antropogenních nebo devastovaných půdách. Zavádění alternativních plodin vede ke zvýšení zaměstnanosti a udržení stability venkova. Také lze během pěstování využívat stávající techniku a dochází k udržení produkční schopnosti půdy (MOUDRÝ et al., 2011). Ve snaze o rozšíření spektra rostlinných produktů o různé alternativní plodiny je však spojena i celá škála problémů. Skupina autorů (MOUDRÝ & STRAŠIL, 1996; PRUGAR et al., 2008; CAPOUCHOVÁ, 2014) se na řadě z nich shoduje. Nejčastěji se jedná o zpravidla nízký stupeň prošlechtění, spojený s nižšími výnosy, nerovnoměrným dozráváním či nevyhovující distribucí asimilátů. Dále jsou zmiňovány zpracovatelské problémy, kdy alternativní plodiny (resp. produkty) je nutno uvést na trh a prolomit bariéru konzervatismu, což je mnohdy náročné. Nevyhnutelná je v některých případech i potřeba speciální techniky a dalších investic, které vede k prodražení konečného produktu. Jde i o problémy cenové, daňové a legislativní, které mohou způsobit nebo úplně zabránit pěstování některých plodin. V neposlední řadě nelze vynechat nedostatečnou znalost a informovanost zemědělců o jiných plodinách než tradičních (DVOŘÁKOVÁ, 2012).

2.2 Vytrvalé rostliny a jejich energetické a krmivářské využití

Agroenergetika se zabývá studiem energetických toků. Zaměřuje se především na hledání nových cest ke snížení energetické náročnosti a zajištění trendu zvýšení koeficientu využití paliv a energie. Pro rozvoj tohoto oboru je významným předpokladem využívání obnovitelných zdrojů energie, k nimž náleží kromě energie slunce, větru, vody a dalších zdrojů také energie vázaná ve formě biomasy (VRÁBLÍKOVÁ et al., 1999). Uvádí se kolem jednoho sta rostlinných druhů rostoucích po celém světě, které byly vytipovány jako potenciální zdroj pro energetické využití (MOUDRÝ & STRAŠIL, 1999). Polní energetické a technické plodiny (PEP) lze pro přehled rozdělit na jednoleté, víceleté až vytrvalé a na samostatnou skupinu tzv. energetických trav. Pro produkci biomasy jsou

důležité především víceleté a vytrvalé druhy, vysoce vzrůstné, které vytvářejí dostatečně vysoké výnosy (PETŘÍKOVÁ, 2018). Obecně platí, že ekonomicky a energeticky efektivnější je pěstování rostlin víceletých a vytrvalých než tradičních jednoletých (HAVLÍČKOVÁ et al., 2007). Jsou to všeobecně netradiční druhy, které vytvářejí kořeny nebo rhizomy v půdě a tím dochází k produkci velkého množství zmiňované biomasy každým rokem. To je velice atraktivní, neboť vyšší náklady jsou spojeny zpravidla s prvním rokem při založení vytrvalých porostů, ostatní roky jsou náklady jen minimální (především sklizeň, případně průběžná ošetření, dohnojení, atp.) (DOMONKOŠOVÁ, 2000; ZIMOVÁ, 1991). Jednoleté rostliny mají tu přednost, že jsou určeny pro rychlou produkci, jejich setí a sklizeň se provádí pomocí běžné zemědělské techniky, což není u vytrvalých rostlin vždy možné. Celková energetická rentabilita je však u víceletých plodin efektivnější, neboť zde není nutná každoroční opakovaná kultivace, jako právě při pěstování jednoletých plodin. Zatímco u jednoletých rostlin je poměr vložené a získané energie obvykle 1 : 2, u víceletých to může být podle výnosu až 1 : 10 (WEGER et al., 2012; PETŘÍKOVÁ, 1999). Při zakládání víceletých nebo vytrvalých rostlin je třeba brát v úvahu to, že v prvním roce nejsou zpravidla tyto porosty ještě produkční, většinou musí náležitě zakořenit a vytvořit zapojený porost. Teprve následující rok lze považovat za produkční a tudíž za první rok sklizňový (TAUFEROVÁ et al., 2014). Po fázi rozrůstání však poskytnou vyšší a vyrovnanější výnosy než rostliny jednoleté (WEGER et al., 2012). Je známa celá řada způsobů energetického využití biomasy. Převažuje však energetické využití vlhké biologicky rozložitelné biomasy v bioplynových stanicích, což je považováno za jeden z nejperspektivnějších obnovitelných zdrojů energie, či přímé spalování rostlinné biomasy (BERNAS, 2018). Vytrvalé rostliny mají své zastoupení i v oblasti pícninářství, jakožto speciálního úseku rostlinné výroby, který se zabývá pěstováním rostlin, jež slouží k výživě hospodářských zvířat (ŠANTRŮČEK et al., 1995). Víceleté pícniny na orné půdě představují jeteloviny, některé trávy, případně jejich směsky – jetelotrávy. Mnohé z nich se uplatňují i v trvalých travních porostech (TAUFEROVÁ et al., 2014). Některé z těchto plodin jsou v zeleném či silážovaném stavu rovněž kvalitní pícniny, které by do určité míry mohly nahradit na svažitých pozemcích např. i kukuřici, nebo její produkci doplnit. Jedná se především o krmný šťovík nebo mužák prorostlý a některé vytrvalé, vysoce produkční trávy, např. lesknici

rákosovitou nebo sveřep bezbranný (PETŘÍKOVÁ, 2009). Tyto plodiny tedy mohou poskytovat kvalitní píci s vyváženou krmivářskou hodnotou (VOBROVÁ, 2012). Pro pěstování těchto plodin lze kromě zemědělské půdy využít i půdu antropogenní. Jedná se o pozemky výsypek, rekultivované plochy, půdu v oblastech s vyšší imisní zátěží, půdu v průmyslových oblastech, přičemž pěstování je možné i v marginálních oblastech, kde je ekonomika tržních plodin neefektivní (VRÁBLÍKOVÁ, 2000). Dle ŠIMON & STRAŠIL (1999) připadají v našich podmínkách v úvahu pro pěstování k energetickému využití především: Ozdobnice čínská, křídlatky, chrastice rákosovitá, rákos obecný, čiroky, konopí seté apod. TAUFEROVÁ et al. (2014) přidává pupalku dvouletou, komonici bílou, topinambur hlíznatý, šťovík krmný, topolovku růžovou, boryt barvířský, bělotrn modrý, čičorku pestrou a mužák prorostlý. Některé víceleté energetické plodiny jsou deklarovány v LPIS jako kultura J a podmínka diverzifikace plodin se tedy na ně nevztahuje. Kromě mužáku prorostlého se např. jedná o ozdobnici obrovskou, proso vytrvalé, sveřep americký a bezbranný nebo šťovík s výjimkou šťovíku krmného (MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČR, 2019). Prozatímni nevýhodou většiny těchto plodin je malá propracovatelnost technologií sklizně, úpravy, skladování a užití. Některé z těchto rostlin se svými vlastnostmi spíše blíží obilovinám, jiné rychle rostoucím dřevinám (PASTOREK et al., 2004).

2.3 Mužák prorostlý (*Silphium perfoliatum* L.)

2.3.1 Základní přehled o rostlině

Pro omezení dalšího nárůstu osevních ploch tradičními plodinami se hledají alternativní kultury, které by mohly sloužit jako energetické plodiny. Mnohoslibnou a široce diskutovanou alternativní rostlinou je mužák prorostlý (*Silphium perfoliatum* L.) (MÜLLER et al., 2016). Smoloroň, neboli mužák prorostlý, je víceletá bylina, náležící čeledi hvězdnicovitých (*Asteraceae*) (WEGER et al., 2012). Jedná se o charakteristicky žlutě kvetoucí vysokou rostlinu, dosahující výšky dle STANFORD (1990) až 4 metrů. Většinou se však setkáváme s hodnotami v rozmezí 2–3 metrů (VETTER et al., 2010; HAAG et al., 2015; GANSBERGER et al., 2015; MATTHEWS et al., 2015). Plodem je dvoukřídlá nažka hnědé barvy, jejíž HTS dle měření, odpovídalo hodnotě 19 gramů. U UŠŤAK (2012) se setkáváme

s hodnotami v rozmezí 20–25 gramů. JUCSOR & SUMALAN (2018) píší o hodnotě okolo 23 g a dále dodávají, že semena jsou 9–15 mm dlouhá, šířka se pohybuje v rozmezí 6–9 mm, jsou silně zploštělá, s maximální tloušťkou 1 mm a v každém květu se těchto semen vyskytuje okolo 20–30. Tato semena vykazují silnou fyziologickou dormanci, což má za následek nižší klíčivost (VON GEHREN et al., 2016). Příčiny nehomogenity semen jsou, kromě genetického rozptylu rostlinného materiálu, dlouhé kvetení a zrání (SCHÄFER et al., 2017). Rostlina má statnou rozvětřující se lodyhu, charakteristicky čtyřhrannou (může být šesti až osmihranná) s průměrem 1,5–2 cm a vyznačuje se proto vysokou tvorbou nadzemní hmoty (VRÁBLÍKOVÁ et al., 2007; UŠŤAK, 2012). Hlavní složkou podílející se na akumulaci biomasy jsou listy s vysokou fotosyntetickou kapacitou (JUCSOR & SUMALAN, 2018). Listy jsou tmavě zelené barvy, trojúhelníkovitého až oválného tvaru a drsným povrchem na horní straně. Jsou vstřícně rozmístněny, jejich délka činí maximálně 40 cm a šířka až 25 cm (WROBEL et al., 2013; MATTHEWS et al., 2015). Rostlina se také vyznačuje dynamickým růstem, což neplatí pro počáteční rok kultivace, kdy rostlina vytváří listovou růžici, avšak v dalších letech je výnos fytomasy enormně navyšován (JASINSKAS et al., 2014). Stonky jsou vytvářeny ve druhém roce kultivace a to pomocí vegetativních pupenů, přičemž počet stonků u každé rostliny roste s věkem (10 až 25 stonků) (LETO et al., 2019). Během pokusů, které byly prováděny v roce 2017, byla při první sklizni naměřena hodnota fytomasy 13,8 t ha⁻¹, přičemž hodnota sušiny odpovídala 21 % (LANGMAIER, 2018). Potenciální výnos suché hmoty se může vyšplhat až k hodnotě 36,6 t ha⁻¹ (DANIEL & ROMPF, 1994). Průměrně se však dle GABRIELOVÁ (2007) a PETŘÍKOVÁ (1999) jedná o hodnoty mezi 12–15 t ha⁻¹. V přirozených podmínkách původu se tato rostlina nejčastěji vyskytuje v nízkých lesích, loukách, prériích, podél toků a železničních tratích (WEGER et al., 2012). Mužák je dobře přizpůsoben různorodému evropskému klimatu, nejvhodnější teplota pro růst je okolo 20 °C, s velkým množstvím slunečního svitu (LETO et al., 2019). WEAWER (1954) zařadil mužák prorostlý do skupiny 38 nejdůležitějších druhů prerijských nížin a dále poznamenal, že tento druh není tolerantní vůči disturbancím a po případném odstranění je nepravděpodobné, že by se přirozeně vrátil. Historické zprávy uvádějí, že trvalky rodu *Silphium*, které pocházejí ze střední a východní části Severní Ameriky, byly původně využívány indiánskými kmeny k aplikaci do své medicíny

(PCOLINSKI et al., 1994; KOWALSKI, 2007). Mužák prorostlý byl importován do Evropy v 18. století díky svým dekorativním rysům, naopak do zemí bývalého Sovětského svazu byl zaveden až v 50. letech 20. století a od samého počátku využíván ke krmivářským účelům. V současnosti jeho využití nacházíme zejména v Evropě, Jižní Americe a Asii v oblastech píceinářství, bioenergetiky a fytofarmacie (ASSEFA et al., 2015; WROBEL et al., 2013). Díky stanovení chemické skladby došlo ke zjištění, že *Silphium perfoliatum* L. je charakterizován příznivým obsahem minerálních látek a primárních metabolitů, zejména bílkovin bohatých na esenciální aminokyseliny (LANGMAIER, 2018). Také obsahuje řadu sekundárních metabolitů (např. éterické oleje, flavonoidy, fenolové kyseliny), které jsou cennou surovinou pro farmaceutický průmysl (MAJTKOWSKI et al., 2009). V kořenech byl identifikován vysokomolekulární uhlovodíkový inulin (RAKHMETOV et al., 2019). Celkově bylo rozpoznáno 33 druhů tohoto rodu, které byly následně rozděleny do pěti sekcí (*Composita*, *Dentana*, *Integrifolia*, *Laciniata* a *Perfoliata*) na základě celkové morfologie rostlin (CLEVINGER & PANERO, 2000). Liší se od ostatních druhů rodu *Silphium* párem protilehlých listů, které svým vzájemným spojením vytvářejí tzv. šálek (anglický výraz „cup plant“) (JUCSOR et al., 2018). Zde je hromaděna voda, která umožňuje rostlině přežít horká léta (STANFORD, 1990). Tento druh je příbuzný slunečnici roční, jakožto jedné z nejdůležitějších pěstovaných plodin. Mezi nimi však spočívá rozdíl v tom, že mužák je plodina vytrvalá, přičemž na jednom stanovišti ji lze pěstovat 20–25 let (UŠŤAK, 2012). Nejdéle využívaný pozemek s mužákem, který se nachází v Aulendorfu, je údajně už 30 let starý a stále na něm není znát klesající výnosnost (JANZING, 2016).

2.3.2 Problematika zakládání porostu mužáku prorostlého

V současné době je běžnou metodou zakládání porostů náročná a nákladná výsadba předem pěstovaných sazenic. Výsev není doporučován kvůli nedostatku semen vysoké kvality a nesprávné technologii osiva (GANSBERGER et al., 2017). Semena jsou nehomogenní, neboť dozrávají nerovnoměrně, což má za následek jejich různou velikost. Navzdory současným šlechtitelským výzkumům nejsou k dispozici žádné odrůdy. Komerčně dostupná semena jsou různého geografického původu s vysokou genetickou variabilitou (SCHÄFER et al., 2017).

Dle BIERTÜMPFEL et al. (2013) má výsev šanci na úspěch pouze u předem ošetřených semen s vysokou klíčivostí ($> 80\%$). Výsadba je méně rizikovým procesem, a proto je dle BIERTÜMPFEL (2011) vhodnější než setí. Je prováděna pomocí komerčně dostupných strojů na výsadbu zeleniny nebo jahod (SCHÄFER et al., 2015). UŠŤAK (2012) doporučuje zejména pro maloplošné pěstování předpěstovat sazenice, nejlépe v zimním období, přičemž na stanoviště by rostlinky měly být vysazeny, když dorostou 10–15 cm. FACCIOTTO et al. (2018) během svých pokusů zaznamenal, že rostliny, které byly vysazeny v podobě sazenic, se vyvíjely rychleji a také produkovaly více výnosu v porovnání s rostlinami osetých přímo ze semen. Také dle JUCSOR & SUMALAN (2018) je nejlepších výsledků dosaženo, pokud jsou semena zaseta a ošetřována ve sklenících a následně v podobě mladých rostlinek obsahujících 3 nebo 4 lístky, v dubnu nebo květnu přesazena na pole. Klíčivost mužáku prorostlého může být opožděna kvůli dormanci a to zejména za té situace, pokud jsou využívána semena do jednoho nebo dvou let po sklizni (ASSEFA et al., 2015). FROELICH & NOZINC (2018) uvádějí, že vápník je nejdůležitějším prvkem pro zahájení procesu klíčení. Pokud je ho nedostatek v semenech, jedná se o základní důvod problémů s klíčivostí. TRÖLENBERG et al. (2012) předpokládá, že u mužáku prorostlého nedochází k dormanci, ale jisté fázi klidu. Semena v takovéto fázi nejsou spící, ale metabolicky neaktivní kvůli nepřítomnosti jednoho nebo více faktorů prostředí. Studie ukázaly, že mírné předchlazení semen při teplotách $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ má pozitivní vliv na klíčivost (HARTMANN et al., 2014). GANSBERGER et al. (2017) a jeho výsledky ukazují, že pro úspěšné klíčení je vyžadováno cílené a optimalizované předběžné ošetření semen, zahrnující např. využití GA3 (kyselina gibberelová) roztoku, střídání intenzity světla a teplot. I VON GEHREN et al. (2016) poukazuje na to, že semena ošetřená kyselinou gibberelovou, dusičnanem draselným nebo u kterých došlo ke stratifikaci, vykazovala výrazně lepší vývoj. Předběžná opatření vedou k přerušení fyziologické dormance v semenech této trvalky. Dále podotýká, že založení porostu *Silphium perfoliatum* L. ve středoevropských podmínkách formou výsevu je možné a to při použití peletovaných semen ošetřených kyselinou gibberelovou a dodržení data setí na konci dubna. V Rusku a na Ukrajině bylo v minulosti vyvinuto několik zlepšených populací, ale v posledních desetiletích nebyly vydány dobře zdokumentované a široce dostupné informace o kultivarech nebo genetických

zásobách, a to navzdory zájmu a celkovému rozšíření pěstované plochy v Německu a požadavkům zemědělců na další zlepšení (VAN TASSEL et al., 2017). Dle VON COSSEL et al. (2020) je nejvyšších výnosů biomasy dosaženo s rozestupy v řádcích s hodnotou 10 x 50 cm, přičemž hloubka setí by měla odpovídat 1,5–2 cm. HARTMANN et al. (2014) doporučuje hloubku setí 1–1,5 cm. Dále podotýká, že osivo vysoké kvality může výrazně snížit množství semen potřebných pro optimální kultivaci a to z 15–20 kg/ha na pouhých 2–2,5 kg/ha. Rovnoměrné rozmístění semen v oblasti je zásadní pro úspěšné zakládání plodin, proto je pro výsev doporučováno přesné setí (SCHÄFER et al., 2015). BIERTÜMPFEL (2011) považuje přímé setí s neošetřenými semeny za značně rizikové z hlediska nízké konkurenceschopnosti mladých, pomalu se vyvíjejících rostlinek, vůči plevelům. Výsev doporučuje od poloviny dubna do poloviny června, výsadbu taktéž od poloviny dubna, ale až do poloviny července. Síla osiva by měla odpovídat 12–15 klíčivých semen/m² a hustota výsadby by měla činit 4 rostliny/m². HARTMANN et al. (2014) zaznamenal sílu osiva s 15–18 klíčivými semeny/m². Dimorfismus osiva je běžný u zástupců, jež náležejí do čeledi *Asteraceae*. Kromě rozdílu ve velikosti nebo morfologii semen se mohou lišit také v disperzních charakteristikách, dormanci a požadavcích na klíčivost (VAN MÖLKEN et al., 2005). ASSEFA et al. (2015) upřednostňuje velká semena, jelikož produkují silné sazenice s vyšší konkurenceschopností. Vybrané aspekty kultivace této rostliny jsou uvedeny v práci od LANGMAIER (2018).

2.4 Problematika sucha a možné reakce zemědělství

Následky sucha jsou z hlediska hospodářství státu závažnější než povodňové situace a zejména realizace ochranných opatření je časově výrazně náročnější i komplikovanější. Dosvědčují to údaje z hodnocení dopadů sucha na státy EU, které uvádějí výši škod následkem sucha za posledních 30 let přes 100 mld. euro (PUNČOCHÁŘ et al., 2015). Evropská sucha z počátku 21. století jsou obecně považována za výjimečně závažná, s rozsáhlými dopady v řadě oblastí (HANEL et al., 2019). Byly identifikovány čtyři desítky individuálních rizik, které se mohou vyskytnout v důsledku dlouhodobého sucha. Mezi nimi jako významnější byla vyhodnocena např. rizika ohrožení stávajících lesních ekosystémů včetně nebezpečí intenzivního šíření škůdců, zvýšená zranitelnost podzemních vod, ohrožení jakosti

povrchových vod, nádrží, celkově vodních ekosystémů a zejména ohrožení zemědělské produkce (DAŇHELKA, 2019). S ohledem na rozsáhlou variabilitu klimatických, geografických a antropogenních příčin sucha lze definovat a hodnotit tento jev univerzálně jen velmi obtížně. Zahraniční autoři analyzovali k tomuto účelu více jak 150 různých definic sucha, které následně rozdělili do užších skupin dle jejich vědeckého pojetí. Nejčastěji se podle nich sucho hodnotí z hlediska meteorologického, zemědělského, hydrologického a socioekonomického (NĚMEC et al., 2006). Tak zvané zemědělské sucho obvykle trvá od několika týdnů až do 6–9 měsíců. Nejvyšší počty suchých epizod na území České republiky se vyskytují na Žatecku, v Polabské nížině a v oblasti jižní Moravy, přičemž počet suchých období výrazně roste s poklesem nadmořské výšky místa (BRÁZDIL & TRNKA et al., 2015). Na aktuálně nepříznivém hydrologickém stavu českých zemědělských půd se nepodepisuje jen klimatická změna a sucho. Na vině jsou i nevhodné způsoby nakládání s krajinou a špatné nakládání s půdou (FANTA, 2016). Důsledkem přeměn původních přirozených ekosystémů na agroekosystémy ve spojení s intenzifikací zemědělství, je drastické snížení biologické rozmanitosti zemědělské půdy, což vede ke snížení poskytovaných ekosystémových služeb půdou, včetně schopnosti zadržení a hospodaření s vodou. Z pohledu potřeb půdy i její živé složky, se jako vhodná pomoc jeví začlenění přirozených trvalých pásů vegetace do velkých oraných celků (ELHOTTOVÁ, 2016). Jedním z organizačních opatření je tedy trvalé zatravnění na mělkých půdách, pozemcích s vysokým sklonem a plochách podél vodotečí. Realizace trvalých travních porostů (TTP) má příznivý vliv na zadržení vody v krajině, obecně mohou přispět ke zlepšení jakosti povrchových vod a zlepšují celkový vodní režim v půdě (VÚV TGM, 2018). KUČTÍK et al. (1995) se zaměřuje na vodohospodářské funkce, které spočívají v zadržení vodních srážek a umožnění jejich průsaku do hlubších vrstev půdy, kde zvyšují zásoby pozemní vody. Z hlediska hospodaření s vodou se považují za nejzávažnější opatření zemědělská, lesnická a technická. Zemědělská opatření jsou všeobecně zaměřena na zpomalení povrchového odtoku, zvětšení jímací kapacity půdy a na lepší využití ovzdušných srážek vegetací. Také směřují ke zmenšení intenzity vodní eroze na zemědělské půdě a přispívají k udržení stálé půdní úrodnosti. Konkrétně se rozdělují na opatření organizační, agrotechnická a vegetační (ŠÁLEK et al., 1992). Mezi organizační je možné zařadit kromě trvalého zatravnění i pásové střídání

plodin, protierozní oseední postupy a protierozní rozmist'ování plodin nebo návrh vhodného tvaru a velikosti pozemku. Agrotechnická opatření zahrnují technologie ochranného zpracování půdy, hrázkování/důlkování, mulčování a setí do krycí plodiny (VÚV TGM, 2018). Ochranná opatření je nutná provádět předem, jelikož v průběhu sucha jsou méně efektivní, naopak nákladnější. Hospodaření s vodou v období drastického sucha je třeba usměrňovat orgány krizového řízení (NĚMEC et al., 2006). Pěstování vytrvalých plodin a zejména těch, které jsou nenáročné na vodu, jsou jedním z možných opatření. Právě mužák prorostlý splňuje tento požadavek a stává se tak vhodným řešením v boji proti suchu.

2.5 Environmentální benefity plynoucí z pěstování vytrvalých rostlin

Mimo samotnou produkci fytomasy, plní stanoviště vytrvalých rostlin v krajině řadu dalších, tzv. mimoprodukčních funkcí (externality), které svým významem pro společnost často produkční funkci překonávají. Slovo externalita označuje mj. vedlejší výsledek ekonomické aktivity (zemědělské hospodaření), který si v případě jeho užítku nemůže původce zcela přivlastnit (HEJDUK et al., 2012). Jejich pěstování je důležité v oseedním postupu pro půdní úrodnost, racionální pěstování následných plodin (obohacení živinami, struktura půdy, meliorační působení) a omezení eroze (POZDÍŠEK et al., 2008). HEJDUK et al. (2012) mezi nejvýznamnější pozitivní externality dále řadí zajištění biodiverzity v krajině, regulace toků vody, efektivnější cykly živin, ukládání uhlíku do půdy a rekreační funkce. Pro zásadní omezení eroze ve svažitých polohách mají význam především víceleté a vytrvalé plodiny, jelikož vytvářejí brzy z jara zapojený porost (PETŘÍKOVÁ, 2009). KUČTÍK et al. (1995) popisuje funkci ochrannou, která je umožněna schopností vytvářet biologický filtr, jež chrání vodní zdroje před znečištěním pesticidy a smyvem minerálních a organických složek půdy. Hluboko zakořeněné trvalé plodiny mohou obnovit kvalitu vody fytoextrakcí agrochemikálií včetně dusičnanů (VAN TASSEL et al., 2017). Díky celoročnímu pokryvu půdy chrání tyto porosty půdu před destruktivním účinkem dešťových kapek při přivalových deštích nejlépe ze všech zemědělských plodin (HEJDUK et al., 2012). Mohou přispět ke snížení přísunu nadměrného množství splavenin do toků, což je pozitivní pro organismy. Mají příznivý vliv na zpomalení či úplné zastavení

rozrušování a následnou degradaci a odnosu půdy, také zvyšují a posilují biodiverzitu v krajině (VÚV TGM, 2018). Jsou rezervoáry bohatých společenstev rostlin, živočichů a jiných organismů, které ke svému zachování potřebují specifické podmínky. Zachování přirozeného a pestrého genofondu zmiňovaných složek, tedy značné části biologické diverzity, přispívá k tlumení různých ekologických stresů (KOLLÁROVÁ et al., 2007). Vzhledem k tomu, že u původních travních společenstev bývá obvykle zastoupeno výrazně více rostlinných druhů než v nejsložitějších osevních postupech, je význam TTP pro biodiverzitu na zemědělsky obhospodařované půdě velmi vysoký (BOHÁČ, 2013). Studie od TSCHUMI et al. (2016) ukázala, že biopásy s vysokou diverzitou vytrvale rostoucích rostlin mohou mít pozitivní vliv na biologickou kontrolu škůdců a zvyšovat výnos kulturních plodin. Významná je také schopnost udržovat dobré fyzikálně-chemické vlastnosti půdy, její strukturu a obsah humusových látek (KOLLÁROVÁ et al., 2007). ŤÍŤEI (2017) zmiňuje, že právě vytrvalé bylinné druhy mohou mít v budoucnu důležitou roli při rekultivaci kontaminované půdy. Svůj velký význam mají v revitalizaci krajiny, ozeleňování výsypek, popílkovišť a další (ŠANTRŮČEK et al., 2003). Právě vhodné zazelenění výsypek a všeobecně pěstování víceletých a vytrvalých rostlin může mít pozitivní efekt na akumulaci uhlíku v půdě, čímž dochází ke zpomalování předvídaného zvyšování koncentrace CO₂ v atmosféře (FROUZ, 2010; HEJDUK et al., 2012). Obhospodařované travní porosty pomáhají vytvořit pestrou obytnou kulturní krajinu, druhově bohatou, geneticky rozmanitou, s možností růstu a vývoje pro všechny živé organismy. Umocňují turistické zážitky a podporují aktivity agroturistiky a jezdeckví. Jejich význam stoupá s atraktivností prostředí a průchodností regionu (FIALA, 2007).

2.5.1 Environmentální aspekty pěstování mužáku

Jelikož je tato alternativní plodina mrazuvzdorná a na teplo nenáročná, rozhodujícím faktorem pro výběr lokality pěstování nejsou klimatické podmínky a nadmořská výška, nýbrž kvalita půdy, zejména její kyselost a obsah minerálních živin. Vysoká kyselost, alkalita půd a nízký obsah fosforu má negativní dopady na růst rostliny. Nevyhovujícími jsou hydromorfnní, tudíž nadměrně zamokřené půdy, způsobující uhnívání kořínků (USŤAK, 2012; GANSBERGER et al., 2015). Výhodou tohoto druhu je již zmiňovaná mrazuvzdornost, kdy je schopen odolávat

teplotám pod -25 °C (WROBEL et al., 2013). Severoameričtí ekologové a ochránci přírody již ve 30. letech 20. století popsaly toleranci této rostliny k mnoho druhům stresu, včetně období silných prachových bouří, tzv. Dust Bowl (VAN TASSEL et al., 2017). V oblastech s mírně mokřými půdními podmínkami je mužák prorostlý vhodnou alternativou kukuřici a vojtěšce (ALBRECHT et al., 2017). Vzhledem k tomu, že tento druh je trvalkou s nízkými nutričními požadavky, přizpůsobující se různým prostředím, může být využit v podobě průkopnické rostliny pro rekultivaci degradované půdy (WROBEL et al., 2013; TOMASZEWSKA & FIGAS, 2011). Druhy *Silphium* byly navrženy pro bioremediaci půd kontaminovaných ropou nebo měděnými důlními zbytky, včetně revegetace erodovaných kyselých krajín (VAN TASSEL et al., 2017). Díky dlouhodobému využití a všeobecně nízké náročnosti kultury je ušetřeno velké množství nákladů v podobě spotřeby pohonných hmot a pracovních úkonů. Půda není enormně zatěžována a na rozdíl od pěstování kukuřice nedochází k jejímu zhutňování (KOCH, 2016). Choroby ani škůdci obvykle u mužáku nečiní problémy. Plevelé mohou činit problém v roce výsevu, v dalších letech se však porost zahustí tak, že jsou absolutně potlačeny (WEGER et al., 2012). Účinná regulace plevelů v prvním roce je možná mechanickými metodami (GERSTBERGER et al., 2016). Selektivní herbicidy by významně ušetřily čas a úsilí, ale v současné době neexistuje žádný registrovaný herbicid, který by mohl být použit (LETO et al., 2019). Nízké požadavky na péči (po prvním roce) ve srovnání s jednoletými rostlinami, vysoký potenciál výnosu biomasy a ekologické přínosy činí ze *Silphium perfoliatum* L. cennou obnovitelnou surovinu (GANSBERGER et al., 2017). UŠŤAK et al. (2016) dodává, že díky vysokému výnosu nadzemní biomasy a hodnotnému chemickému složení, je tato trvalka perspektivní vysoko-produkční krmnou plodinou a současně plodinou obzvláště vhodnou pro výrobu bioplynu. Bylo prokázáno, že potenciál produkce metanu dosahuje 320 nl/kg suché hmoty (FRANZARING et al., 2013). Jedna z nejaktuálnějších studií prokázala, že krmná dávka pro vysoce užitkové dojnice může obsahovat až 1/3 siláže mužáku prorostlého, aniž by došlo ke snížení výkonu dojnic (ALBRECHT et al., 2017). I RAKHMETOV et al. (2019) podotýká, že rostliny rodu *Silphium* mohou soutěžit s jinými pícninami jako cenné rostlinné suroviny. Jednoznačně lze konstatovat, že mužák prorostlý má mnohostranné využití, do kterého spadají funkce krmné, energetické, ornamentální, medonosné,

rekultivační či potenciální lékařské (ŠIAUDINIS et al., 2012). Silný kořenový systém umožňuje efektivně využívat půdní vodu z velkých hloubek (GANSBERGER et al., 2015). Mužák prorostlý prokázal svojí účinnost z hlediska efektivity využití vody v experimentální studii, kdy dokonce vykazoval lepší výsledky v oblasti spotřeby vody než vojtěška setá (PAN et al., 2011). Dále dokáže ve svém rozsáhlém kořenovém systému zadržovat uhlík a zlepšovat tak biodiverzitu rostlinné biomasy (TELIČKOVÁ, 2016). Podporuje tvorbu půdy a využívá tedy procesu sekvestrace uhlíku, což vede k lepší úrodnosti půdy a udržování rovnováhy skleníkových plynů. Přispívá k ochraně podnebí, půdy i vody, přičemž celoroční a víceleté pokrytí půdy redukuje riziko vzniku eroze a vyluhování či vyplavování živin z ní (GANSBERGER et al., 2015). GERSTBERGER et al. (2016) ve svém výzkumu zaznamenal, že v oblastech pěstování mužáku prorostlého byly do hloubky půdy 90 cm naměřeny výrazně nižší hodnoty obsahu dusičnanů, ve srovnání se sousedními jednoletými plodinami na orné půdě. Formace kompaktních podnoží umožňuje těmto rostlinám chránit a stabilizovat půdy náchylné k erozi (FROELICH & NOZINC, 2018). Mužák prorostlý má nezbytný potenciál ke zmírnění negativního vývoje biodiverzity a ekosystémových služeb, zejména v regionech s velkým podílem monokultur kukuřice (SCHRADER et al., 2017). *Silphium perfoliatum* L. je přátelský vůči opylovačům a atraktivní pro širokou škálu hmyzích druhů, má velkou hodnotu pro zlepšení biologické rozmanitosti. Zadržovaná voda v „šálcích“ přitahuje širokou škálu bezobratlých (mravenci, včely, vosy, brouci, motýli) i obratlovce (ptáci, hlodavci, jeleni). Naopak tyto suché části jsou využívány malými ptáky v podobě hnízdišť (americký stehlík), zatímco papežík americký, bobolink kanadský a další ptáci používají tyto rostliny pro hřadování, námluvy, obranné pozorování a krmení (JOHNSON et al., 2019). Také silně podporuje populace prospěšných žížal (SCHORPP & SCHRADER, 2016). Mimořádný ekologický pokrok mužák nepředstavuje jen proto, že se obejde bez herbicidů. Kultura je nadto dobrou včelí pastvou v takové roční době, kdy jinak téměř nic jiného nekvete. Neustávajícím větvením stonku kvete od července až do září, tedy v době, kdy většina kultur již odkvetla. Z včelařského hlediska není hlavní předností mužáku to, že se jedná o nektarodárnou rostlinu, nýbrž skutečnost, že slouží jako základ obživy včelstva před zimou (JANZING, 2016; MÜLLER et al., 2016). Obsah cukru v pylu je velmi vysoký, srovnatelný s rostlinami *Echinacea*. Nektar a pyl obsahují řadu cenných

aminokyselin, které by mohly podporovat zdraví včel (BUFE & KOREVAAR, 2018). Úroda lze sklízet dvakrát ročně a to v období června a září. Studie však ukazují, že jediná sklizeň dosahuje vyššího výnosu než obě dohromady. Kromě toho, delší období růstu prodlužuje dobu, kdy zmiňované organismy mohou tyto rostliny používat jako krmivo či úkryt (VON COSSEL et al., 2020). Bylo zjištěno, že extrakty z listů, květenství a oddenků se vyznačují antibakteriálním působením vůči Gram-pozitivním (*Enterococcus faecalis*) a Gram-negativním bakteriím (*Escherichia coli*) (KOWALSKI & KĘDZIA, 2007), přičemž konkrétně extrakty z listů dále vykazovaly antimykotickou aktivitu vůči *Alternaria alternata* a *Colletotrichum coccodes* (RAKHMETOV et al., 2019). TOMASZEWSKA & FIGAS (2011) dodávají, že extrakty z tkání tohoto druhu dále vykazují analgetické, protizánětlivé, sudorozní, restorativní, expektorační vlastnosti a také snižují hladinu cholesterolu.

2.6 Ekonomické aspekty pěstování mužáku prorostlého

Přestože je pěstování v současné době komplexní, důležitým ekonomickým přínosem je trvalé využívání rostliny, neboť náklady na přípravu a výsev semen se vyskytují minimálně jednou za 10 let (HAAG et al., 2015). Obecně je však pro úspěšné založení porostu mužáku zapotřebí mnoho investic a času. Dle VON COSSEL et al. (2020) mohou zemědělci snížit počáteční náklady z 5159 € ha⁻¹ na přibližně 1950 € ha⁻¹, pokud přejdou z výsadby na výsev. LÜLF (2019) ve svém odborném článku zaznamenává hodnotu počátečních nákladů kolem 1 950 € ha⁻¹. Vysoké náklady jsou dle ní zohledněny ušetřenými operacemi pro zpracování půdy a setí v následujících letech. K dalšímu snížení počátečních nákladů dochází ve spojení se sklizní, jelikož lze využít stejné způsoby a zařízení, které jsou aplikovány při sklizni kukuřice. Autoři HARTMANN & BIEGERT (2014) zaznamenali průměrné náklady na sazenici přibližně o hodnotě 0,20 €. Na trhu je možné se setkat s hodnotami za rostlinu 0,09 € (N. L. Chrestensen) nebo 0,16 € (Thuringian State Institute for Agriculture). Až o 60 % nižších investičních nákladů je dosaženo při založení porostu pomocí výsevu. Roční náklady na výsadbu se pohybují v rozmezí 473–476 € ha⁻¹ a roční náklady na výsev okolo 286–290 € ha⁻¹ (životnost 15 let). Dle samotného HARTMANN et al. (2014) se náklady na sazenice pohybují mezi 0,10 a 0,20 €/rostlina. Německá společnost Metzler & Brodmann KG se zabývá pěstováním *Silphium perfoliatum* L. Účtuje si roční platbu 380 € ha⁻¹

po dobu 5 let. Celkové náklady včetně poradenství proto činí 1 900 € ha⁻¹. VINKLER (2009) výši pěstebních nákladů v prvním roce zaznamenal s hodnotou 36 705 Kč ha⁻¹ (1 387 € ha⁻¹). Tuto cenu odůvodňuje především pořizovací cenou řízků, která tvoří téměř 93 % nákladů. Dále zmiňuje, že v dalších letech jsou náklady razantně nižší. BENSMANN (2018) zaznamenává celkové náklady na založení 40 000 rostlin/ha pomocí řízků s hodnotou 5 000 €. Dle SCHÄFER et al. (2017) celkové náklady kultivace činí 1 700 € ha⁻¹, přičemž až 62 % z této hodnoty přisuzuje nákladům na osivo. Kalkulace od UŠŤAK (2012), rozpočítána rovným dílem pro následujících 10 let pěstování, shrnuje celkové náklady na základní přípravu půdy a založení porostu mužáku částkou cca 38 500 Kč (1 531 €) (včetně ceny osiva). JANZING (2015) popisuje jako typickou cestu zakládání porostu formou sazenic, která dosahuje nákladů 5 000–8 000 € ha⁻¹. Dále se zaměřuje na vyřešení problému jednoleté ztráty výnosu. V prvním roce nastává výsev kukuřice (místo 90 000 semen/ha omezení na 45–50 000 semen/ha) s bezprostředním výsevem mužáku. Výnos kukuřice je pak přibližně 3/4 obvyklé hodnoty a od druhého roku je mužák ponechán na pozemku samotný. KOCH (2016) porovnává celkové náklady výsadby mužáku (6 000–8 000 € ha⁻¹) a výsevu kukuřice (600 € ha⁻¹). Přestože jsou zemědělci obecně ochotní používat alternativní energetické plodiny, vyhýbají se vysokým počátečním investicím a dlouhodobým závazkům. VETTER et al. (2012) ve své práci podrobně popisuje ekonomické zhodnocení této plodiny. K detailní kalkulaci byla využita 4 hektarová výsadba, přičemž 1 ha obsahoval 40 000 rostlin. Sadební náklady činily 0,09 €/rostlina a samotné sázení odpovídalo hodnotě 500 € ha⁻¹. Náklady na kulturu se pohybují od částky 4 650 € ha⁻¹ (praktický výnos) do 4 680 € ha⁻¹ při vysoké výnosové úrovni. Při zohlednění 11 produkčních let vznikají tak roční náklady 539 € ha⁻¹ resp. 542 € ha⁻¹ včetně 5 % úroku na založení plantáže. Ty se redukuje se vzrůstající délkou doby využívání. Pokud se počítá s 15letou délkou trvání kultury, tzn. 14 sklizňovými roky, hodnota by činila 429 € ha⁻¹. BIERTÜMPFEL et al. (2013) zaznamenal obdobné hodnoty. Cena sazenic totožně činila 0,09 €/ks a provedení výsadby taktéž 500 € ha⁻¹. Podle zvolených předpokladů investiční náklady činily 4 695 € ha⁻¹ (průměrný výnos) nebo 4 731 € ha⁻¹ (vysoká úroveň výnosu). S ohledem na 10 let sklizně jsou roční náklady ve výši 534 a 538 € / ha (včetně 5% úrok), přičemž během 15 let sklizně se celkově sníží o zhruba 25 %. GERSTBERGER et al. (2016) se ve své studii zaměřuje

především na snižování nákladů v podobě dlouhodobého využívání rostliny a zakládání porostu výsevem. Náklady jedné rostlinky v tomto případě činí 0,15 €. Celkové náklady, tedy včetně provedení sadby a závlahy, jsou ve výši 3 630 € (20 000 rostlinek/ha). Autor počítá s 15letým využitím porostu, proto se dostáváme na hranici 242 € ha⁻¹. Cenu sazenic považuje za největší nákladový faktor. Náklady na založení porostu výsevem se pak sníží o polovinu z původní hodnoty, tudíž 1 860 € ha⁻¹ (resp. 124 € ha⁻¹). Také popisuje negativní a pozitivní nákladové faktory pěstování mužáku a silážní kukuřice. Hlavní negativum shledává ve vyšších nákladech na založení porostu, žádný výnos v prvním roce kultivace, vyšší obsah vody v době sklizně a kolem 10–13 % nižší výtěžnost metanu. Za pozitiva považuje od 2. roku žádné zpracování půdy, nízkou pracovní dobu na udržování porostu a nulové využití pesticidů. Ve výsledku ekonomického zhodnocení pěstování mužáku prorostlého bylo zjištěno, že tato rostlina na základě svého vysokého výnosového potenciálu a dlouhé doby využitelnosti představuje smysluplnou alternativu k silážní kukuřici (VETTER et al., 2012). Dle HARTMANN & BIEGERT (2014) se celkové výnosy po odečtení veškerých nákladů pohybují kolem 1 150 € ha⁻¹.

3. Cíl práce

Primárním cílem diplomové práce bylo zhodnocení možností přípravy sadebního materiálu pro zakládání porostů *Silphium perfoliatum* L. Experimentální část byla zaměřena na sledování klíčivosti osevního materiálu ve vybraných substrátech. Součástí diplomové práce bylo ekonomické vyhodnocení zakládání porostů mužáku prorostlého formou výsadby a výsevu. Také byly popsány vybrané technické parametry a pořizovací náklady jednotlivých substrátů. Dalším cílem diplomové práce bylo sestavení literárního přehledu o aktuální problematice zakládání porostů mužáku prorostlého, jeho pěstování a environmentálních benefitů plynoucích ze zařazení vytrvalých rostlin na ornou půdu.

3.1 Hypotézy

1. Na základě dostupných literárních zdrojů, jež jsou součástí literárního přehledu, lze předpokládat, že bez doporučeného předběžného ošetření osevního materiálu mužáku prorostlého, nebude dosaženo optimální klíčivosti (80–90 %).

2. Lze předpokládat, že osivo mužáku prorostlého, jež bude aplikováno do křemičitého písku, bude dosahovat nejnižších hodnot klíčivosti.

4. Materiál a metodika

4.1 Příprava sadebního materiálu mužáku prorostlého

Pro účely diplomové práce bylo využito osivo z pokusných parcel vedených na pozemku Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Osevní materiál byl získán v letech 2017 a 2018. V rámci sledování bylo také využito osivo mužáku prorostlého z University of Bayreuth (sklizeň 2018). Pro sledování klíčivosti vybraného osevního materiálu bylo využito různých substrátů. Konkrétně se jednalo o minerální vatu, perlit (velikost frakce 2–4 mm), výsevní substrát a křemičitý písek (velikost zrna 0–4 mm).

Osivo bylo uloženo do plastových sadbovačů (72 x 50 ml). Sadbovače by měly umožnit kratší dobu kultivace a optimální růst rostlin, přičemž díky kapilárním dutinám by mělo být zajištěno rovnoměrné zavlažování. Osivo z pokusných parcel ZF JU bylo do sadbovačů uloženo bez předchozího ošetření. Osevní materiál z roku 2017 byl sklizen v plné zralosti, naopak o rok později sklizené osivo bylo po přemrznutí. Do experimentální části bylo zařazeno i zmiňované osivo z University of Bayreuth (sklizeň 2018), které bylo sklizené v plné zralosti bez přemrznutí. Část tohoto osiva pak byla ošetřena za pomoci tzv. umělé teplotní stratifikace (viz kapitola 6.2). Celkově tedy bylo připraveno 12 sadbovačů, které byly následně umístěny do kultivačního boxu a jedna směs materiálu obsahující teplotně stratifikované osivo. Veškerý osevní materiál byl aplikován v neloupané formě.

Ekonomické vyhodnocení zakládání porostů mužáku prorostlého vycházelo z dostupných literárních zdrojů, které sloužily jako datový podklad.

Tabulka č. 1 – Substráty k předpěstování sadebního materiálu

Druh osiva	2017 – ZF	2018 – Bayreuth	2018 – ZF
	- v plné zralosti		- po přemrznutí
Minerální vata			
Perlit			
Výsevní substrát			
Písek			
Teplotní stratifikace			

4.1.1 Charakteristika substrátů k předpěstování rostlin

Minerální vata a perlit patří do skupiny tzv. inertních médií, která představují živnou půdu pro rostliny. Tuto skupinu spojují výhody v podobě absorpční a retenční schopnosti (TICHÝ, 2019). Minerální izolace využívaná v zemědělství a zahradnictví, na rozdíl od běžné stavební minerální vlny, disponuje vysokou jímavostí vody. Díky svému anorganickému původu nepodléhá hnilobě a není napadána houbami a bakteriemi. Semínka touto formou dostávají optimální množství vody i živin (ESTAV, 2015). Pro vylehčení substrátů (zvýšení obsahu kyslíku – zlepšení fyzikálních vlastností, snížení hmotnosti) a zlepšení jejího vodního režimu se užívá perlit. Jedná se o přírodní horninu sopečného původu. Nezatěžuje tedy životní prostředí a může být zpět do přírody vrácen bez jakýchkoliv negativních vlivů na okolí (MAUER et al., 2013; TULACHOVÁ, 2016). Speciálně pro výsevy a množení rostlin je určen výsevní substrát, který je vyroben z tmavé a světlé rašeliny (DOSEDĚLOVÁ, 2019). Výsevní substráty bývají bez hnojiva, aby se mladé, rostoucí rostlinky nespálily (DAŠKOVÁ, 2016). Mohou být obohaceny perlitem a houbami, které potlačují původce významných houbových onemocnění. Písek je společně s perlitem nejčastěji využíván ve formě příměsi do substrátů. Větší podíl v substrátu zvyšuje jeho vodopropustnost, také zvyšuje specifickou hmotnost i sklon ke sléhavosti. Jedná se o sorpčně bezcennou složku, která však výborně izoluje, odráží sluneční paprsky, výsevy rovnoměrně vzházejí, omezuje nebezpečí vyplavení semen a vylučuje zaplevelení (MAUER et al., 2013; ČZU, 2017).

4.1.2 Teplotní stratifikace

Stratifikací nazýváme umělou přípravu semen ke klíčení, která napodobuje podmínky ve volné přírodě. Během tohoto procesu dochází k odstraňování inhibičních látek bránících klíčení, čímž se zkracuje klidové období semene a umožňuje jeho ukončení. Stratifikace je vedle překonání klíčného klidu (dormance) prostředkem pro urychlení klíčení a zajišťuje větší uniformitu vzházení. Provádí se vrstvením semen se substrátem při přesně stanovených tepelných a vlhkostních poměrech (MALIŇÁKOVÁ, 2008; ŠŤASTNÝ & HOSNEDL, 2005). Ošetření vybraného osevního materiálu započalo jejich máčením ve vodě. Tato část probíhala po dobu dvou dnů, jelikož dvakrát došlo k její výměně, aby byla skutečně zmiňovaná extrakce inhibujících látek, které by mohly bránit klíčení. Dalším

krokem bylo smíchání semen s rašelinou a perlitem v poměru 1:1. Následovalo vložení materiálu se semeny do plastového obalu a do prostoru s teplotou 4–6 °C po dobu 14 dnů. Následně bylo takto ošetřené osivo uloženo do kultivačního boxu.

4.1.3 Kultivační box

Důležitou součástí diplomové práce tvořil specializovaný kultivační box pro zkoušky vlivů venkovního prostředí. Konkrétně bylo využito zařízení Sanyo MLR-351H. Program jednotlivých sledování byl nastaven na 12 kroků (Stp: step) a číslo cyklu (Cyc: repeat number) odpovídalo 45 dnům. Součástí vlhčené kultivační skříně je ovládací panel, který obsahuje prvky pro nastavení teploty, vlhkosti a světelného programu. Nastavení parametrů kultivačního boxu mělo za účel simulaci jarních (venkovních) podmínek.

Tabulka č. 2 – Nastavení parametrů kultivačního boxu

Starting time	0:00	2:00	4:00	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
Temperature	10	10	12	12	14	15	17	20	18	15	15	13
RH	65	65	65	65	65	60	60	60	60	65	65	65
LS	0	0	0	3	4	5	5	5	4	2	0	0

Starting time = počáteční čas; Temperature = teplota (°C); Relative humidity (RH) = relativní vlhkosti (%); Light step (LS) = osvětlovací krok

Teplota lze na tomto kultivačním boxu nastavovat v rozmezí od 0,0 °C do 50,0 °C. Vlhkost testovací komory je možno konfigurovat na jakoukoliv hodnotu v rozmezí 55-90 % RH. Světelný krok slouží pro udržení konstantní úrovně osvětlení v komoře. Vztah mezi světelným krokem (light step) a počtem zářivek, které je třeba rozsvítit, je popsán v následující tabulce. Pro osvětlení jsou používány 40 W zářivky s označením FL40SS W/37, přičemž každá z nich má 3 100 lumenů (lm).

Tabulka č. 3 – Nastavení světelného kroku

Světelný krok 0:	Všechny lampy jsou vypnuty.
Světelný krok 1:	1 lampa svítí
Světelný krok 2:	2 lampy svítí
Světelný krok 3:	3 lampy svítí
Světelný krok 4:	9 lamp svítí
Světelný krok 5:	15 lamp svítí

5. Výsledky a diskuse

5.1 Experimentální část

V rámci experimentální části byly založeny 3 sledování klíčivosti. Pro první sledování byla nutná příprava 4 sadbovačů. Polovina z nich byla naplněná pískem, zbylé dva sadbovače byly plněny výsevním substrátem. Do sadbovačů bylo následně aplikováno osivo z let 2017 a 2018, jež bylo získáno z pokusných parcel ZF JU. V porovnání s pískem bylo vyšších hodnot dosaženo u výsevního substrátu a to u obou ročníků vybraného osiva. Osevní materiál z roku 2017 prokázal nejvyšší klíčivost, celkově bylo vyhodnoceno 34 vyklíčených rostlinek (klíčivost 47,2 %). U osiva z roku 2018 byla zaznamenána hodnota 13 vyklíčených rostlinek, tudíž klíčivost odpovídala 18,1 %. Sadbovače plněné pískem vytvořily z osiva z roku 2017 celkově 17 rostlinek (klíčivost 23,6 %). V případě o rok staršího osiva (2018) se jednalo o 4 vyklíčené rostlinky (klíčivost 5,6 %).

K druhému sledování bylo využito stejného typu osiva, jako u předešlého měření (2017; 2018 ZF). Tentokrát však polovina ze 4 sadbovačů obsahovala perlit a zbylé 2 sadbovače minerální vatou. Celkově 27 vyklíčených rostlinek (klíčivost 37,5 %) dosáhlo osivo z let 2017 v sadbovači plněném perlitem. Další hodnota u tohoto inertního média byla získána z osiva 2018. Jednalo se o 16 vyklíčených rostlinek (klíčivost 22,2 %). Osivu z roku 2017 se podařilo v minerální vatě vyklíčit 21krát, klíčivost odpovídala hodnotě 29,2 %. V případě osiva, pocházejícího z roku 2018, bylo zaznamenáno 26 vyklíčených rostlin (klíčivost 36,1 %).

V poslední části sledování bylo využito osiva z University of Bayreuth (sklizeň 2018). To bylo aplikováno do všech popisovaných substrátů a zároveň bylo využito ke sledování zaměřenému na teplotní stratifikaci. Nejvyšší klíčivost osiva (15,3 %) byla zaznamenána v sadbovačích s perlitem a to s počtem 11 vyklíčených rostlinek. 10 vyklíčených rostlin (klíčivost 13,9 %) bylo zjištěno v minerální vatě, ve výsevním substrátu bylo po době sledování 5 rostlinek s klíčivostí 6,9 %. Nejnižší hodnota s 4 vyklíčenými rostlinami byla zjištěna u sadbovačů s pískem (klíčivost 5,6 %). Z vybraného osevního materiálu, který podlehl teplotní stratifikaci, vyklíčilo celkem 53 rostlinek, klíčivost tedy odpovídala hodnotě 17,7 %.

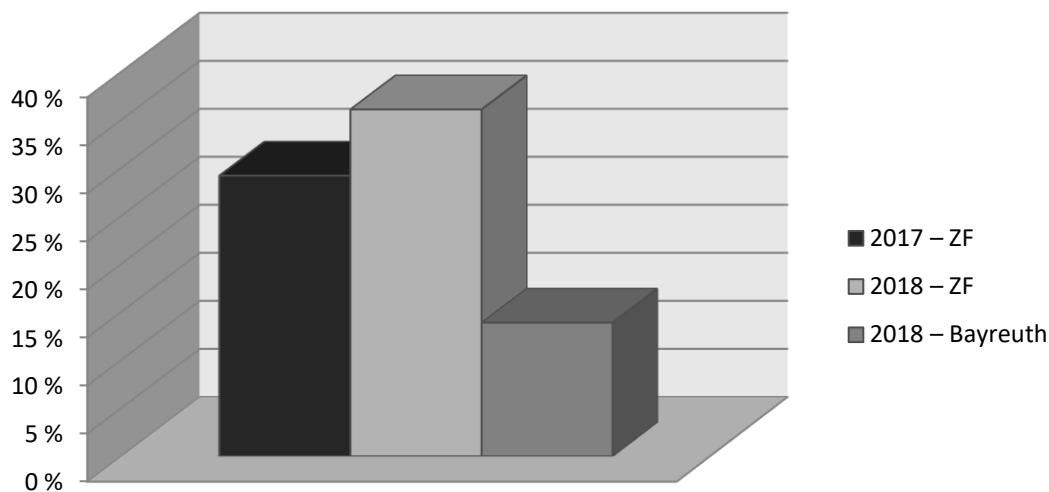
Tabulka č. 4 – Rozpis průběhu experimentální části

	Sledování č. 1		Sledování č. 2		Sledování č. 3	
Semena	2017; 2018 – ZF		2017; 2018 – ZF		2018 – Bayreuth	
Substráty	Písek	Výsevní substrát	Perlit	Minerální vata	Všechny substráty	Teplotní stratifikace

5.2 Příprava sadby mužáku prorostlého

V následující části jsou pomocí grafického znázornění seskupeny a porovnány hodnoty klíčivosti osevního materiálu u vybraných substrátů. Jednotlivé segmenty jsou zakončeny vyhodnocením průměrné klíčivosti osiva.

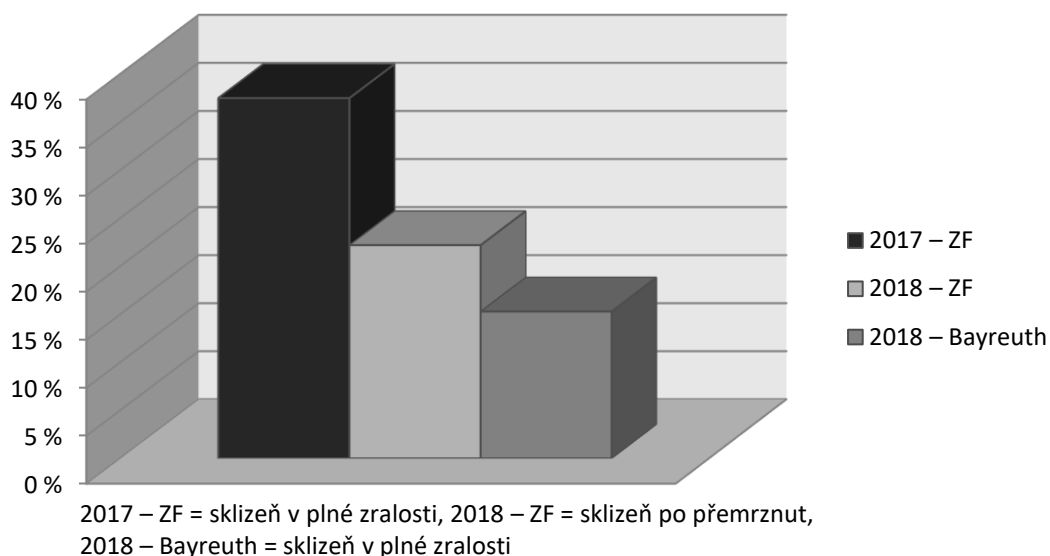
Graf č. 1 – Příprava sadby mužáku prorostlého – minerální vata



2017 – ZF = sklizeň v plné zralosti, 2018 – ZF = sklizeň po přemrznutí, 2018 – Bayreuth = sklizeň v plné zralosti

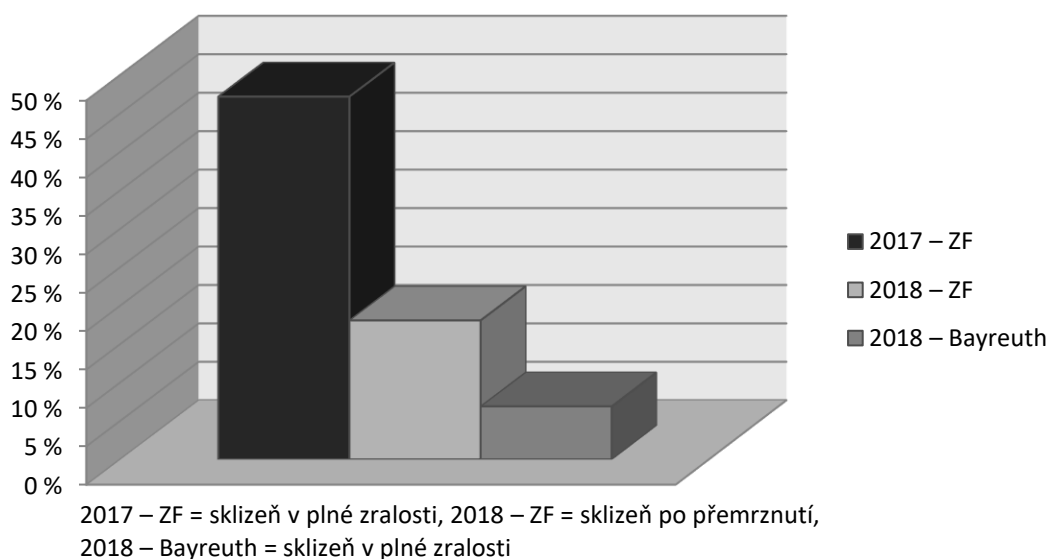
V sadbovačích plněných minerální vatou dosáhlo nejvyšší klíčivosti osivo po přemrznutí z roku 2018. Celkově se podařilo vyklíčit 26 rostlinkám, tudíž tato hodnota odpovídá 36,1% klíčivosti. O 5 vyklíčených rostlinek méně, tedy 21, bylo získáno z osevního materiálu z roku 2017 (klíčivost 29,2 %). Nejnižší klíčivost byla s výrazným rozdílem zaznamenána u osiva z University of Bayreuth, jednalo se o 10 vyklíčených rostlinek s klíčivostí 13,9 %. Tyto hodnoty posloužily k vyhodnocení průměrné klíčivosti. U vybraného osiva, jež bylo aplikováno do sadbovačů plněných minerální vatou, bylo v průměru získáno 19 vyklíčených rostlinek. Průměrná klíčivost tedy odpovídá hodnotě 26,4 %.

Graf č. 2 – Příprava sadby mužáku prorostlého – perlit



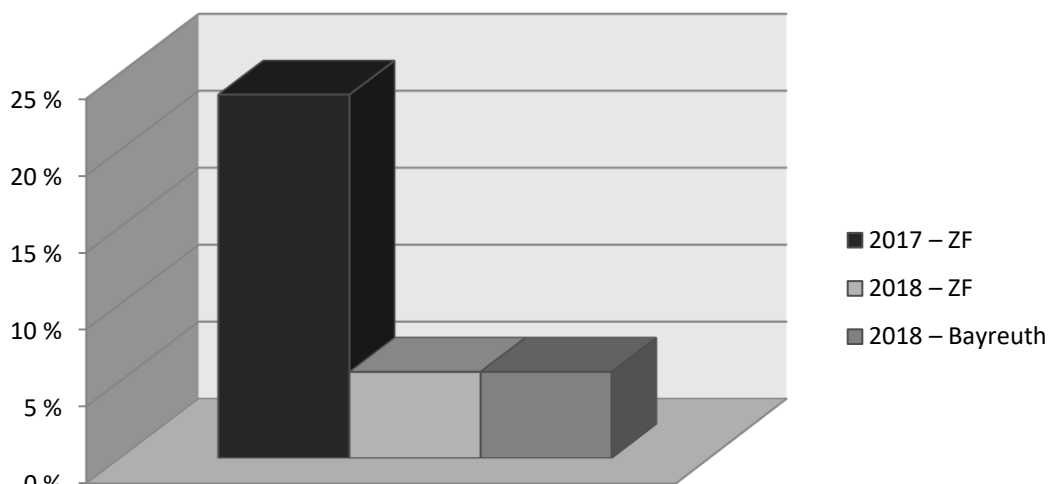
Ze sadbovačů obsahujících perlit bylo nejvíce rostlinek získáno z osiva sbíraného v roce 2017. Jednalo se o 27 vyklíčených rostlinek, přičemž tento počet odpovídá 37,5% klíčivosti. Osivo s ročníkem 2018, které bylo získáno z pokusného pozemku ZF JU, vyprodukovalo 16 rostlinek. Tato hodnota odpovídá 22,2% klíčivosti. Osevní materiál, jež byl poskytnut z německého Bayreuthu, skončil po 45 denním cyklu s 10 vyklíčenými rostlinkami (klíčivost 15,3 %). U vybraného osiva, jež bylo aplikováno do sadbovačů plněných perlitem, bylo v průměru získáno necelých 18 (17,7) vyklíčených rostlinek. Průměrná klíčivost je rovna 24,6 %.

Graf č. 3 – Příprava sadby mužáku prorostlého – výsevní substrát



Jednoznačně nejvyšší klíčivosti bylo celkově dosaženo v měření, během kterého bylo využito výsevního substrátu. Klíčivost 47,2 %, která odpovídá 34 vyklíčeným rostlinkám, byla zjištěna u nejstaršího osevního materiálu (sklizeň 2017). Výrazně nižší hodnoty byly vyhodnoceny u obou zbylých typů osiv. V případě semen s označením 2018 – ZF bylo zaznamenáno 13 vyklíčených rostlinek (18,1% klíčivost) a pouhých 5 rostlinek (klíčivost 6,9 %) bylo zjištěno u semen z University of Bayreuth. U vybraného osiva, jež bylo aplikováno do sadbovačů plněných výsevním substrátem, bylo v průměru získáno 17,3 vyklíčených rostlinek. Průměrná klíčivost tedy činí 24 %.

Graf č. 4 – Příprava sadby mužáku prorostlého – písek



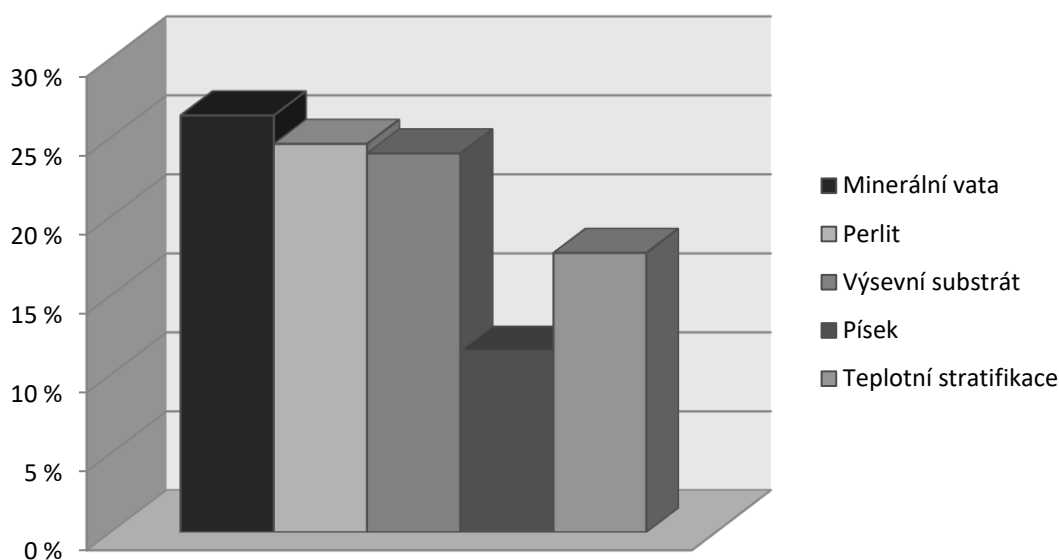
2017 – ZF = sklizeň v plné zralosti, 2018 – ZF = sklizeň po přemrznutí,
2018 – Bayreuth = sklizeň v plné zralosti

Posledním substrátem k předpěstování sadebního materiálu byl písek, u něž bylo nejvíce vyprodukovaných 17 rostlinek (klíčivost 23,6 %). Této hodnoty dosáhl vybraný osevní materiál z roku 2017. U obou dvou typů semen z roku 2018 bylo zaznamenáno stejné hodnoty, která odpovídala 4 vyklíčeným rostlinkám (klíčivost 5,6 %). U vybraného osiva, jež bylo aplikováno do sadbovačů plněných pískem, bylo v průměru získáno 8,3 vyklíčených rostlinek. Tento počet se shoduje s 11,5% průměrnou klíčivostí.

5.3 Průměrné hodnoty klíčivosti – substráty a osivo

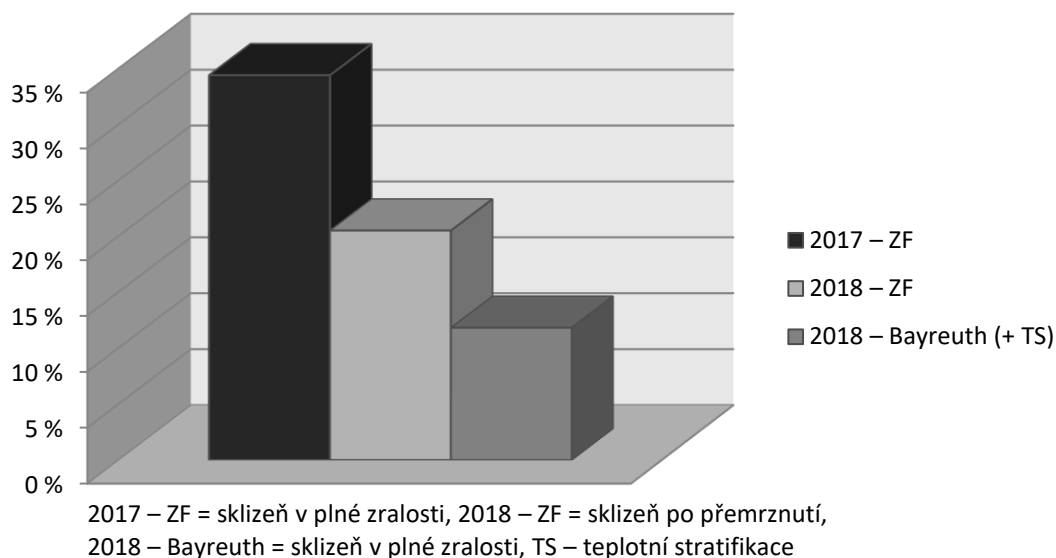
Tato část se zaměřuje na vyhodnocení a porovnání průměrných hodnot klíčivosti, k čemuž znovu posloužilo grafické znázornění. Nejprve je pozornost věnována průměrným hodnotám klíčivosti, kterých bylo dosaženo v jednotlivých substrátech, jež byly použity k předpěstování rostlin. Graf č. 6 se však soustředí na průměrné hodnoty klíčivosti, které byly zaznamenány u každého typu vybraného osevního materiálu.

Graf č. 5 – Příprava sadby mužáku prorostlého – průměrné hodnoty klíčivosti (substráty)



Pokud se tedy zaměříme na vyhodnocení a porovnání průměrných hodnot klíčivosti, nové rostlinky byly nejlépe formovány v sadbovačích obsahující minerální vatu. Konkrétně se jednalo o 26,4% klíčivost. Nepatrně nižší hodnota byla zaznamenána v sadbovačích, které obsahovaly perlit. Klíčivost zde dosahovala 24,6%. Dle grafu je zřejmé, že i osivo ve výsevním substrátu dosáhlo obdobné průměrné hodnoty klíčivosti, jako v předchozích jmenovaných substrátech. Konkrétně se bavíme o hodnotě 24%. Osevní materiál z University of Bayreuth, který podlehl teplotní stratifikaci, dosáhl 17,7% klíčivosti. Nejnižší průměrná hodnota klíčivosti byla zaznamenána s 11,5% v sadbovačích, které obsahovaly písek.

Graf č. 6 – Příprava sadby mužáku prorostlého – průměrné hodnoty klíčivosti (osevní materiál)



Nejlépe se dařilo v kultivačním boxu klíčit osivu, které bylo sklizeno v plné zralosti v letech 2017 z pokusných parcel ZF JU. Tento osevní materiál nepodlehlo žádnému předběžnému ošetření a jeho průměrná hodnota klíčivosti činila 34,4 %. Průměrná klíčivost o hodnotě 20,5 % byla zjištěna u osiva s označením 2018 – ZF, které bylo sklizeno po přemrznutí. Poslední průměrná hodnota, 11,8 %; patří osivu z University of Bayreuth, které bylo sklizeno v plné zralosti bez přemrznutí v letech 2018. Do výpočtu byla zahrnuta hodnota, která byla vypočtena v pokusu zaměřeném na teplotní stratifikaci. Toto předběžné opatření nemělo vliv na klíčivost ve srovnání s ostatními typy osiva, které nepodstoupily žádné předběžné opatření.

5.4 Klíčivost mužáku prorostlého a jeho hodnoty v literatuře

TRÖLENBERG et al. (2012) ve své studii popisuje, že osivo z roku 2009 mělo životaschopnost 91 %, přičemž klíčení bez jakéhokoliv předběžného ošetření činilo 1 %. Stejně tak osivo z roku 2011, s životaschopností 94 %, měla hodnotu klíčení bez předchozího ošetření nízkou, odpovídala 3 %. Klíčivost v rozmezí 5–20 % zaznamenal ASSEFA et al. (2015). KOWALSKI (2004) při kultivaci *Silphium integrifolium* zaznamenal 68% klíčivost. VON GEHREN et al. (2015) podotýká, že potahované osivo dosahuje klíčivosti 68,5 %. JANZING (2015) a KOCH (2016) zmiňují, že nízká klíčivost, odpovídající hodnotě 15–20 %, souvisí a je typická právě

pro divoce rostoucí rostliny. Zvýšení klíčivosti semen na 90 % je, dle společnosti Metzler & Brodmann KG možná, avšak tuto metodu považuje za „obchodní tajemství“. Pokusy předběžného ošetření semen se zabýval VETTER et al. (2010), přičemž bylo použito různých variant předúprav včetně předchlazování či předúpravy pomocí kyseliny giberelové (GA₃; 0,04%) a dusičnanem draselným (KNO₃; 0,15%). Výsledky jsou shrnuty v následující tabulce č. 3.

Tabulka č. 5 – Předběžné ošetření semen

Metoda klíčení	Pěstování	Teplota	Chemická předúprava	Klíčivost
Kontrola	Výsevní substrát	20 °C	Bez předúpravy	4 %
Mráz/14 dní	Výsevní substrát	-18 °C	Bez předúpravy	8 %
Předchlazení, 5 dní, 5 °C	Petriho miska	20 °C	Bez předúpravy	52 %
Mráz/14 dní	Petriho miska	-18 °C	Bez předúpravy	4 %
Předchlazení; 5 dní, 5 °C	Výsevní substrát	20°C	GA ₃ ; semena máčená	72 %
Předchlazení; 5 dní, 5 °C	Výsevní substrát	20 °C	GA ₃ ; navlhčená zemina	52 %
Předchlazení; 5 dní, 5 °C	Petriho miska	20 °C	GA ₃	83 %
Předchlazení; 5 dní, 5 °C	Petriho miska	20–30 °C	KNO ₃	83 %

(VETTER et al., 2010)

Ze zaznamenaných hodnot je zřejmé, že vhodné techniky předúpravy zvyšují klíčivost, konkrétně dle autorů KÖHLER & MÜLLER (2015), na 80–90 %.

5.5 Ekonomické vyhodnocení

V kapitole 3. Ekonomické aspekty pěstování, je podrobně zaměřeno na údaje ohledně nákladů spojených se založením porostu mužáku prorostlého. Shromážděné informace jsou rozebrány a porovnány ve formě grafů. V první části je však pozornost upřena na vybrané technické parametry a pořizovací náklady substrátů, které byly využívány během prováděných pokusů.

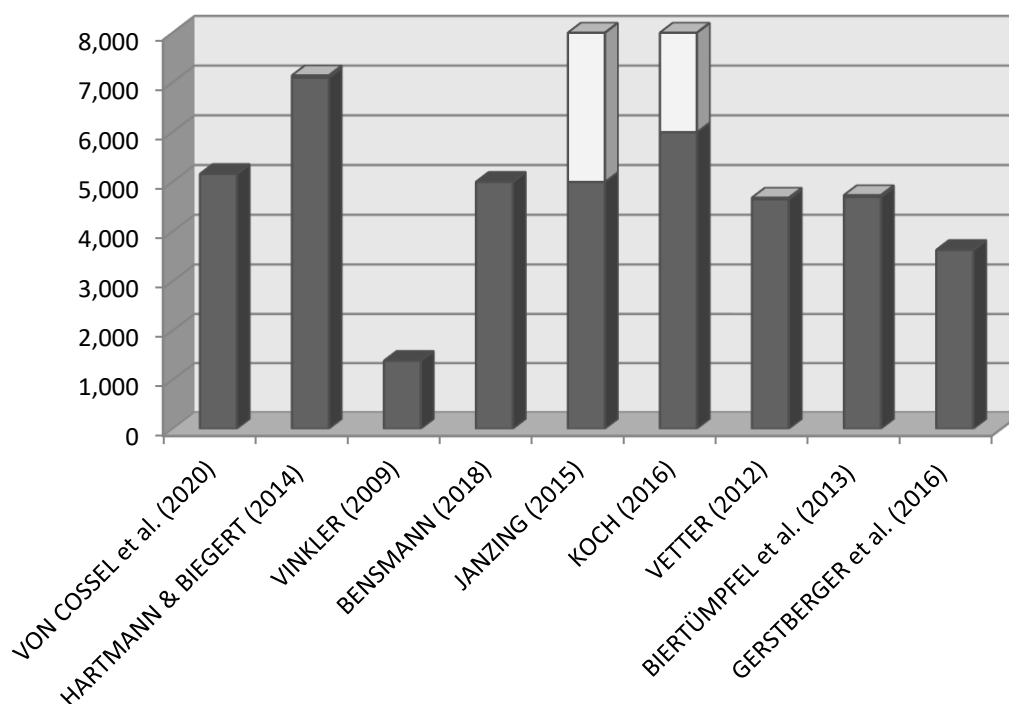
Tabulka č. 6 – Vybrané technické parametry a pořizovací náklady substrátů

Substrát	Dutina/50 ml	Sadbovač/3,6 l	Náklady/výplň sadbovače*
Minerální vata	5 g	360 g	135,8 Kč
Perlit	10 g	720 g	54,7 Kč
Výsevní substrát	130 g	9 360 g	24 Kč
Písek	80 g	5 760 g	57,6 Kč

*Náklady na sadbovač dle užitého substrátu

Z údajů zapsaných v tabulce je zřejmé, že nejlehčím využívaným materiálem, zároveň však nejdražším, byla minerální vata. Náklady na zhotovení jednoho sadbovače byly 135,8 Kč. Jeho naplnění vyžadovalo 360 g tohoto typu substrátu. Pořizovací náklady perlitu, jakožto dalšího inertního média, činily 54,7 Kč. I v tomto případě byl perlit jedním z lehčích materiálů, jelikož k naplnění sadbovače bylo zapotřebí 720 g. Naopak nejtěžším z těchto vybraných materiálů byl výsevní substrát. Aby došlo k požadovanému naplnění sadbovače, bylo vyžadováno 9 360 g. Toto množství však bylo pořízeno za nejnižší částku, která činila 24 Kč. Posledním využívaným substrátem byl písek. Pro zhotovení sadbovače bylo potřeba 5 760 g. Toto množství odpovídalo částce 57,6 Kč.

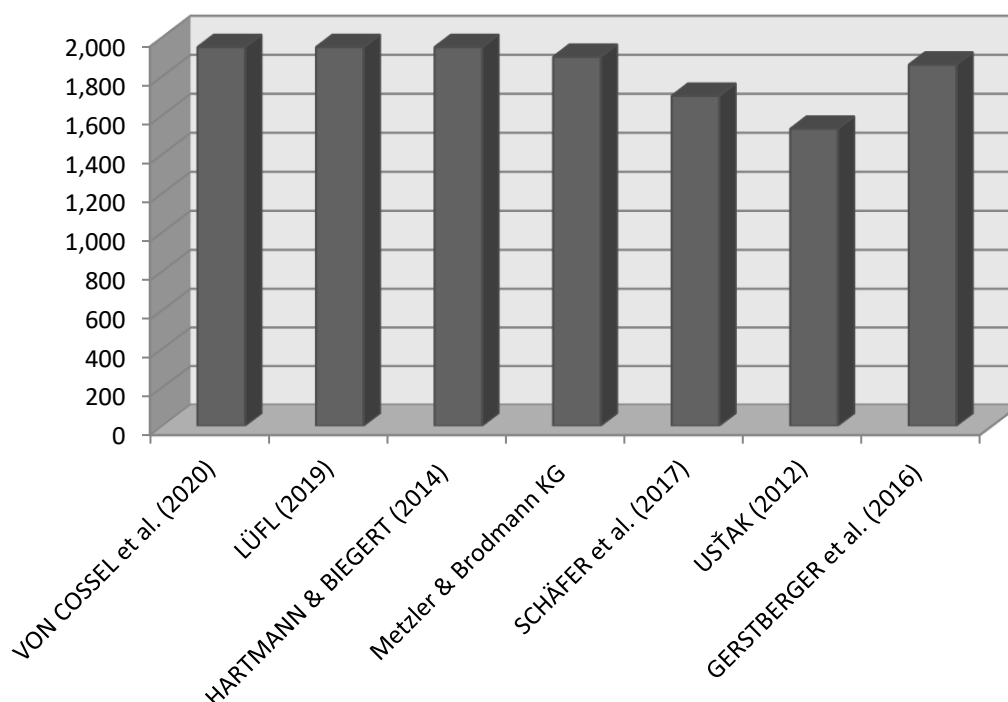
Graf č. 7 – Ekonomické vyhodnocení výsadby mužáku prorostlého (€ ha⁻¹)



Výše pěstebních nákladů pro výsadbu porostu mužáku prorostlého v prvním roce jsou zaznamenány v rozmezí hodnot 1 387–8 000 € ha⁻¹. Nejnižší hodnotu sledujeme u autora VINKLER (2009), nejvyšší hodnota se objevuje ve studiích hned dvou autorů (JANZING, 2015; KOCH, 2016). GERSTBERGER et al. (2016) zaznamenal 2. nejnižší sumu, která činila 3 630 € ha⁻¹. Lze konstatovat, že většina celkových nákladů na založení porostu mužáku prorostlého formou výsadby, se ve vyhledaných studiích pohybuje okolo částky 5 000 € ha⁻¹. VETTER et al.

(2012) během ekonomického zhodnocení dosáhl hodnoty 4 650–4 680 € ha⁻¹, BIERTÜMPFEL et al. (2013) zaznamenal hodnotu 4 695–4 731 € ha⁻¹. Dle BENSMANN (2018) hodnota odpovídá 5 000 € ha⁻¹, o 159 € ha⁻¹ více zaznamenal VON COSSEL et al. (2020). Široké rozmezí 5 000–8 000 € ha⁻¹ lze sledovat ve studii od autora JANZING (2015) a částku 6 000–8 000 € ha⁻¹ popisuje autor KOCH (2016). Poslední nejmenovaná hodnota byla zaznamenána HARTMANN & BIEGERT (2014), odpovídá sumě 7 095–7 140 € ha⁻¹.

Graf č. 7 – Ekonomické vyhodnocení výsevu mužáku prorostlého (€ ha⁻¹)



Z tohoto grafu jsou patrné menší odchylky v hodnotách oproti grafu č. 7, shrnující ekonomické vyhodnocení výsadby mužáku prorostlého. Výše pěstebních nákladů pro výsev porostu mužáku prorostlého v prvním roce jsou zaznamenány v rozmezí hodnot 1 531–1 950 € ha⁻¹. Nejnižší hodnotu sledujeme u autora UŠŤAK (2012), nejvyšší hodnota se objevuje ve třech zdrojích (VON COSSEL et al., 2020; LÜLF, 2019; HARTMANN & BIEGERT, 2014). SCHÄFER et al. (2017) zaznamenal 2. nejnižší sumu, která činila 1 700 € ha⁻¹. Hodnota 1 860 € ha⁻¹ se vyskytuje ve studii od GERSTBERGER et al. (2016). HARTMANN et al. (2014) zaznamenávají poslední nepopsanou hodnotu 1 900 € ha⁻¹, kterou si účtuje společnost Metzler & Brodmann KG.

6. Závěr

Cílem diplomové práce bylo v rámci experimentální části zhodnotit možnosti přípravy sadebního materiálu pro zakládání porostů *Silphium perfoliatum* L. Primárním faktorem pro vypracování pokusné části byl výběr osiva, k čemuž posloužily tři různé typy. Osevní materiál z pokusných parcel ZF JU byl bez předchozího ošetření. Konkrétně osivo z let 2017 bylo sklízeno v plné zralosti a o rok později sklizené osivo bylo po přemrznutí. Do pokusu byl také zařazen osevní materiál z University of Bayreuth, které bylo sklízeno (2018) v plné zralosti bez přemrznutí. Diplomová práce se zaměřovala na sledování klíčivosti osevního materiálu ve vybraných substrátech. Konkrétně se jednalo o minerální vatu, perlit, výsevní substrát a křemičitý písek, přičemž část osiva z Bayreuthu byla ošetřena za pomoci tzv. umělé teplotní stratifikace. Zhotovené sadbovače byly ukládány do kultivačního boxu (Sanyo MLR-351H). Jeho nastavení parametrů mělo za účel simulaci jarních (venkovních) podmínek. Nedílnou součástí práce bylo také ekonomické vyhodnocení, které se zaměřovalo na shromážděné údaje ohledně nákladů na založení porostu mužáku prorostlého. Také byly vyhodnoceny vybrané technické parametry a pořizovací náklady substrátů, které byly využívány během prováděných pokusů.

Nejvyšší průměrné klíčivosti dosahovalo osivo sklizené v plné zralosti s označením 2017 – ZF. Jednalo se o hodnotu 34,4 %. Hodnoty klíčivosti tohoto osevního materiálu byly zaznamenány v rozmezí 23,6–47,2 %. Ze všech experimentálních sledování byla klíčivost ve výši 47,2 % nejvyšší. Byla získána ze sadbovače plněným výsevním substrátem. Touto hodnotou byla potvrzena hypotéza č. 1, která předpokládala, že osivo, jež nepodstoupí vhodné předběžné opatření, nedosáhne optimální hranice klíčivosti (80–90 %). O rok později sklizené osivo označené 2018 – ZF, které bylo po přemrznutí, dosáhlo 20,5% průměrné klíčivosti. Hodnoty klíčivosti se u tohoto osevního materiálu pohybovaly v rozmezí 5,6–36,1 %. Nejvyšší hodnota tohoto typu osiva byla v sadbovači, který obsahoval minerální vatu. Poslední typ osiva pocházel z University of Bayreuth a dosáhl nejhorších výsledků. Aplikovanému osevnímu materiálu je připsána průměrná klíčivost o hodnotě 11,8 %. Klíčivost se u tohoto osiva pohybovala v rozmezí hodnot 5,6–15,3 % a nejlépe se mu dařilo v sadbovači s perlitem. Všechny druhy použitého

osiva zaznamenaly nejnižších hodnot v sadbovačích, jež byly plněné pískem, čímž byl potvrzen předpoklad hypotézy č. 2. Během experimentálních pokusů převyšovalo osivo s označením 2017 – ZF hodnoty klíčivosti ostatních typů. Výjimkou byly sadbovače plněné minerální vatou, v nichž nejlépe klíčilo osivo s označením 2018 – ZF. Všeobecně se všem typům osiva dařilo nejlépe klíčit v minerální vatě, perlitu a následně výsevním substrátu. Nejvyšší průměrná klíčivost byla dosažena v minerální vatě, činila 26,4 %. V perlitu, jakožto dalšího inertního média, se jednalo o hodnotu 24,6 %. Výsevnímu substrátu byla připsána hodnota 24 % průměrné klíčivosti. Znatelný propad průměrné klíčivosti byl zaznamenán u sadbovačů plněných pískem. Průměrná klíčivost odpovídala 11,5 %. Vybraný osevní materiál (2018 – Bayreuth), který podlehl tzv. teplotní stratifikaci, dosáhl 17,7 % klíčivosti. Nejlehčím využívaným materiálem, zároveň však nejdražším, byla minerální vata. Náklady na zhotovení jednoho sadbovače byly 135,8 Kč. Jeho naplnění vyžadovalo 360 g tohoto typu substrátu. Pořizovací náklady perlitu činily 54,7 Kč. I v tomto případě patřil perlit k lehkým substrátům, jelikož k naplnění sadbovače bylo zapotřebí 720 g. Naopak nejtěžším byl výsevní substrát. Aby došlo k požadovanému naplnění sadbovače, bylo vyžadováno 9 360 g. Toto množství však bylo pořizeno za nejnižší částku, která činila 24 Kč. Posledním využívaným substrátem byl písek. Pro zhotovení sadbovače bylo potřeba 5 760 g. Toto množství odpovídalo částce 57,6 Kč. Průměrné vyhodnocení nákladů na výsadbu činí 5 019 € ha⁻¹. Farmáři mohou snížit počáteční náklady, pokud přejdou z výsadby na výsev. Proto průměrné vyhodnocení nákladů na výsev odpovídá částce 1 834 € ha⁻¹.

Sledování a hodnocení klíčivosti je velice důležitým faktorem. Po odrůdové kvalitě je považována za nejdůležitější vlastnost osiva. V současné době je nejčastější metodou zakládání porostů mužáku prorostlého výsadba předpěstovaného osevního materiálu. Jedná se o náročnější a nákladnější, avšak méně rizikovější proces v porovnání s výsevem. Osivo totiž vykazuje silnou fyziologickou dormanci, která způsobuje nižší klíčivost. Jako základní problém s klíčivostí je také uváděn nízký obsah vápníku v osivu. Problém dále spočívá v nerovnoměrném dozrání osiva, což má za následek jejich různou velikost. Proto je dle mnohých studií pro úspěšné klíčení vyžadováno cíleného a optimalizovaného předběžného ošetření osiva. To může zahrnovat jeho ošetření kyselinou gibberelovou, dusičnanem draselným, využití tzv. teplotní stratifikace, střídání intenzity světla a teplot.

7. Seznam použité literatury

Seznam odborné literatury

1. Albrecht, K. A., Han, K. J., & Combs, D. K. (2017). *Silphium perfoliatum* L. silage as alternative to lucerne and maize silage in dairy cow rations. In: *Grassland resources for extensive farming systems in marginal lands: major drivers and future scenarios*, 500.
2. Assefa, T., Wu, J., Albrecht, K. A., Johnson, P. J., & Boe, A. (2015). *Genetic variation for biomass and related morphological traits in cup plant (Silphium perfoliatum L.)*. In: *American Journal of Plant Sciences*, 6(08), 1098.
3. Assefa, T., Wu, J., & Boe, A. (2015). *Genetic variation for achene traits in cup plant (Silphium perfoliatum L.)*. In: *Open Journal of Genetics*, 5(02), 71.
4. Bensmann, M. (2018). *Pflanze, die ökologisch punket*.
5. Bernas, J. (2018). *Environmetální, energetické a ekonomické aspekty pěstování vybraných energetických rostlin*.
6. Biertümpfel, A. (2011). *Anbautelegramm – Durchwachsene Silphie (Silphium perfoliatum L.)*. Thüringer Zentrum Nachwachsende Rohstoffe der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft.
7. Biertümpfel, A., Köhler, J., & Reinhold, G. (2013). *Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Durchwachsener Silphie*.
8. Boháč, J. (2013). *Biologie ochrany přírody pro agroekology*.
9. Brázdil, R., & Trnka, M., et al. (2015). *Sucho v českých zemích: minulost, současnost a budoucnost*. Vyd. 1., ISBN 978-80-87902-11-0
10. Bufe, C., & Korevaar, H. (2018). *Evaluation of additional crops for Dutch list of ecological focus area: evaluation of Miscanthus, Silphium perfoliatum, fallow sown in with melliferous plants and sunflowers in seed mixtures for catch crops (No. 793)*. Wageningen Research Foundation (WR) business unit Agrosystems Research.
11. Capouchová, I. (2014). *Problematika genetických zdrojů rostlin a výživy*. In: *Genetické zdroje rostlin a zdravá výživa*. Ministerstvo zemědělství, Praha, 2014. ISBN 978-80-7434-174-8

12. Clevinger, J. A., & Panero, J. L. (2000). *Phylogenetic analysis of Silphium and subtribe Engelmanniinae (Asteraceae: Heliantheae) based on ITS and ETS sequence data*. In: *American Journal of Botany*, 87(4), 565-572.
13. Daniel, P., & Rompf, R. (1994). *Possibilities and limits in the utilization of Silphium perfoliatum as a fodder plant, renewable raw material and a landscape conservation-plant*. Agribiological research (Germany).
14. Daňhelka, J. (2019). *Sucho jako přírodní riziko – aktualizace Komplexní studie dopadů změny klimatu*. In: *Sucho 2014-2018: sborník abstraktů*.
15. Dvořáková, L. (2012). *Pěstování zemědělských plodin pro energetické účely (na příkladu jihomoravského kraje)*.
16. Elhottová, D. (2016). *Půdní a zemědělské sucho: role půdních organismů*. In: *Geografické sucho – jiný pohled na problematiku a její aplikaci v praxi*. Vyd. 1., Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2016. ISBN 978-80-87361-55-9
17. Facciotto, G., Bury, M., Chiocchini, F., Cumplido Marín, L., Czyż, H., Graves, A., & Nahm, M. (2018). *Performance of Sida hermaphrodita and silphium perfoliatum in Europe: Preliminary results*.
18. Fanta, J. (2016). *Zemědělské sucho – krajina jako základ řešení*. In: *Půdní a zemědělské sucho – sborník příspěvků z mezinárodní konference*.
19. Franzaring, J., Schmid, I., Bäuerle, L., Gensheimer, G., & Fangmeier, A. (2014). *Investigations on plant functional traits, epidermal structures and the ecophysiology of the novel bioenergy species Sida hermaphrodita Rusby and Silphium perfoliatum L.* In: *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 87.
20. Froelich, W., & Nozinic, M. (2018). *Essential and Toxic Trace Elements in Achenae of the Cup Plant (Silphium perfoliatum L.), a Perennial, Alternative Energy and Honey Plant*.
21. Gabrielová, H. (2007). *Nepotravinářské využití zemědělské půdy*. Calla – Sdružení pro záchranu prostředí v Českých budějovicích, 2007.
22. Gansberger, M., Montgomery, L. F., & Liebhard, P. (2015). *Botanical characteristics, crop management and potential of Silphium perfoliatum L. as a renewable resource for biogas production: A review*. In: *Industrial Crops and Products*, 63, 362-372.

23. Gansberger, M., Stüger, H. P., Weinhappel, M., Moder, K., Liebhard, P., von Gehren, P., & Ratzböck, A. (2017). *Germination characteristic of Silphium perfoliatum L. seeds*. In: *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment*, 68(2), 73-79.
24. Gerstberger, P., Asen, F., & Hartmann, C. (2016). *Economy and ecology of cup plant (Silphium perfoliatum L.) compared with silage maize*. In: *Journal für Kulturpflanzen*, 68(12), 372-377.
25. Haag, N. L., Nägele, H. J., Reiss, K., Biertümpfel, A., & Oechsner, H. (2015). *Methane formation potential of cup plant (Silphium perfoliatum)*. In: *Biomass and Bioenergy*, 75, 126-133.
26. Hanel, M., et al. (2019). *Vyhodnocení změn výskytu sucha v dlouhodobé perspektivě*. In: *Sucho 2014-2018: sborník abstraktů*.
27. Hartmann, A., Stockmann, F., & Fritz, M. (2014). *Durchwachsene Silphie als Biogassubstrat*. In: *Von Biogas Forum Bayern*.
28. Hartmann, C., & Biegert, K. (2014). *Literaturrecherche zum Anbau der Becherpflanze (Silphium perfoliatum)*. Bioenergieregion Bayreuth.
29. Havlíčková, K., et al. (2007). *Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin*. Vyd. 1. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Průhonice a Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2007. ISBN 978-80-85116-00-7
30. Hejduk, S., et al. (2012). *Ekosystémové funkce travních porostů*. In: *Nové poznatky v lukařství a pastvinářství*. Vyd. 1., Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2012. ISBN 978-80-7394-345-5
31. Janzing, B. (2015). *Praktiker ebnen der Silphie den Weg*. In: *Biogas Journal*, 6, 42-45.
32. Janzing, B. (2016). *Mužák na vzestupu*. In: *Odborné včelařské překlady 2/2017*. Český svaz včelařů, z. s., Praha.
33. Jasinskas, A., et al. (2014). *The assessment of common mugwort (Artemisia vulgaris L.) and cup plant (Silphium perfoliatum L.) productivity and technological preparation for solid biofuel*. In: *Zemdirbyste-Agriculture*, 2014, 101.1.
34. Johnson, P. J., Boe, A., & Martens, A. P. (2019). *Eucosma giganteana (Riley) and Silphium perfoliatum L., Morphological variation in an insect-plant*

- association in eastern South Dakota. In: Proceedings of the South Dakota Academy of Science (Vol. 98, p. 91).*
35. Jucsor, N., & Sumalan, R. (2018). *Researches concerning the potential of biomass accumulation in cup plant (Silphium perfoliatum L.). In: Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology, 22(2), 34-39.*
 36. Kalinová, J. (2005). *Kvalita alternativních plodin. In: Kvalita bioprodukce (faktory, které ji ovlivňují). Vyd. 1. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2005. ISBN 80-7040-824-3*
 37. Kocourková, B., et al. (2014). *Pěstování speciálních plodin. Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7509-020-1*
 38. Koch, E. (2016). *Die Silphie, ein ökologischer „Allrounder“ für die Biogas-Gewinnung.*
 39. Kollárová, M., et al. (2007). *Zásady pro obhospodařování trvalých travních porostů. Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha 2007. ISBN 978-80-86884-20-2*
 40. Kowalski, R. (2004). *Growth and development of Silphium integrifolium in the first 3 years of cultivation. In: New Zealand journal of crop and horticultural science, 32(4), 389-395.*
 41. Kowalski, R. (2007). *Silphium trifoliatum L.–a new alternative cultivation herbal plant?. In: Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science, 57(2), 155-166.*
 42. Kowalski, R., & Kędzia, B. (2007). *Antibacterial activity of Silphium perfoliatum. Extracts. In: Pharmaceutical Biology, 45(6), 494-500.*
 43. Köhler, J., Müller, R. (2015). *Anbauanleitung für die Aussaat von Durchwachsene Silphie Silphium perfoliatum L. Stand: Oktober 2015. N. L. Christensen Erfurter Samenund Pflanzenzucht GmbH (Hrsg.).*
 44. Kuchtík, F., et al. (1995). *Pěstování rostlin II. Vyd. 1., ISBN 80-901789-1-X*
 45. Langmaier, V. (2018). *Možnosti využití Silphium perfoliatum L. v oblasti pícninářství.*
 46. Leto, J., Bilandžija, N., & Kutnjak, H. (2019). *Prorasla silfija (Silphium perfoliatum L.)-nova kultura u proizvodnji obnovljive energije. sa54, 583.*

47. Majtkowski, W., Piłat, J., & Szulc, P. M. (2009). *Prospects of cultivation and utilization of Silphium perfoliatum L.* In: *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, (251), 283-291, Poland.
48. Maliňáková, L. (2008). *Možnosti ovlivnění klíčivosti osiva ovocných druhů.*
49. Matthews, J., Beringen, R., Huijbregts, M. A. J., Van der Mheen, H. J., Odé, B., Trindade, L., & Leuven, R. S. E. W. (2015). *Horizon scanning and environmental risk analyses of non-native biomass crops in the Netherlands.* Radboud University Nijmegen.
50. Mauer, O., et al. (2013). *Pěstování sadebního materiálu.* Vyd. 1., Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7375-698-7
51. Ministerstvo zemědělství ČR (2019). *Metodická příručka k podmínkám poskytování přímých plateb v České republice v roce 2020.*
52. Moudrý, J., et al. (2005). *Pohanka a proso.* Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha. ISBN 80-7271-162-8
53. Moudrý, J., et al. (2011). *Alternativní plodiny.* Profi press s. r. o., Praha, 2011. ISBN 978-80-86726-40-3
54. Moudrý, J., & Strašil, Z. (1996). *Alternativní plodiny.* Vyd. 1. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 1996. ISBN 80-70401982
55. Moudrý, J., & Strašil, Z. (1999). *Pěstování alternativních plodin (Učební texty).* Vyd. 1. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 1999. ISBN 80-7040-383-7
56. Müller, A. L., et al. (2016). *Pylové žně pro včely.* In: *Odborné včelařské překlady 2/2017.* Český svaz včelařů, z. s., Praha.
57. Němec, J. (2005). *Voda v České republice.* Vyd. 1. ISBN 978-80-903482-1-9
58. Pan, G., Ouyang, Z., Luo, Q., Yu, Q., & Wang, J. (2011). *Water use patterns of forage cultivars in the North China Plain.* In: *International Journal of Plant Production.*
59. Pastorek, Z., et al. (2004). *Biomasa – obnovitelný zdroj energie.* Praha: FCC PUBLIC, 2004. ISBN 80-86534-06-5
60. Pcolinski, M. J., Doskotch, R. W., Lee, A. Y., & Clardy, J. (1994). *Chlorosilphanol A and Silphanepoxol, Labdane Diterpenes from Silphium, perfoliatum.* In: *Journal of natural products*, 57(6), 776-783.

61. Petříková, V. (1999). *Rostliny pro energetické účely*. Česká energetická agentura, Praha.
62. Pexová-Kalinová, J. (2011). *Netradiční plodiny a pseudoobilniny*. In: *Zemědělec*, 2011.
63. Pospíšil, R. (2011). *Pestovanie a využitie láskavca (Amaranthus L.) a iných plodín na energetické účely: zborník vedeckých prác*. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2011. ISBN 978-80-552-0561-8
64. Pozdíšek, J., et al. (2008). *Metodická příručka pro chovatele k výrobě konzervovaných krmiv (siláží) z víceletých pícnin a trvalých travních porostů*. Vyd. 1. Výzkumný ústav pro chov skotu Rapotín, 2008. 6 s., ISBN 978-80-87144-06-0
65. Prugar, J., et al. (2008). *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s., Praha, 2008. ISBN 978-80-86576-28-2
66. Punčochář, P., et al. (2015). *Sucho – vážná hrozba pro Českou republiku*. Ministerstvo zemědělství, Praha, 2015.
67. Rakhmetov, D. B., Vergun, O. M., Stadnichuk, N. O., Shymanska, O. V., Rakhmetova, S. O., & Fishchenko, V. V. (2019). *Biochemical study of plant raw material of Silphium L. spp.* In: *Інтродукція рослин*, (3), 80-86. MM Gryshko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine.
68. Schäfer, A., Damerow, L., & Lammers, P. S. (2017). *Bestimmung der Korngeometrie der Durchwachsenen Silphie als Voraussetzung für die Einzelkornsaat*. In: *Landtechnik*, 72(3), 122-129.
69. Schäfer, A., Meinhold, T., Damerow, L., & Lammers, P. S. (2015). *Bestandesetablierung der Durchwachsenen Silphie (Silphium perfoliatum) mittels Einzelkornsätechnik*. In: *Landtechnik*, 70(6), 254-261
70. Schorpp, Q., & Schrader, S. (2016). *Earthworm functional groups respond to the perennial energy cropping system of the cup plant (Silphium perfoliatum L.)*. In: *Biomass and Bioenergy*, 87, 61-68.
71. Schrader, S., Schorpp, Q., Lena Müller, A., & Dauber, J. (2017). *Agro-ecological potential of the cup plant (Silphium perfoliatum L.) from a biodiversity perspective*. In: *EGU General Assembly Conference Abstracts* (Vol. 19, p. 7728).

72. Stanford, G. (1990). *Silphium perfoliatum* (cup-plant) as a new forage. In: *Proceedings of the Twelfth North American Prairie Conference, Cedar Falls, IA* (pp. 33-37).
73. Šantrůček, J., et. al. (1995). *Základy pěstování víceletých pícnin na orné půdě*. Vyd. 1. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR v Praze, 1995. ISBN 80-75105-094-6
74. Šantrůček J., et. al. (2003). *Encyklopedie pěstování víceletých pícnin na orné půdě*. 2. Vyd., Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha. ISBN 80-7271-1326
75. Šálek, J., et al. (1992). *Rozvoj a využívání vodních zdrojů v zemědělské krajině*. In: *Voda v zemědělské krajině*. Vyd. 1., ISBN 80-209-0232-5
76. Šiaudinis, G., Jasinskas, A., Šlepetienė, A., & Karčauskienė, D. (2012). *The evaluation of biomass and energy productivity of common mugwort (*Artemisia vulgaris* L.) and cup plant (*Silphium perfoliatum* L.)*. In: *Albeluvisol. Žemdirbystė (Agriculture)*, 99(4), 357-362.
77. Šimon, J., & Stražil, Z. (1999). *Perspektivy pěstování plodin pro nepotravinářské účely*. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha. ISBN 80-7271-047-8
78. Šťastný, J., & Hosnedl, V. (2005). *Semenářská kvalita osiva odrůd pšenice jarní*. In: *Osivo a sadba VII. odborný a vědecký seminář*.
79. Tauferová, A., et al. (2014). *Rostlinná produkce*. Vyd. 1. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. ISBN 978-80-7305-7176
80. Tomaszewska-Sowa, M., & Figas, A. (2011). *Optimization of the processes of sterilization and micropropagation of cup plant (*Silphium perfoliatum* L.) from apical explants of seedlings in in vitro cultures*. In: *Acta Agrobotanica*, 64(4).
81. Țiței, V. (2017). *The evaluation of biomass of the *Sida hermaphrodita* and *Silphium perfoliatum* for renewable energy in Moldova*. In: *Sci. Pap. Ser. A Agron*, 60, 534-540.
82. Trölenberg, S. D., Kruse, M., & Jonitz, A. (2012). *Verbesserung der Saatgutqualität bei der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum* L.)*. In: *VDLUFA (Ed.), Nachhaltigkeitsindikatoren für die Landwirtschaft: Bestimmung und Eignung, VDLUFA-Schriftenreihe*. Presented at the 124th VDLUFA-Kongress. VDLUFA-Verlag, Darmstadt (pp. 926-933).

83. Tschumi, M., Albrecht, M., Bärtschi, C., Collatz, J., Entling, M. H., & Jacot, K. (2016). *Perennial, species-rich wildflower strips enhance pest control and crop yield*. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 220, 97-103.
84. Ust'ak, S. (2012). *Možnosti pěstování mužáku prorostlého *Silphium perfoliatum* L. pro výrobu bioplynu*. Výzkumný ústav rostlinné výroby v Praze, 2012. ISBN 978-80-7427-099-49.
85. Ust'ak, S., et al. (2016). *Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů: Pěstování mužáku prorostlého *Silphium perfoliatum* L. pro výrobu bioplynu*. In: *Úroda 12, roč. LXIV, vědecká příloha*. ISSN 0139-601
86. Van Mólken, T., Jorritsma-Wienk, L. D., van Hoek, P. H., & de Kroon, H. (2005). *Only seed size matters for germination in different populations of the dimorphic *Tragopogon pratensis* subsp. *pratensis* (Asteraceae)*. In: *American journal of botany*, 92(3), 432-437.
87. Van Tassel, D. L., Albrecht, K. A., Bever, J. D., Boe, A. A., Brandvain, Y., Crews, T. E., & Kane, N. C. (2017). *Accelerating *Silphium* domestication: an opportunity to develop new crop ideotypes and breeding strategies informed by multiple disciplines*. In: *Crop Science*, 57(3), 1274-1284.
88. Vetter, A., Conrad, M., & Biertüpfel, A. (2010). *Optimierung des Anbauverfahrens für Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum*) als Kofermentpflanze in Biogasanlagen sowie Überführung in die landwirtschaftliche Praxis*.
89. Vinkler, R. (2009). *Hodnocení ekonomické efektivity fytofarmacie při aplikaci huminových látek*.
90. Vobrová, P. (2012). *Pícninářské využití alternativních plodin*.
91. Von Cossel, M., Amarysti, C., Wilhelm, H., Priya, N., Winkler, B., & Hoerner, L. (2020). *The replacement of maize (*Zea mays* L.) by cup plant (*Silphium perfoliatum* L.) as biogas substrate and its implications for the energy and material flows of a large biogas plant*. In: *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*.
92. Von Gehren, P., Gansberger, M., Weinhappel, M., Liebhard, P., Ratzenböck, A., & Mayr, J. (2015). *Establishment of *Silphium perfoliatum* L. by sowing*. ISBN 978-3-902849-22-9

93. Von Gehren, P., Gansberger, M., Mayr, J., & Liebhard, P. (2016). *The effect of sowing date and seed pretreatments on establishment of the energy plant *Silphium perfoliatum* by sowing.* In: *Seed Science and Technology*, 44(2), 310-319.
94. Vráblíková, J., et al. (1999). *Ekologické formy hospodaření v krajině*. Vyd. 1. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, 1999. ISBN 80-7044-272-7
95. Vráblíková, J. (2000). *Úvod do agroenergetiky*. FŽP UJEP Ústí nad Labem, 2000. ISBN 80-7044-231-X
96. Vráblíková, J., et al. (2007). *Možnosti trvale udržitelného hospodaření v antropogenně postižené krajině*. FŽP UJEP Ústí nad Labem, 2007. ISBN 80-7044-xxx-x
97. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka (2018). *Katalog přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině*. Ministerstvo životního prostředí, Praha, 2018.
98. Weaver, J. E. (1954). North American Prairie.
99. Weger, J., et al. (2012). *Možnosti pěstování biomasy jako energetického zdroje v Ústeckém kraji*. Výzkumný ústav Silva Taurocy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Průhonice 2012. ISBN 978-80-85116-66-3
100. Wrobel, M., Frączek, J., Francik, S., Slipek, Z., & Mudryk, K. (2013). *Influence of degree of fragmentation on chosen quality parameters of briquette made from biomass of cup plant *Silphium perfoliatum* L.* In: *Conference Engineering for Rural Development*, Jelgava, Latvia (pp. 653-657).
101. Zimová, D. (1991). *Energetické plodiny*. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha 1991.

Internetové zdroje

1. Česká zemědělská univerzita v Praze. *Půda a pěstební substráty: Klasické a moderní komponenty substrátů, jejich vlastnosti a použití* [online]. 2017-11-07 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://home.czu.cz/>
2. Dašková, V. *Není substrát jako substrát. Jiný se hodí pro výsev, jiný pro zeleninu* [online]. 2016-04-06 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://sever.rozhlas.cz/neni-substrat-jako-substrat-jiny-se-hodi-pro-vysev-jiny-pro-zeleninu-6863704>
3. Domonkošová, L. *Co všechno je biomasa* [online]. 2000-04-03 [cit. 2020-03-03]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zelena-domacnost/rady-a-navody/co-vsechno-je-biomasa>
4. Dosedělová, A. *Víte, jaké typy zeminy a substrátů máme?* [online]. 2019-03-17 [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://ceskykutil.cz/clanek-26846-typy-zeminy-a-ruzne-substraty>
5. Estav.cz, TZ. *Asociace výrobců minerální izolace. Netradiční využití minerální vlny: Nejen k zateplování* [online]. 2015-12-05 [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/2667.netradicni-vyuziti-mineralni-vlny-nejen-k-zateplovani>
6. Fiala, J. *Mimoprodukční, ekologický význam trav* [online]. 2007-01-31 [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/62158>
7. Frouz, J. *Půda – živý systém* [online]. 2010-07-22 [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2010/cislo-7/puda-zivy-system.html>
8. Lülfi, C. *Silphie-Anbau künftig sicherer?* [online]. 2019-09-08 [cit. 2020-04-07]. Dostupné z: <https://www.wochenblatt.com>
9. Petříková, V. *Význam cíleně pěstovaných energetických plodin* [online]. 2009-10-14 [cit. 2020-03-03]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyznam-cilene-pestovanych-energetickych-plodin>
10. Petříková, V. *Polní energetické plodiny* [online]. 2018-06-04 [cit. 2020-03-07]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/biomasa/17440-polni-energeticke-plodiny>
11. Teličková, Z. *Nové biopalivo na obzoru: Vědci testují nové druhy odolných rostlin budoucnosti* [online]. 2016-11-25 [cit. 2020-03-05] Dostupné z:

<https://www.stoplusjednicka.cz/nasazeni-odolneho-dlouhana-jako-noveho-zdroje-biomasy>

12. Tichý, R. *Inertní média: Poradíme, kde a jak je použít* [online]. 2019-04-08 [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://magazin.specialnizahradnictvi.cz/inertni-pestebni-media-poradime-kde-a-jak-je-pouzit/>
13. Tulachová, J. *Tajemství perlitu* [online]. 2016-08-18 [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/tajemstvi-perlitu-24448.html>

9. Přílohy

Seznam tabulek

Tabulka č. 1 – Substráty k předpěstování sadebního materiálu.....	27
Tabulka č. 2 – Nastavení parametrů kultivačního boxu	29
Tabulka č. 3 – Nastavení světelného kroku	29
Tabulka č. 4 – Rozpis průběhu experimentální části.....	31
Tabulka č. 5 – Předběžné ošetření semen	36
Tabulka č. 6 – Vybrané technické parametry a pořizovací náklady substrátů	36

Seznam grafů

Graf č. 1 – Příprava sadby mužáku prorostlého – minerální vata.....	31
Graf č. 2 – Příprava sadby mužáku prorostlého – perlit.....	32
Graf č. 3 – Příprava sadby mužáku prorostlého – výsevní substrát	32
Graf č. 4 – Příprava sadby mužáku prorostlého – písek.....	33
Graf č. 5 – Příprava sadby mužáku prorostlého – průměrné hodnoty klíčivosti (substráty).....	34
Graf č. 6 – Příprava sadby mužáku prorostlého – průměrné hodnoty klíčivosti (osevní materiál).....	35
Graf č. 7 – Ekonomické vyhodnocení výsadby mužáku prorostlého (€ ha ⁻¹).....	37
Graf č. 8 – Ekonomické vyhodnocení výsevu mužáku prorostlého (€ ha ⁻¹).....	38